



**FÍSICA Y QUÍMICA**

**SOLUCIONARIO**

**1**



**MADRID - BARCELONA - BOGOTÁ - BUENOS AIRES  
CARACAS - GUATEMALA - LISBOA - MÉXICO  
NUEVA YORK - PANAMÁ - SAN JUAN - SÃO PAULO  
AUCKLAND - HAMBURGO - LONDRES - MILÁN - MONTREAL  
NUEVA DELHI - PARÍS - SAN FRANCISCO - SYDNEY - SINGAPUR  
ST. LOUIS - TOKIO - TORONTO**

## **Física y Química 1.º · Bachillerato · Solucionario**

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

**Derechos reservados © 2008, respecto a la primera edición en español, por:**

McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U.  
Edificio Valrealty, 1.ª planta  
Basauri, 17  
28023 Aravaca (Madrid)

**ISBN:** 978-84-481-6652-6

**Depósito legal:**

**Autores:** Ángel R. Cardona  
José Antonio García  
Rafael Martín  
Ángel Peña  
Antonio Pozas  
Antonio José Vasco

**Equipo editorial:** Bernardino Pérez  
Daniel Zarazaga  
Anna Katarina Victoria  
Lola Díaz  
Eduardo López

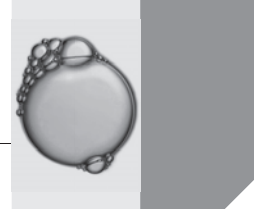
**Equipo de preimpresión:** Claudia Fernández  
Eduardo Márquez  
Luis Hernández  
María de los Ángeles Ramírez

**Maquetación:** Luis González

**Ilustraciones:** Pilar Bermejo  
Mamen Canalda

**Impresión:**

**IMPRESO EN ESPAÑA - PRINTED IN SPAIN**



# ÍNDICE

- Libro del alumno . . . . . 5
- Libro del Profesor. . . . . 101
- Introducción a la Química. . . . . 6
- Unidad 1. Estructura atómica . . . . 10
- Unidad 2. Leyes y conceptos básicos en Química . . . . . 107
- Unidad 3. Estequiometría y energía de las reacciones químicas . . . . . 32
- Unidad 4. Química del Carbono . . 40
- Unidad 5. Cinemática del punto material. Elementos y magnitudes del movimiento . . . . 54
- Unidad 6. Dinámica . . . . . 67
- Unidad 7. Trabajo mecánico y energía . . . . . 78
- Unidad 8. Termodinámica física . . . 85
- Unidad 9. Electricidad . . . . . 93
- Unidad 1. Estructura atómica . . . 102
- Unidad 2. Leyes y conceptos básicos en Química . . . . . 107
- Unidad 3. Estequiometría y energía de las reacciones químicas. . . . . 111
- Unidad 4. Química del Carbono . . 115
- Unidad 5. Cinemática del punto material. Elementos y magnitudes del movimiento . . . . . 119
- Unidad 6. Dinámica . . . . . 124
- Unidad 7. Trabajo mecánico y energía. . . . . 129
- Unidad 8. Termodinámica física. . 133
- Unidad 9. Electricidad . . . . . 136



**SOLUCIONARIO  
LIBRO ALUMNO**

## ACTIVIDADES

### 1. Clasifica los siguientes fenómenos en físicos y/o químicos:

- El calentamiento de una plancha eléctrica.
- La disolución de azúcar en agua.
- La erosión de las rocas.
- La combustión de un papel.
- La función clorofílica en las células vegetales.
- La formación del arco iris en el cielo.
- La oxidación de una puerta de hierro.
- El agujero de la capa de ozono.

- Calentamiento de una plancha eléctrica: físico.
- Disolución de azúcar en agua: físico.
- Erosión de las rocas: físico y químico.
- Combustión de un papel: químico.
- Función clorofílica: químico.
- Formación del arco iris: físico.
- Oxidación de una puerta de hierro: químico.
- Es un proceso químico, ya que el ozono estratosférico reacciona con compuestos halogenados, como los CFCs, para convertirse en oxígeno molecular. Esta «desaparición» del ozono provoca una disminución en su concentración atmosférica y por lo tanto que pierda eficacia su función de absorción de las radiaciones ultravioletas provenientes del Sol; de ahí, el apelativo de «agujero».

### 2. Resume brevemente las etapas del método científico. ¿Por qué decimos que la experimentación suele ser la etapa más complicada?

Consultar el libro de texto. Conviene que los alumnos distingan las diferentes fases: observación; formulación de hipótesis; comprobación experimental de las hipótesis propuestas; deducción de leyes físicas; elaboración de teorías científicas.

La experimentación suele ser la etapa más complicada porque a menudo requiere del diseño y la fabricación de instrumentos de medida, más o menos sofisticados, que se adecuen a lo que se quiere comprobar. Con frecuencia una mala elección en el instrumental o un mal diseño de éste puede falsear los resultados experimentales; en cierta medida, la Naturaleza responde en función de cómo se le pregunta.

### 3. Comenta si las siguientes hipótesis pueden ser verificadas experimentalmente:

- Las tormentas con granizo son más frecuentes en el mes de julio.
  - La bondad de las personas se manifiesta en su mirada.
  - La posición del termómetro influye en la medida de la temperatura de un cuerpo.
  - El clima de Estados Unidos favorece la aparición de cáncer de pulmón.
  - La masa de un cuerpo influye en su velocidad de caída.
- Sí. Sería necesario realizar un estudio estadístico.
  - No. Es imposible medir la bondad; no es una magnitud.
  - Sí. Se comprobaría que la posición no influye.

- No. El clima en Estados Unidos es muy diferente de unas zonas a otras y por tanto no se podría establecer una relación clara de causa-efecto.
- Sí. Se comprobaría que la masa no influye.

### 4. Di cuáles de las siguientes cualidades, en una persona, son magnitudes físicas (capaces de ser medidas con exactitud):

- |                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| a) Su belleza.      | f) Su agresividad.        |
| b) Su peso.         | g) Su sexo.               |
| c) Su bondad.       | h) Su volumen craneal.    |
| d) Su inteligencia. | i) Su enamoramiento.      |
| e) Su volumen.      | j) Su capacidad pulmonar. |

Se consideran magnitudes físicas aquellas que se pueden medir; según eso, serían magnitudes:

- b) peso e) volumen g) sexo h) volumen craneal j) capacidad pulmonar

Hay algunas pruebas (tests de personalidad, estudios estadísticos...) que permiten conocer algunos aspectos relacionados con la inteligencia o la agresividad; pero no son datos objetivos, ya que dependen de los parámetros que se consideran «normales» y no siempre están consensuados por la comunidad científica. Es decir, aunque se pueden establecer tablas y valores medios, no son cuantificables con exactitud.

### 5. Contesta a las siguientes preguntas: a) ¿cómo medirías el grosor de una hoja de este libro utilizando una regla milimetrada? b) Utilizando dos ladrillos y una regla, ¿podrías calcular el volumen de un balón de fútbol?

- Separando las tapas, se mediría el grosor del libro con la regla milimetrada. Hay que hacer al menos 5 medidas para hallar la media, que se considera medida exacta de su grosor. Después se divide ese valor entre el número de hojas del libro, que es la mitad del número de páginas.
- Se colocaría el balón en el suelo y los 2 ladrillos de pie uno enfrente del otro, «sujetando» el balón. La distancia entre ambos ladrillos equivale al diámetro del balón y por lo tanto la mitad de esa distancia será su radio. Aplicando la ecuación del volumen de la esfera:  $V = 4/3 (\pi/R^3)$  se puede obtener el volumen de dicho balón.

### 6. Divide las siguientes magnitudes en fundamentales y derivadas:

- |                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| a) Velocidad.               | i) Voltaje.                |
| b) Masa.                    | j) Aceleración.            |
| c) Tiempo.                  | k) Fuerza.                 |
| d) Presión.                 | l) Energía cinética.       |
| e) Volumen.                 | m) Trabajo.                |
| f) Densidad.                | n) Cantidad de movimiento. |
| g) Carga eléctrica.         | o) Peso.                   |
| h) Intensidad de corriente. | p) Potencia.               |
- 
- |  |  |
|--|--|
| a) $[v] = L T^{-1}$ ; derivada.        | g) $[Q] = I T$ ; derivada.                       |
| b) $[m] = M$ ; fundamental.            | h) $[I] = I$ ; fundamental.                      |
| c) $[t] = T$ ; fundamental.            | i) $[V] = M L^2 I^{-1} \cdot T^{-3}$ ; derivada. |
| d) $[p] = M L^{-1} T^{-2}$ ; derivada. | j) $[a] = L T^{-2}$ ; derivada.                  |
| e) $[V] = L^3$ ; derivada.             | k) $[F] = M L T^{-2}$ ; derivada.                |
| f) $[d] = M L^{-3}$ ; derivada.        | l) $[E_c] = M L^2 T^{-2}$ ; derivada.            |

- m)  $[W] = M L^2 T^{-2}$ ; derivada. o)  $[P] = M L T^{-2}$ ; derivada.  
 n)  $[p] = M L T^{-1}$ ; derivada. p)  $[P] = M L^2 T^{-3}$ ; Magnitud derivada.

### 7. Transforma en metros las siguientes longitudes:

**5,8 hm**                      **85 cm**  
**0,0012 mm**                 **$6,3 \cdot 10^4$  km**

$$5,8 \text{ hm} \cdot \frac{100 \text{ m}}{1 \text{ hm}} = 580 \text{ m} \quad ; \quad 85 \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0,85 \text{ m}$$

$$0,0012 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{10^3 \text{ mm}} = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ m} \quad ; \quad 6,3 \cdot 10^4 \text{ km} \cdot \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 6,3 \cdot 10^7 \text{ m}$$

### 8. Transforma en m<sup>2</sup> las siguientes superficies:

**82 cm<sup>2</sup>**                      **520 km<sup>2</sup>**  
**4,2 mm<sup>2</sup>**                    **0,85 hm<sup>2</sup>**

$$82 \text{ cm}^2 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \text{ cm}^2} = 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad ; \quad 520 \text{ km}^2 \cdot \frac{10^6 \text{ m}^2}{1 \text{ km}^2} = 5,2 \cdot 10^8 \text{ m}^2$$

$$4,2 \text{ mm}^2 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{10^6 \text{ mm}^2} = 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \quad ; \quad 0,85 \text{ hm}^2 \cdot \frac{10^4 \text{ m}^2}{1 \text{ hm}^2} = 8,5 \cdot 10^3 \text{ m}^2$$

### 9. Transforma en m<sup>3</sup>, los siguientes volúmenes:

**14 dm<sup>3</sup>**                      **0,75 L**  
**3,68 hm<sup>3</sup>**                    **25 mL**

$$14 \text{ dm}^3 \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ dm}^3} = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \quad ; \quad 0,75 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ L}} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$3,68 \text{ hm}^3 \cdot \frac{10^6 \text{ m}^3}{1 \text{ hm}^3} = 3,68 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \quad ; \quad 25 \text{ mL} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ mL}} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

### 10. Realiza las siguientes transformaciones de unidades:

#### a) En metros:

**4,68 hm, 6 mm, 358 Å, 0,56 cm, 64 nm y 6370 km.**

#### b) En m<sup>2</sup>:

**5,3 km<sup>2</sup> 900 cm<sup>2</sup>, 0,6 mm<sup>2</sup>, 42 hm<sup>2</sup> y 0,25 dam<sup>2</sup>.**

#### c) En m<sup>3</sup>:

**2,48 hm<sup>3</sup>, 50 L, 200 cL, 65 mL y 170 mm<sup>3</sup>.**

#### d) En kg:

**68 g, 5,4 t, 78 cg, 0,012 mg y 6,35 Gg.**

$$a) \quad 4,68 \text{ hm} \cdot \frac{100 \text{ m}}{1 \text{ hm}} = 468 \text{ m}$$

$$6 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{10^3 \text{ mm}} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$358 \text{ Å} \cdot \frac{1 \text{ m}}{10^{10} \text{ Å}} = 3,58 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

$$0,56 \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$64 \text{ nm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{10^9 \text{ nm}} = 6,4 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

$$6370 \text{ km} \cdot \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$b) \quad 5,3 \text{ km}^2 \cdot \frac{10^6 \text{ m}^2}{1 \text{ km}^2} = 5,3 \cdot 10^6 \text{ m}^2$$

$$900 \text{ cm}^2 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \text{ cm}^2} = 0,09 \text{ m}^2$$

$$0,6 \text{ mm}^2 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{10^6 \text{ mm}^2} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$42 \text{ km}^2 \cdot \frac{10^6 \text{ m}^2}{1 \text{ km}^2} = 4,2 \cdot 10^7 \text{ m}^2$$

$$0,25 \text{ dam}^2 \cdot \frac{10^2 \text{ m}^2}{1 \text{ dam}^2} = 25 \text{ m}^2$$

$$c) \quad 2,48 \text{ hm}^3 \cdot \frac{10^6 \text{ m}^3}{1 \text{ hm}^3} = 2,48 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$50 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ L}} = 0,050 \text{ m}^3$$

$$200 \text{ cL} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^5 \text{ cL}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$65 \text{ mL} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ mL}} = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$170 \text{ mm}^3 \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^9 \text{ mm}^3} = 1,7 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$d) \quad 68 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} = 0,068 \text{ kg}$$

$$5,4 \text{ t} \cdot \frac{10^3 \text{ kg}}{1 \text{ t}} = 5,4 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

$$78 \text{ cg} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^5 \text{ cg}} = 7,8 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$$

$$0,012 \text{ mg} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} = 1,2 \cdot 10^{-8} \text{ kg}$$

$$6,35 \text{ Gg} \cdot \frac{10^6 \text{ kg}}{1 \text{ Gg}} = 6,35 \cdot 10^6 \text{ kg}$$

### 11. Convierte los siguientes valores a unidades del Sistema Internacional:

**5 ps, 12,5 cm<sup>2</sup>, 725 nm, 34,5 L, 27 °C, 4 hm<sup>3</sup>, 1,67 km, 8 Å, 25 dg y 6 min.**

$$5 \text{ ps} = 5 \cdot 10^{-12} \text{ s} \quad 12,5 \text{ cm}^2 = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$725 \text{ nm} = 7,25 \cdot 10^{-7} \text{ m} \quad 34,5 \text{ L} = 3,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$27 \text{ °C} = 300 \text{ K} \quad 4 \text{ hm}^3 = 4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$1,67 \text{ km} = 1,67 \cdot 10^3 \text{ m} \quad 8 \text{ μA} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ A}$$

$$25 \text{ dg} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \quad 6 \text{ min} = 360 \text{ s}$$

### 12. Expresa en notación científica los siguientes números:

- a) 9 200 000 000                      f) 430 160 000  
 b) 0,005                                g) 0,000 000 000 602  
 c) 100 000 000                      h) 109 387 000  
 d) 0,000 000 056                    i) 250 000 000 000  
 e) 0,000 499 999                    j) 0,000 000 01

En notación científica tendríamos:

- a) 9 200 000 000 =  $9,2 \cdot 10^9$   
 b) 0,005 =  $5 \cdot 10^{-3}$

- c)  $100\,000\,000 = 1 \cdot 10^8$   
 d)  $0,000\,000\,056 = 5,6 \cdot 10^{-8}$   
 e)  $0,000\,499\,999 = 4,99999 \cdot 10^{-4}$   
 f)  $430\,160\,000 = 4,3016 \cdot 10^8$   
 g)  $0,000\,000\,000\,602 = 6,02 \cdot 10^{-10}$   
 h)  $109\,387\,000 = 1,09387 \cdot 10^8$   
 i)  $250\,000\,000\,000 = 2,5 \cdot 10^{11}$   
 j)  $0,000\,000\,01 = 1 \cdot 10^{-8}$

**13. Expresa la equivalencia numérica de los siguientes valores:**

- a)  $4 \cdot 10^{-6}$                       f)  $6,02 \cdot 10^{23}$   
 b)  $3 \cdot 10^8$                         g)  $6,67 \cdot 10^{-11}$   
 c)  $10^{-10}$                         h)  $9 \cdot 10^9$   
 d)  $2,46 \cdot 10^{-4}$                 i)  $4,5 \cdot 10^{-9}$   
 e)  $1,1 \cdot 10^7$                       j)  $1 \cdot 10^5$
- a)  $4 \cdot 10^{-6} = 0,000\,004$   
 b)  $3 \cdot 10^8 = 300\,000\,000$   
 c)  $10^{-10} = 0,000\,000\,000\,1$   
 d)  $2,46 \cdot 10^{-4} = 0,000\,246$   
 e)  $1,1 \cdot 10^7 = 11\,000\,000$   
 f)  $6,02 \cdot 10^{23} = 602\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$   
 g)  $6,67 \cdot 10^{-11} = 0,000\,000\,000\,066\,7$   
 h)  $9 \cdot 10^9 = 9\,000\,000\,000$   
 i)  $4,5 \cdot 10^{-9} = 0,000\,000\,004\,5$   
 j)  $1 \cdot 10^5 = 100\,000$

**14. Realiza las siguientes operaciones:**

- a)  $6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24}}{(6,37 \cdot 10^6)^2}$   
 b)  $9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot (-3 \cdot 10^{-6})}{(0,03)^2}$   
 c)  $52 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1,18}{37} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$   
 d)  $1,1 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{4^2}\right)$   
 e)  $6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{1,5 \cdot 10^{14}}$   
 f)  $\sqrt{\frac{4 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,10^{24}}{3 \cdot 6,37 \cdot 10^6}}$   
 g)  $\sqrt[3]{\frac{(3 \cdot 10^7)^2 \cdot 6,75 \cdot 10^{-4}}{6,2 \cdot 10^5 + 6,8 \cdot 10^6}}$
- a)  $6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24}}{(6,37 \cdot 10^6)^2} = 9,8$   
 b)  $9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot (-3 \cdot 10^{-6})}{(0,03)^2} = -12 \cdot 10 = -120$   
 c)  $52 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1,18}{37} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,0 \cdot 10^{20}$   
 d)  $1,1 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{4^2}\right) = 1,0 \cdot 10^7$

$$e) 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{1,5 \cdot 10^{14}} = 1,3 \cdot 10^{-39}$$

$$f) \sqrt{\frac{4 \cdot 6,67 \cdot 6 \cdot 10^{11} \cdot 10^{24} \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 6,37}} = \sqrt{8,38 \cdot 10^7} = 9,15 \cdot 10^3$$

$$g) \sqrt[3]{\frac{9 \cdot 6,75}{13} \cdot 10^{14} \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-6}} = \sqrt[3]{4,67 \cdot 10^4} = 36$$

**15. Escribe las cifras significativas que tienen las siguientes medidas:**

- a) 125 V    b) 2,048 m    c) 24,10 °C    d) 0,0034 N  
 e) 35,00 cm    f) 3 000 L

En función de lo indicado en el libro de texto tendríamos:

- a) 125 V    3 cifras significativas  
 b) 2,048 m    4 cifras significativas  
 c) 24,10 °C    4 cifras significativas  
 d) 0,0034 N    2 cifras significativas  
 e) 35,00 cm    4 cifras significativas  
 f) 3 000 L    4 cifras significativas;

**16. Expresa con 3 cifras significativas los siguientes valores:**

- a) 345,69    b) 23 600 000    c) 0,013682    d) 4,38106

Habitualmente tres cifras significativas es una forma correcta de expresar un valor numérico. En este caso:

- a)  $345,69 \rightarrow 346$   
 b)  $23\,600\,000 \rightarrow 2,36 \cdot 10^7$   
 c)  $0,013682 \rightarrow 1,37 \cdot 10^{-2}$   
 d)  $4,38106 \rightarrow 4,38$

**17. Realiza las siguientes operaciones y expresa el resultado con 3 cifras significativas:**

- a)  $150 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1,8 \cdot 10^3}{68,5} \cdot \frac{91}{100}$   
 b)  $9,8 \cdot 6\,370 \cdot 10^3 \cdot \frac{(6\,370 + 600)}{2 \cdot (6\,370 + 300)}$   
 c)  $\sqrt{\frac{9,8 \cdot 6\,370^2 \cdot 10^3}{(6\,370 + 300)}}$   
 d)  $\sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot 86\,400^2}{4\pi^2}}$
- a)  $150 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1,8 \cdot 10^3}{68,5} \cdot \frac{91}{100} = 3,59 \cdot 10^{-3}$   
 b)  $9,8 \cdot 6\,370 \cdot 10^3 \cdot \frac{(6\,370 + 600)}{2 \cdot (6\,370 + 300)} = 3,26 \cdot 10^7$   
 c)  $\sqrt{\frac{9,8 \cdot 6\,370^2 \cdot 10^3}{(6\,370 + 300)}} = 7,72 \cdot 10^3$   
 d)  $\sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot 86\,400^2}{4\pi^2}} = 2,75 \cdot 10^{11}$



18. Utilizando factores de conversión, realiza las siguientes transformaciones:

- a) 45 cm/min a km/semana.  
 b) 0,11 cal/g °C a J/kg K. (1 cal = 4,18 J).  
 c) 1,8 kp/cm<sup>2</sup> a N/m<sup>2</sup>. (1 kp = 9,8 N).  
 d) 0,96 L/kg a hL/ton.  
 e) 3,8 kW h a julios.  
 f) R = 0,082 atm L/mol K a julios/mol K.

$$a) 45 \frac{\text{cm}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{7 \text{ días}}{1 \text{ semana}} = 4,5 \frac{\text{km}}{\text{semana}}$$

$$b) 0,11 \frac{\text{cal}}{\text{g } ^\circ\text{C}} \cdot \frac{4,18 \text{ J}}{1 \text{ cal}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ } ^\circ\text{C}}{1 \text{ K}} = 460 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$c) 1,8 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ kg peso}} \cdot \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}\right)^2 = 1,8 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$d) 0,96 \frac{\text{L}}{\text{kg}} \cdot \frac{1 \text{ hL}}{100 \text{ L}} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} = 9,6 \frac{\text{hL}}{\text{t}}$$

$$e) 3,8 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ kW}} \cdot \frac{1 \frac{\text{J}}{\text{s}}}{1 \text{ W}} = 1,368 \cdot 10^7 \text{ J}$$

$$f) 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot \frac{101300 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{1 \text{ atm}} \cdot \frac{1 \text{ dm}^3}{1 \text{ L}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ dm}^3} \cdot \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ N m}} = 8,3 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$$

19. Utilizando factores de conversión, realiza los siguientes cálculos:

- a) Cuando el tren AVE se mueve a una velocidad de 200 km/h, ¿qué tiempo tarda en recorrer 100 m?  
 b) Un caracol recorre 15 cm en 1 minuto. Si mantuviera constante esa velocidad, ¿cuántos kilómetros recorrería en un mes? (1 mes = 30 días).

c) La densidad del gas butano en condiciones normales es de 2,59 g/L. Expresa dicha densidad en kg/m<sup>3</sup>.

d) La estrella Polar se encuentra a 42,4 años-luz de la Tierra. Expresa esa distancia en km utilizando la notación científica (la luz recorre 300 000 km en un segundo).

e) Halla el gasto diario en gasóleo de un camión que realiza 82 500 km al año, si su precio es de 1,015 €/L y su consumo medio es de 18,5 litros por cada 100 km (1 año = 365 días).

$$a) 100 \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{200 \text{ km}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 1,80 \text{ s}$$

$$b) 1 \text{ mes} \cdot \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{15 \text{ cm}}{1 \text{ min}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} = 6,5 \text{ km}$$

$$c) \frac{2,59 \text{ g}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ L}}{1 \text{ dm}^3} \cdot \frac{1000 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3} = 2,59 \text{ kg/m}^3$$

$$d) 42,4 \text{ años-luz} \cdot \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{300000 \text{ km}}{1 \text{ s-luz}} = 4,01 \cdot 10^{14} \text{ km}$$

$$e) \frac{82500 \text{ km}}{1 \text{ año}} \cdot \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} \cdot \frac{18,5 \text{ L}}{100 \text{ km}} \cdot \frac{1,015 \text{ €}}{1 \text{ L}} = 42,4 \text{ €/día}$$

20. ¿Por qué se han hecho imprescindibles los modernos instrumentos de medida? ¿Qué diferencia hay entre la fidelidad y la exactitud de un instrumento de medida? ¿Y entre la precisión y la sensibilidad?

La contestación está incluida en la Unidad.

Básicamente, ha de incluir que los instrumentos son los que nos permiten medir y por lo tanto son imprescindibles en un mundo donde el método científico ocupa un papel destacado, y también que deben encontrarse en constante evolución y mejora para poder dar solución a los retos que plantea la medición de magnitudes cada vez más pequeñas y más complejas.

## Cuestiones básicas

- Explica si son ciertas o no las siguientes afirmaciones:
  - Un elemento químico puede estar formado por átomos de diferente número atómico y másico.
  - Un átomo se transforma en su ion negativo cuando gana electrones y en su ion positivo cuando gana protones en su núcleo.
  - Falso, con diferente número atómico se trataría de otro elemento.
  - Falso lo segundo, sólo cuando pierde electrones es ion positivo.
- Un átomo neutro con 10 protones pierde 2 electrones, ¿en qué se transforma? ¿Sigue siendo el mismo elemento? ¿Mantiene el mismo número másico?  
En su ion positivo +2, sigue siendo el mismo elemento y mantiene su número másico.
- Dados los siguientes átomos: A ( $Z = 11$ ;  $A = 23$ ), B ( $Z = 20$ ;  $A = 40$ ) y C ( $Z = 9$ ;  $A = 19$ ), indica:
  - Los protones, neutrones y electrones que poseen.
  - Cuáles son metales y cuáles no metales.
  - Período en que se encuentran cada uno.
  - Qué tipo de enlace se da en la unión de A con B.
  - A: 11 p, 12 n, 11 e; B: 20 p, 20 n, 20 e; C: 9 p, 10 n, 9 e.
  - Metales: A y B; no metales: C.
  - A: Tercer periodo; B: Cuarto periodo; C: Segundo periodo.
  - Iónico.
- El litio tiene dos isótopos en la Tierra, de números másicos 6 y 7. Sabiendo que la abundancia del primero es de 7,42 %, calcula la masa atómica de este elemento.  
6,93 u.
- La masa molecular del sulfato de aluminio es de 342 u, mientras que la de un mol es 342 g. ¿Cuál de ambas cantidades es mayor?  
La masa del mol.
- Indica cuantos electrones externos tienen los siguientes átomos: Ca, B, N, K y I.  
Ca: 2 e; B: 3 e; N: 5 e; K: 1 e; I: 7 e.
- ¿Qué elemento es más metálico, el bario o el calcio? ¿Cuál es más no metálico, el oxígeno o el yodo?  
Más metálico, el bario; más no metálico, el oxígeno.
- Coloca estos elementos en orden creciente de carácter no metálico: F, Sb, S, Se y Cl.  
Sb < Se < S < Cl < F.
- Clasifica los siguientes compuestos según los tipos de enlace que presentan:  $MgCl_2$ ,  $PCl_5$ , Au,  $FeI_3$ ,  $SO_2$  y  $NH_3$ .  
 $MgCl_2$ : iónico;  $PCl_5$ : iónico; Au: metálico;  $FeI_3$ : iónico;  $SO_2$ : covalente;  $NH_3$ : covalente.

- Indica el estado físico en que se pueden presentar las sustancias formadas por moléculas y las formadas por cristales.

Las formadas por moléculas pueden hallarse en forma sólida, líquida o gaseosa; las formadas por cristales sólo en forma sólida.

- A partir de sus propiedades, clasifica las siguientes sustancias como moléculas o redes cristalinas: hielo, hierro, agua, aceite, oxígeno y vidrio.

Hielo y hierro son redes cristalinas; el agua y el aceite son moléculas; el vidrio es un material amorfo.

## Actividades

- Indica el número de protones, neutrones y electrones de los siguientes átomos: Ca ( $Z = 20$ ,  $A = 40$ ) y Br ( $Z = 35$ ,  $A = 80$ ).

Ca ( $Z = 20$ ;  $A = 40$ ) significa: protones = 20, electrones 20 y neutrones =  $40 - 20 = 20$

Br ( $Z = 35$ ;  $A = 80$ ) significa: protones = 35, electrones 35 y neutrones =  $80 - 35 = 45$

- Sabiendo que el ion trivalente positivo de un átomo contiene 24 protones y 28 neutrones, indica sus números másico y atómico, así como los electrones que presenta.

Número atómico = número de protones = 24

Número de protones - número de electrones = carga iónica;  
 $24 - x = +3$ ;  $x = 21$

Número másico = número de protones + neutrones =  $24 + 28 = 52$

- Un ion del elemento aluminio ( $Z = 13$ ,  $A = 27$ ) contiene 10 electrones. Indica la carga del ion y cuántos neutrones contiene.

Número de protones - número de electrones = carga iónica;  
 $13 - 10 = +3$

Número másico - número de protones = neutrones;  $27 - 13 = 14$

- Un ion divalente negativo de un átomo contiene 16 protones y 16 neutrones. Indica sus números atómico y másico, así como los electrones que contiene.

Número atómico = número de protones = 16

Número de protones - número de electrones = carga iónica;  
 $16 - x = -2$ ;  $x = 18$

Número másico = número de protones + neutrones =  $16 + 16 = 32$

- Calcula la longitud de onda de los siguientes tipos de radiación electromagnética: microondas de  $2 \cdot 10^{11}$  Hz, luz verde de  $5,5 \cdot 10^{14}$  Hz, luz violeta de  $6,8 \cdot 10^{14}$  Hz y rayos X de  $3,0 \cdot 10^{18}$  Hz.

Para calcular la longitud de onda recurrimos a la ecuación:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\lambda_{\text{microondas}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} / 2,0 \cdot 10^{11} \text{ s}^{-1} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{verde}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} / 5,5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1} = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{violeta}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} / 6,8 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1} = 4,4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{rayos X}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} / 3,0 \cdot 10^{18} \text{ s}^{-1} = 1,0 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

6. **Calcula la frecuencia y la longitud de onda, expresada en metros, nanómetros y angstroms, de una radiación cuyo número de ondas es de  $2,8 \cdot 10^8 \text{ m}^{-1}$ . ¿A qué zona del espectro corresponde esta radiación?**

Sabemos que la línea tiene número de ondas  $k = 2,8 \cdot 10^8 \text{ m}^{-1}$  y como  $k = 1/\lambda$ ;  $\lambda = 1/2,8 \cdot 10^8 \text{ m}^{-1} = 3,6 \cdot 10^{-9} \text{ m}$  (zona de ultravioleta), que se corresponderá con una frecuencia:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} / 3,6 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 8,3 \cdot 10^{16} \text{ s}^{-1}$$

Expresar la longitud de onda en nanómetros:

$$3,6 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ nm}}{10^{-9} \text{ m}} = 3,6 \text{ nm}$$

Expresar la longitud de onda en angstroms:

$$3,6 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ \AA}}{10^{-10} \text{ m}} = 36 \text{ \AA}$$

7. **Observa mediante el espectroscopio la luz emitida al calentar sobre la llama de un mechero sales que contengan sodio, cobre, calcio, potasio, plomo y bario. ¿Qué color has visto que presenta cada llama?**

Mezcla en un vidrio de reloj un poco la sustancia que pretendes analizar con ácido clorhídrico. Moja la punta de la espátula en ella, e introdúcela en la zona no luminosa del mechero Bunsen. Observarás que las llamas son de diferentes colores: sodio-amarillo, cobre-verdoso, calcio-rojiza, etc.

8. **Utilizando la ecuación de Rydberg, calcula la frecuencia de la radiación emitida por el electrón del átomo de hidrógeno cuando pasa del nivel  $n = 4$  al  $n = 1$ .**

Aplicando la ecuación empírica propuesta por Rydberg:  $k = R (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$ , en donde  $k$  representa el llamado número de ondas de la radiación,  $n_1$  y  $n_2$  son los números cuánticos de los niveles considerados y  $R$  es una constante que vale  $1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ .

$$k = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} \cdot (1/1^2 - 1/4^2) = 1,028 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$

como  $k = 1/\lambda$  y la frecuencia se obtiene por  $\nu = c/\lambda$ ,

$$\nu = c k = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} \cdot 1,03 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} = 3,1 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$$

9. **En el espectro del átomo de hidrógeno se observa una línea cuya longitud de onda es de  $4,4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ . Calcula la variación energética para la transición asociada a esta línea.**

Debemos emplear la ecuación de Planck:

$$\Delta E = h \nu = h c / \lambda =$$

$$= 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} / 4,4 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 4,5 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

10. **Un electrón excitado de un átomo de hidrógeno vuelve a su estado fundamental emitiendo radiación electromagnética cuya longitud de onda es de  $3000 \text{ \AA}$ . Calcula la diferencia energética existente entre los dos niveles electrónicos.**

La transición origina una radiación de  $\lambda = 3000 \text{ \AA}$ , que equivale a:

$$3000 \text{ \AA} \cdot \frac{10^{-10} \text{ m}}{1 \text{ \AA}} = 3,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Su frecuencia se obtiene por:

$$\nu = c/\lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} / 3,0 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 1,0 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$$

La energía correspondiente a esos fotones se calcula aplicando la ecuación de Planck:

$$E = h \nu = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 1,0 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1} = 6,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Dicha energía será, por tanto, la correspondiente a la de los niveles atómicos que la producen.

11. **Escribe las configuraciones electrónicas en su estado fundamental de los átomos del azufre ( $Z = 16$ ) y bario ( $Z = 56$ ).**

$$\text{S: } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4.$$

$$\text{Ba: } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6 6s^2.$$

12. **Si un átomo en su estado fundamental tiene ocupado totalmente el nivel  $n = 3$ , ¿cuántos electrones contiene?**

En ese nivel tendrá  $2n^2$  electrones, es decir,  $2 \cdot 3^2 = 18$  electrones. Es importante diferenciar el número de electrones que contiene un nivel del número de electrones que debe tener un elemento para tener un nivel completo. El nivel  $n = 3$  contiene 18 electrones. Para que un elemento tenga el nivel 3 completo tendría que tener la configuración  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$ , que supone un total de 30 electrones.

13. **Si en la actualidad se conoce hasta el elemento 118, ¿cuál crees que será el último nivel ocupado por ese elemento?**

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14} 5s^2 5p^6 5d^{10} 5f^{14} 6s^2 6p^6 6d^{10} 7s^2 7p^6.$$

Por tanto, observas que sería el subnivel  $7p$ .

14. **¿Cuántos electrones contiene un átomo cuyas tres primeras capas estén totalmente ocupadas?**

El primer elemento que tiene completamente llenas las primeras tres capas electrónicas es el Zn, elemento número 30, cuya configuración electrónica es:

$$\text{Zn: } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2. \text{ Por tanto, tiene 30 electrones.}$$

15. **Nombra los siguientes elementos y el bloque en que se colocan: Li, Co, N, P, U, Sn, I, Hg, Ra, Sr y Ag. ¿Algunos se hallan en el mismo periodo o en el mismo grupo?**

Li (litio), alcalinos.

Co (cobalto), elementos de transición.

N (nitrógeno), nitrogenoideos.

P (fósforo), nitrogenoideos.

U (uranio), actínidos.

Sn (estaño), carbonoideos.

I (yodo), halógenos.

Hg (mercurio), elementos de transición.

Ra (radio), alcalinotérreos.

Sr (estroncio), alcalinotérreos.

Ag (plata), elementos de transición.

En el mismo grupo, Sr y Ra; también N y P; en el mismo periodo Li y N; Por otro lado V y Ra; también I, Ag, Sr y Sn.

**16. Indica los electrones del último nivel de los elementos de números atómicos 12, 15, 19, 35 y 54. ¿A qué periodo y a qué grupo pertenece cada uno?**

Es preciso hacer la configuración electrónica de cada uno:

$Z = 12$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ , 2 electrones en el nivel 3, periodo 3, grupo 2.

$Z = 15$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ , 5 electrones en el nivel 3, periodo 3, grupo 15.

$Z = 19$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ , 1 electrón en el nivel 4, periodo 4, grupo 1.

$Z = 35$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$ , 7 electrones en el nivel 4, periodo 4, grupo 17.

$Z = 54$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6$ , 8 electrones en el nivel 5, periodo 5, grupo 18.

**17. Dados los siguientes elementos: Ar ( $Z = 18$ ), As ( $Z = 33$ ) e I ( $Z = 53$ ), indica el grupo y periodo a que pertenecen.**

Ar ( $Z = 18$ )  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ , tercer periodo, grupo 18.

As ( $Z = 33$ )  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$ , cuarto periodo, grupo 15.

I ( $Z = 53$ )  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^5$ , quinto periodo, grupo 17.

**18. ¿Por qué, si el magnesio y el cinc tienen dos electrones en el último nivel energético, no están situados dentro del mismo grupo?**

Porque la configuración del magnesio es  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ , mientras que la del cinc es  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$ , y tal como observas, el segundo tiene completo el subnivel  $3d$  con 10 electrones, lo que le confiere distintas propiedades que al magnesio, que carece de él. Dentro de un mismo grupo, las propiedades son similares.

**19. Indica toda la información que puedas aportar de un elemento del que sabes que ocupa el octavo lugar en el Sistema Periódico.**

Haciendo su configuración electrónica  $1s^2 2s^2 2p^4$  deduces que tiene su última capa con 6 electrones, por lo que fácilmente podrá ganar dos electrones para completar su capa (aunque todavía no se les ha enseñado a hallar números de oxidación, se puede «dejar caer» que los elementos tienen tendencia a completar la configuración electrónica de la última  $c$ , ya sea por ganancia o pérdida de electrones). Será por tanto un no metal con gran reactividad de toma de electrones. Se les puede comentar que se trata del oxígeno.

**20. Indica si es de esperar que los siguientes átomos ganen o pierdan electrones para completar su octeto: oxígeno, bromo, nitrógeno, potasio, magnesio, silicio y flúor.**

Oxígeno: tiene 6  $e^-$  en su capa de valencia por lo que es de esperar que gane 2 [Está a dos posiciones del gas noble más cercano por delante (-2) y a 6 del anterior (+6, muy poco probable)].

Bromo: tiene 7  $e^-$  en su capa de valencia, por lo que es de esperar que gane 1 [Está a una posición del gas noble más

cercano por delante (-1) y a 7 del anterior (+7, muy poco probable)].

Nitrógeno: tiene 5  $e^-$  en su capa de valencia, por lo que es de esperar que gane 3 [Está a tres posiciones del gas noble más cercano por delante (-3) y a 5 del anterior (+5, poco probable)].

Potasio: tiene 1  $e^-$  en su capa de valencia, por lo que es de esperar que lo pierda [Está a siete posiciones —sin contar los elementos de transición— avanzando del gas noble más cercano por delante (-7, imposible) y a 1 del anterior (+1)].

Magnesio: tiene 2  $e^-$  en su capa de valencia, por lo que es de esperar que los pierda [Está a seis posiciones del gas noble más cercano por delante (-6, imposible) y a 2 del anterior (+2)].

Silicio: tiene 4  $e^-$  en su capa de valencia, por lo que puede ganar 4 o perderlos. [Está a cuatro posiciones avanzando del gas noble más cercano por delante (-4, posible pero improbable) y a 4 retrocediendo del anterior (+4)].

Flúor: tiene 7  $e^-$  en su capa de valencia, por lo que es de esperar que gane 1 [Está a una posición del gas noble más cercano por delante (-1) y a 7 del anterior (+7, imposible)].

**21. Indica las electrovalencias de los elementos implicados en cada uno de los siguientes compuestos a partir de sus estructuras electrónicas: KCl, CaBr<sub>2</sub>, MgS, AlF<sub>3</sub> y BeO.**

KCl  $\rightarrow$  K:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ . Electrovalencia + 1  
Cl:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ . Electrovalencia - 1

CaBr<sub>2</sub>  $\rightarrow$  Ca:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ . Electrovalencia + 2  
Br:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$ . Electrovalencia - 1

MgS  $\rightarrow$  Mg:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ . Electrovalencia + 2  
S:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ . Electrovalencia - 2

AlF<sub>3</sub>  $\rightarrow$  Al:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ . Electrovalencia + 3  
F:  $1s^2 2s^2 2p^5$ . Electrovalencia - 1

BeO  $\rightarrow$  Be:  $1s^2 2s^2$ . Electrovalencia + 2  
O:  $1s^2 2s^2 2p^4$ . Electrovalencia - 2

**22. Dadas las siguientes configuraciones para los átomos neutros A, B y C, respectivamente:  $1s^2 2s^1$ ,  $1s^2 2s^2 2p^1$ ,  $1s^2 2s^2 2p^5$ . Indica la fórmula de los posibles compuestos que se formen al unir A con C y B con C.**

A con C: A perderá su último electrón, que ganará C, por tanto AC.

B con C: B perderá sus tres últimos electrones, que deberán pasar a tres átomos de C, así BC<sub>3</sub>.

**23. Razona si es posible que existan moléculas de compuestos iónicos.**

No es posible, puesto que energéticamente es desfavorable. Sólo la disminución energética producida por el desprendimiento de la energía reticular es capaz de compensar el aumento energético que supone la energía de ionización aportada para desprender el electrón del sodio.

**24. Indica la covalencia de cada uno de los elementos implicados en los siguientes compuestos, a partir de sus estructuras electrónicas: F<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, HCl y H<sub>2</sub>O. ¿Se formarán enlaces múltiples en algún caso?**

$F_2$ : Cada flúor tiene estructura  $1s^2 2s^2 2p^5$ , así que como cada uno necesita  $1 e^-$  para completar su octeto, lo compartirán  $\rightarrow$  covalencia 1.

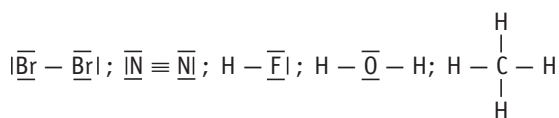
$N_2$ : Cada nitrógeno tiene estructura  $1s^2 2s^2 2p^3$ , así que como cada uno necesita  $3 e^-$  para completar su octeto, los compartirán  $\rightarrow$  covalencia 3. Sí tiene enlaces múltiples: uno triple.

$CO_2$ : El carbono tiene estructura  $1s^2 2s^2 2p^2$  y cada oxígeno  $1s^2 2s^2 2p^4$ , así que la covalencia de cada oxígeno será 2 (compartirán  $2 e^-$  cada uno), mientras que la del carbono será 4 (necesita  $4 e^-$  por lo que compartirá 4). Sí tiene enlaces múltiples: dos dobles.

HCl: El hidrógeno tiene estructura  $1s^1$  y el cloro  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ , así que la covalencia del primero será 1 (compartirá su electrón), como la del segundo.

$H_2O$ : Cada hidrógeno tiene estructura  $1s^1$ , mientras que el oxígeno  $1s^2 2s^2 2p^4$ , así que la covalencia del oxígeno será 2 (compartirá  $2 e^-$ ), mientras que la de cada hidrógeno será 1.

**25. Dibuja las estructuras de Lewis de las siguientes moléculas:  $Br_2$ ,  $N_2$ , HF,  $H_2O$  y  $CH_4$ .**



**26. Busca información acerca de los métodos modernos de fabricación de vidrio y sus propiedades físicas principales.**

En la fabricación más moderna, la fusión del material tiene lugar en grandes hornos regenerativos, recuperativos o eléctricos de material refractario alimentados con petróleo, gas natural o electricidad. Los factores económicos que más afectan al uso de la electricidad en hornos de fusión de vidrio están relacionados con el coste del petróleo, la disponibilidad de otros combustibles, los costes de la energía eléctrica, los costes del capital para instalaciones, etc. Sin embargo, en muchos casos la principal razón para el uso de la fusión o sobrealimentación eléctrica es el control del medio ambiente.

El enfriamiento controlado reduce la temperatura hasta  $1000$  o  $1200$  °C en el punto en el cual el vidrio sale del horno. Además, todos los tipos de vidrio se someten a un enfriamiento ulterior controlado (recocido) en un horno especial o túnel de recocido. Además del tradicional vidrio soplado a boca, el soplado automático se usa en máquinas para la producción de botellas y bombillas. Las formas sencillas, tales como aisladores, baldosas, moldes para lentes, etc., se presan en lugar de soplarse.

Algunos procesos de fabricación utilizan una combinación de soplado mecánico y prensado. Los vidrios armados e impresos se laminan. El vidrio plano se extrae del horno en vertical al tiempo que se somete a un proceso de pulido al fuego. La luna pulida pasa a través de rodillos enfriados por agua a un horno de recocido. Este proceso ha sido reemplazado de manera generalizada por el del vidrio flotado introducido en años recientes. El vidrio flotado tiene una superficie pulida al fuego y está exento de deformaciones.

En el proceso por flotación, una banda continua de vidrio sale del horno de fusión flotando sobre un baño de estaño fundido y se amolda a la superficie perfecta del metal líquido. Sobre el

estaño, la temperatura se reduce hasta que el vidrio está suficientemente duro para entrar en los rodillos del túnel de recocido sin que la cara inferior se raye. El vidrio recocido no requiere ningún tratamiento más y pasa a la fase de corte y embalado automáticos.

El vidrio es mal conductor del calor y de la electricidad, por lo que se suele emplear como aislante térmico. Según su composición, algunos vidrios pueden fundir a temperaturas de sólo  $500$  °C; en cambio otros necesitan  $1650$  °C. La resistencia a la tracción, que suele estar entre los  $3000$  y  $5500$  N/cm<sup>2</sup>, puede llegar a los  $70000$  N/cm<sup>2</sup> si el vidrio recibe un tratamiento especial. La densidad relativa va de 2 a 8, es decir, el vidrio puede ser más ligero que el aluminio o más pesado que el acero.

**27. Comenta las ventajas de las fibras ópticas frente a las habituales de los sistemas eléctricos.**

La fibra óptica es más barata por unidad de longitud que el alambre de cobre. Su diámetro puede ser más pequeño que el alambre de cobre, y así se pueden meter un mayor número de fibras en un cable que alambres de cobre. Esto permite que haya más líneas telefónicas en un mismo cable o que a una casa llegue un mayor número de canales de televisión que si fuesen cables de cobre.

La pérdida de señal en fibra óptica es significativamente menor que en el alambre de cobre. A diferencia de señales eléctricas en los alambres de cobre, las señales luz en una fibra óptica no interfieren con las de otras fibras en el mismo cable, pues no existe inducción magnética. Esto significa que las conversaciones de teléfono o los canales de televisión no tendrán interferencia entre sí.

Como las señales de luz en las fibras ópticas se degradan menos que las señales eléctricas en los cables de metal, los transmisores no necesitan ser transmisores de alto voltaje sino transmisores de luz de poca potencia, lo cual da el mismo resultado o mejor y es más económico. Las fibras ópticas son ideales para transmitir información digital, ya que dependen solamente de que haya luz o no la haya.

Al no pasar electricidad a través de fibras ópticas, no hay riesgo de incendios.

Un cable óptico pesa menos que un cable de alambre de cobre de la misma longitud y además es más flexible que el alambre de cobre.

## ■ Problemas propuestos

### ■ Para afianzar

**1. Indica las diferencias existentes entre rayos catódicos y canales.**

Consultar el Apartado 1.3 del texto.

**2. A la vista de lo aprendido en esta Unidad, ¿qué aspectos de la teoría atómica de Dalton han perdido su validez científica?**

Átomos indivisibles e igualdad de masa para los de un mismo elemento.

3. En cuáles de los siguientes aspectos pueden ser diferentes los átomos de un mismo elemento:

- Estructura atómica.
- Número de electrones externos.
- Masa nuclear.
- Suma de protones y neutrones.

a), c) y d).

4. Un elemento químico, ¿puede estar formado por distintos tipos de átomos?

Sí.

5. Te han explicado que el número atómico se define en función del número de protones. ¿Podrías hacerlo en función del número de electrones?

No, el número atómico es único para cada elemento, si varía se trata de un elemento distinto; en cambio, el número de electrones puede ser mayor o menor y el elemento sigue siendo el mismo, sólo se altera su carga iónica.

6. ¿Cuáles son las diferencias básicas entre el modelo atómico de Thomson y el de Rutherford? ¿Qué evidencia científica «tira por tierra» el modelo atómico de Rutherford?

Thomson: «Electrones encajados en esfera de protones». Rutherford: «Electrones giran alrededor de núcleo de protones».

Gasto energético no compensado y no explica los espectros atómicos.

7. Observando la experiencia de Rutherford, puedes decir que:

- Los electrones se mueven en un espacio pequeño del átomo.
- Las partes cargadas positivamente de cada átomo son extremadamente pequeñas.
- Las partes cargadas positivamente de los átomos se mueven a ciertas velocidades.
- El diámetro de un protón es aproximadamente igual al del núcleo.

La correcta es la b).

8. Indica el número de protones, neutrones y electrones de las siguientes especies químicas: P ( $Z = 15$ ,  $A = 31$ ),  $Mg^{2+}$  ( $Z = 12$ ,  $A = 24$ ), Sn ( $Z = 50$ ,  $A = 118$ ),  $I^-$  ( $Z = 53$ ,  $A = 127$ ).

El fósforo (P) tendrá 15 protones y 15 electrones por ser un átomo neutro con  $Z = 15$ , y neutrones tendrá  $31 - 15 = 16$ .

El ion magnesio ( $Mg^{2+}$ ) tendrá 12 protones por ser  $Z = 12$ , mientras que su carga indica que ha perdido 2 electrones, así que tendrá 10, mientras que sus neutrones serán  $24 - 12 = 12$ .

El estaño (Sn) tendrá 50 protones y 50 electrones por ser un átomo neutro con  $Z = 50$ , y 68 neutrones puesto que  $n = (A - \text{protones}) = 118 - 50 = 68$ .

El ion yoduro ( $I^-$ ) tendrá 53 protones por ser  $Z = 53$ , mientras que su carga indica que ha ganado un electrón, así que tendrá 54, mientras que sus neutrones serán  $127 - 53 = 74$ .

9. Indica toda la información que puedes obtener de:



$N.^\circ$  de protones = 16,  $n.^\circ$  de neutrones =  $32 - 16 = 16$ ,  $n.^\circ$  de electrones =  $16 + 2 = 18$ . Del SP se puede saber que es el azufre (S).

10. Indica las principales diferencias entre los distintos tipos de espectros.

En el de absorción aparecen líneas no veladas por la luz, y el resto está velado.

En el de emisión sólo existen líneas veladas, y el resto está intacto.

11. Decimos que los espectros atómicos son discontinuos, mientras que el espectro de luz visible es continuo. ¿Puedes explicar qué significan ambas cosas?

La luz visible emite en todas las longitudes de onda de su rango, mientras que los espectros atómicos sólo contienen ciertas longitudes de onda correspondientes a sus tránsitos internivélicos propios.

12. Una onda electromagnética se caracteriza por tener un número de ondas  $k = 1,3 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1}$ . Calcula su longitud de onda y su frecuencia.

$$\lambda = 1/k = 1/1,3 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1} = 7,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$v = c/\lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}/7,7 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 3,9 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}$$

13. Calcula la longitud de onda de la radiación emitida cuando un electrón excitado del átomo de hidrógeno vuelve del estado  $n = 3$  al fundamental.

$$1/\lambda = 1,0967758 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} (1/1^2 - 1/3^2); \lambda = 1,026 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

14. Indica cuántos subniveles energéticos existen con  $n = 3$ .

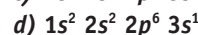
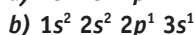
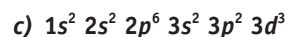
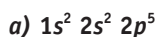
Son 3s, 3p, 3d (tres en total).

15. Un átomo emite fotones de luz amarilla de longitud de onda 570 nm. Calcula la diferencia energética entre los niveles atómicos que produjeron dicha radiación.

$$\Delta E = h c/\lambda$$

$$\Delta E = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}/570 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 3,5 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

16. Indica cuáles de las siguientes configuraciones no corresponden a un átomo en su estado fundamental:



b) y c), pues contienen electrones excitados.

## Para repasar

17. El magnesio está formado en la naturaleza por tres isótopos de masas 23,98 u, 24,99 u y 25,98 u. La abundancia relativa de cada uno es 78,60 %, 10,11 % y 11,29 %, respectivamente. Con estos datos, calcula la masa del magnesio.

$$M_a(\text{Mg}) = (23,98 \cdot 78,60 + 24,99 \cdot 10,11 + 25,98 \cdot 11,29)/100 = 24,31 \text{ u}$$

**18. Calcula la frecuencia y la longitud de onda de un fotón de luz azul de  $4,4 \cdot 10^{-19}$  J de energía.**

$$E = h\nu; 4,4 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 6,624 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot \nu; \nu = 6,6 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda = c/\nu; \lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} / 6,6 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}; \lambda = 4,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

**19. Calcula la frecuencia y longitud de onda de un fotón cuya energía sea de  $7,5 \cdot 10^{-17}$  J.**

$$E = h\nu; 7,5 \cdot 10^{-17} \text{ J} = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot \nu; \nu = 1,1 \cdot 10^{17} \text{ Hz}$$

$$\lambda = c/\nu = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} / 1,1 \cdot 10^{17} \text{ s}^{-1} = 2,7 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

**20. Una estación de radio emite con longitud de onda de 700 m. Indica la frecuencia y energía de cada cuanto de radiación.**

$$\lambda = c/\nu; 700 \text{ m} = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} / \nu; \nu = 428 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1} = 429 \text{ kHz}$$

$$E = h\nu; E = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 429 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1} = 2,8 \cdot 10^{-28} \text{ J}$$

**21. Se observa que se producen tres rayas espectrales cuando un electrón pasa de un determinado nivel al estado fundamental. ¿Podrías decir cuál es el nivel de partida? ¿Cuántas rayas se producirán si el electrón estuviese inicialmente en el nivel 5?**

a) En total hay tres rayas cuyas transiciones posibles serían: de  $n = 3$  directamente a  $n = 1$  (una raya); de  $n = 3$  a  $n = 2$ , y posteriormente de éste a  $n = 1$  (dos rayas). Así que el nivel de partida es el  $n = 3$ .

b) Dado que el nivel de partida es  $n = 5$  existirán: De  $n = 5$  puede ir a cuatro niveles: a  $n = 4$ , a  $n = 3$ , a  $n = 2$  y a  $n = 1$  (cuatro rayas).

De  $n = 4$ , donde ahora puede estar si ha bajado del nivel cinco al cuatro, puede ir a tres niveles: a  $n = 3$ , a  $n = 2$  y a  $n = 1$  (tres rayas).

De  $n = 3$  puede ir a dos niveles: a  $n = 2$  y a  $n = 1$  (dos rayas). Por último, de  $n = 2$  puede ir únicamente a  $n = 1$  (una raya).

En total 10 rayas en el espectro.

**22. Identifica las siguientes configuraciones electrónicas con los correspondientes elementos:**

a)  $1s^2 2s^2 2p^3$

b)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

c)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

d)  $1s^2 2s^2 2p^6$

a) Periodo segundo y 5 electrones en la última capa, debe ser el primer nitroenoideo: nitrógeno.

b) Tercer periodo y 6 electrones en la última capa, debe ser el segundo anfígeno: azufre.

c) Periodo cuarto y un electrón en la última capa, debe ser el tercer alcalino: potasio.

d) Segundo periodo y 8 electrones en la última capa, debe ser el segundo gas noble: neón.

**23. Escribe la configuración electrónica del estado fundamental de las siguientes especies:  $S^{2-}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $F^-$  y  $Al$ .**

$$S^{2-} (Z = 16), \text{ por lo que el ion tendrá 18 electrones: } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$$

$$Ca^{2+} (Z = 20), \text{ por lo que el ion tendrá 18 electrones: } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$$

$$F^- (Z = 9), \text{ por lo que el ion tendrá 10 electrones: } 1s^2 2s^2 2p^6$$

$$Al (Z = 13), \text{ por lo que tendrá 13 electrones: } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$$

**24. Explica cómo es el acercamiento de dos átomos que van a enlazarse entre sí. ¿Llegan a chocar físicamente dichos átomos?**

Los átomos van acercándose progresivamente porque las fuerzas atractivas de largo alcance predominan sobre las repulsivas, que son de corto alcance. Al llegar a la posición de equilibrio, caracterizada por la distancia de enlace, la relación entre las fuerzas atractivas que son responsables de la estabilidad respecto de las repulsivas que son responsables de la inestabilidad, es la óptima que se puede conseguir y se forma el enlace.

Si aumenta el acercamiento las fuerzas repulsivas predominarían y no se conseguiría el enlace, por ello en este caso no podrán los átomos contactar entre sí.

**25. ¿Por qué es más estable la molécula de oxígeno que el oxígeno atómico?**

Porque al formarse el enlace se desprende una energía que por tanto estabiliza al sistema. Y porque en el oxígeno molecular cada átomo de oxígeno tiene 8 electrones en su último nivel, mientras que el oxígeno atómico sólo tiene 6.

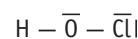
**26. Dibuja las estructuras de Lewis de los ácidos hipocloroso, clórico y perclórico.**

HClO

Elemento	Estructura electrónica de la capa de valencia	Electrones de valencia	Capacidad de la capa de valencia
Cl	$3s^2 3p^5$	7	8
O	$2s^2 2p^4$	6	8
H	$1s^1$	1	2

- Electrones de valencia disponibles:  $A = 7 + 6 + 1 = 14$
- Capacidad total de la capa de valencia:  $N = 8 \cdot 2 + 2 = 18$
- Electrones compartidos:  $N - A = 18 - 14 = 4$  (dos enlaces)
- Electrones restantes:  $14 - 4 = 10$  (cinco pares)

Ahora distribuiremos los electrones adecuadamente sobre los átomos:

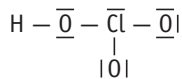


HClO<sub>3</sub>

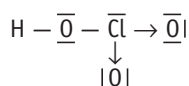
Elemento	Estructura electrónica de la capa de valencia	Electrones de valencia	Capacidad de la capa de valencia
Cl	$3s^2 3p^5$	7	8
O	$2s^2 2p^4$	6	8
H	$1s^1$	1	2

- Electrones de valencia disponibles:  $A = 7 + 6 \cdot 3 + 1 = 26$
- Capacidad total de la capa de valencia:  $N = 8 \cdot 4 + 2 = 34$
- Electrones compartidos:  $N - A = 34 - 26 = 8$  (cuatro enlaces)
- Electrones restantes:  $26 - 8 = 18$  (nueve pares)

Ahora distribuiremos los electrones adecuadamente sobre los átomos:



Observa que alrededor de cada átomo hay ocho electrones, y sobre el hidrógeno dos. Como propios se mantienen los seis iniciales de un oxígeno y el del hidrógeno, pero aparecen como propios siete sobre los otros dos oxígenos y sólo cinco alrededor del cloro. La solución viene dada en este caso por el enlace dativo al suponer que el cloro es el *dador* y el oxígeno el *ceptor*:



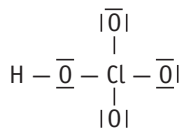
Ahora cada oxígeno tiene como propios sus seis iniciales, y el cloro sus siete, con lo que la estructura resulta ser la correcta.

$\text{HClO}_4$

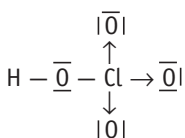
Elemento	Estructura electrónica de la capa de valencia	Electrones de valencia	Capacidad de la capa de valencia
Cl	$3s^2 3p^5$	7	8
O	$2s^2 2p^4$	6	8
H	$1s^1$	1	2

- Electrones de valencia disponibles:  $A = 7 + 6 \cdot 4 + 1 = 32$
- Capacidad total de la capa de valencia:  $N = 8 \cdot 5 + 2 = 42$
- Electrones compartidos:  $N - A = 42 - 32 = 10$  (cinco enlaces)
- Electrones restantes:  $32 - 10 = 22$  (once pares)

Ahora distribuiremos los electrones adecuadamente sobre los átomos:



Observa que alrededor de cada átomo hay 8 electrones, y sobre el hidrógeno 2. Como propios se mantienen los seis iniciales de un oxígeno y el del hidrógeno, pero aparecen como propios 7 sobre los otros tres oxígenos y sólo cuatro alrededor del cloro. La solución viene dada en este caso por el enlace dativo al suponer que el cloro es el *dador* y el oxígeno el *ceptor*:



Ahora cada oxígeno tiene como propios sus 6 iniciales y el cloro sus 7, con lo que la estructura resulta ser la correcta.

## ■ Para profundizar

27. La masa atómica del cobre es 63,55 u y está formado por dos isótopos. Sabiendo que la abundancia del isótopo de cobre 63 es de 69,10% y que su masa es 62,93 u, calcula la masa del isótopo de cobre 65.

$$63,55 \text{ u} = \frac{62,93 \text{ u} \cdot 69,1 + M \cdot 30,9}{100} \text{ despejando } M = 64,94 \text{ u}$$

28. La ecuación  $E_1 = -13,6 \text{ eV}/n^2$  permite calcular la energía de los distintos niveles en el átomo de hidrógeno. Dibuja un diagrama de niveles energéticos que incluya los cinco primeros.

$$E_1 = -13,6 \text{ eV}/1^2 = -13,6 \text{ eV}$$

$$E_2 = -13,6 \text{ eV}/2^2 = -3,4 \text{ eV}$$

$$E_3 = -13,6 \text{ eV}/3^2 = -1,5 \text{ eV}$$

$$E_4 = -13,6 \text{ eV}/4^2 = -0,85 \text{ eV}$$

$$E_5 = -13,6 \text{ eV}/5^2 = -0,54 \text{ eV}$$

Se dibujaría manteniendo en la escala de energías la distancia energética internivelica calculada anteriormente.

29. Se observa que en el espectro del átomo de hidrógeno hay una línea que se corresponde a una absorción energética de  $4,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ . Se pide:

a) Longitud de onda de la radiación absorbida correspondiente a la transición asociada a esta línea.

b) Si el nivel superior de dicha transición es  $n = 5$ , ¿cuál es el número cuántico del nivel inferior?

$$\Delta E = h c / \lambda$$

$$\lambda = 6,624 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} / 4,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 4,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Aplicando la ecuación empírica propuesta por Rydberg:

$k = R (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$ , en donde el número de ondas es la inversa de la longitud de onda, queda:

$$1/434 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} (1/n_1^2 - 1/5^2); n_1 = 2$$

30. Se observa que al absorber radiación electromagnética de tipo ultravioleta y de longitud de onda  $1,03 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ , el electrón del átomo de hidrógeno pasa del nivel energético  $E_1 = -13,6 \text{ eV}$  a un nivel superior. Indica cuál será éste y calcula su energía.

$$\Delta E = h c / \lambda;$$

$$\Delta E = 6,624 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} / 1,03 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 1,93 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

$$\Delta E = 1,93 \cdot 10^{-18} \text{ J} / 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J eV}^{-1} = 12,1 \text{ eV}$$

$$\Delta E = E_n - E_1; 12,1 \text{ eV} = E_n - (-13,6 \text{ eV}); E_n = -1,5 \text{ eV}$$

Para saber el nivel de llegada aplicamos la ecuación de Rydberg:

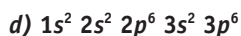
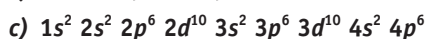
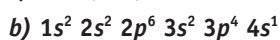
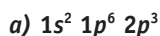
$$k = R (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$$

siendo  $k = 1/\lambda = 1/1,03 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 9,7 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$

$$9,7 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1} = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} (1/1^2 - 1/n^2); n = 3$$



31. De las siguientes configuraciones electrónicas, di cuáles corresponden a estados fundamentales o excitados y a qué elementos químicos (átomos neutros):



a) y c) imposibles (no hay orbitales  $1p$  ni  $2d$ ); b) es un estado excitado del cloro; d) es el estado fundamental del argón.

32. Justifica la existencia de los siguientes iones:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{P}^{3-}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  y  $\text{Zn}^{2+}$ .

Es debida a la pérdida o ganancia de electrones de sus átomos.

Na:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$  que al perder el electrón  $3s$  pasa a ser  $\text{Na}^+$  con último nivel lleno.

Mg:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$  que al perder los dos electrones  $3s$  pasa a ser  $\text{Mg}^{2+}$  con último nivel lleno.

Cl:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$  que al ganar un electrón en su subnivel  $3p$  pasa a ser  $\text{Cl}^-$  quedando así su último nivel lleno.

O:  $1s^2 2s^2 2p^4$  que al ganar dos electrones en su subnivel  $2p$  pasa a ser  $\text{O}^{2-}$  quedando así su último nivel lleno.

P:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$  que al ganar tres electrones en su último subnivel pasa a ser  $\text{P}^{3-}$  quedando así su último nivel lleno.

Hg:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14} 5s^2 5p^6 5d^{10} 6s^2$ , por lo que al perder los dos electrones  $6s$  pasa a ser  $\text{Hg}^{2+}$  con último nivel lleno.

Zn:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$  por lo que al perder dos electrones  $4s$  pasa a ser  $\text{Zn}^{2+}$  con último nivel lleno.

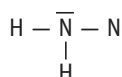
33. Escribe las estructuras de Lewis de las moléculas: amoníaco y tetracloruro de carbono.

Estructura de Lewis para el  $\text{NH}_3$

Elemento	Estructura electrónica	Electrones de valencia	Capacidad de la capa de valencia
N	$1s^2 2s^2 2p^3$	5	8
H	$1s^1$	1	2

- Electrones de valencia disponibles:  $A = 5 + 1 \cdot 3 = 8$
- Capacidad total de la capa de valencia:  $N = 8 + 2 \cdot 3 = 14$
- Electrones compartidos:  $S = N - A = 14 - 8 = 6$  (tres enlaces)
- Electrones solitarios:  $A - S = 8 - 6 = 2$  (un par)

Ahora distribuiremos los electrones adecuadamente sobre los átomos:

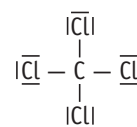


Estructura de Lewis para el  $\text{CCl}_4$

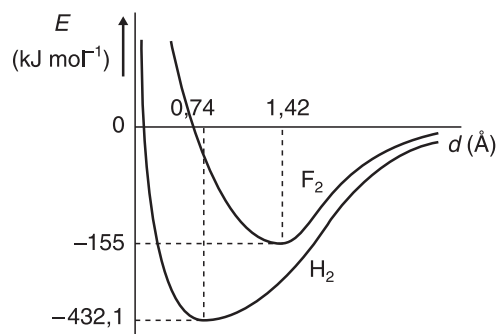
Elemento	Estructura electrónica	Electrones de valencia	Capacidad de la capa de valencia
C	$1s^2 2s^2 2p^2$	4	8
Cl	$[\text{Ne}] 3s^2 3p^5$	7	8

- Electrones de valencia disponibles:  $A = 4 + 7 \cdot 4 = 32$
- Capacidad total de la capa de valencia:  $N = 8 \cdot 5 = 40$
- Electrones compartidos:  $S = N - A = 40 - 32 = 8$  (cuatro enlaces)
- Electrones solitarios:  $A - S = 32 - 8 = 24$  (doce pares)

Ahora distribuiremos los electrones adecuadamente sobre los átomos:



34. En la siguiente gráfica se dan las distancias y energías de enlace de las moléculas de flúor y de hidrógeno a partir de sus curvas energéticas de estabilidad. Razona qué molécula será la más estable.



Más estable será la molécula de  $\text{H}_2$ , pues desprende más energía al formarse su enlace.

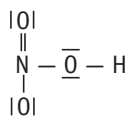
35. Escribe la estructura de Lewis de los ácidos nítrico y sulfúrico.

Estructura de Lewis para el  $\text{HNO}_3$

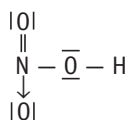
Elemento	Estructura electrónica	Electrones de valencia	Capacidad de la capa de valencia
N	$1s^2 2s^2 2p^3$	5	8
O	$1s^2 2s^2 2p^4$	6	8
H	$1s^1$	1	2

- Electrones de valencia disponibles:  $A = 5 + 6 \cdot 3 + 1 \cdot 1 = 24$
- Capacidad total de la capa de valencia:  $N = 8 + 8 \cdot 3 + 2 \cdot 1 = 34$
- Electrones compartidos:  $S = N - A = 34 - 24 = 10$  (cinco enlaces)

- Electrones solitarios:  $A - S = 24 - 10 = 14$  (siete pares)



Observa que alrededor de cada átomo hay 8 electrones, y sobre el hidrógeno 2. Como propios se mantienen los 6 iniciales de 2 oxígenos y el del hidrógeno, pero aparecen como propios 7 sobre el otro oxígeno y sólo 4 alrededor del nitrógeno. La solución viene dada en este caso por el enlace dativo, al suponer que el nitrógeno es el *dador* y el oxígeno el *ceptor*:



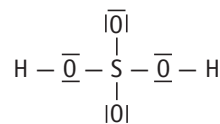
Ahora cada oxígeno tiene como propios sus seis iniciales, y el nitrógeno sus cinco, con lo que la estructura resulta ser la correcta.

Estructura de Lewis para el  $\text{H}_2\text{SO}_4$

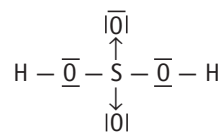
Elemento	Estructura electrónica	Electrones de valencia	Capacidad de la capa de valencia
S	[Ne] $3s^2 3p^4$	6	8
O	$1s^2 2s^2 2p^4$	6	8
H	$1s^1$	1	2

- Electrones de valencia disponibles:  $A = 6 + 4 \cdot 6 + 2 \cdot 1 = 32$
- Capacidad total de la capa de valencia:  $N = 8 + 8 \cdot 4 + 2 \cdot 2 = 44$
- Electrones compartidos:  $S = N - A = 44 - 32 = 12$  (seis enlaces)
- Electrones solitarios:  $A - S = 32 - 12 = 20$  (diez pares)

Ahora distribuiremos los electrones adecuadamente sobre los átomos:



Observa que alrededor de cada átomo hay 8 electrones, y sobre el hidrógeno 2. Como propios se mantienen los 6 iniciales de 2 oxígenos y el del hidrógeno, pero aparecen como propios 7 sobre los otros 2 oxígenos y sólo 4 alrededor del azufre. La solución viene dada en este caso por el enlace dativo, al suponer que el azufre es el *dador* y el oxígeno el *ceptor*:





## ■ Cuestiones básicas

### 1. Escribe algunos ejemplos de mezcla homogénea y heterogénea, combinación, compuesto y elemento.

Mezcla homogénea: disolución de sal en agua, el vinagre.

Mezcla heterogénea: arena con sulfato de cobre, granito.

Combinación: reacción del cloro con el hidrógeno o reacción del nitrógeno con el hidrógeno, etcétera.

Compuesto: el agua, el amoníaco, el etanol.

Elemento: el oxígeno, el hidrógeno, el hierro.

### 2. Indica cómo pasarías a unidades del Sistema Internacional las siguientes densidades: 1,5 g/cm<sup>3</sup> y 10 g/L.

Las unidades del SI son kg/m<sup>3</sup>, por tanto:

$$1,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 1,5 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$10 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

### 3. ¿Cuál crees que será la masa en gramos de una molécula de HCl? ¿Y la masa en gramos de 1 mol de HCl?

La masa de un mol de HCl será la suma de sus masas atómicas expresada en gramos, así:

$$H = 1, \text{ Cl} = 35,5 \quad 1 + 35,5 = 36,5 \text{ gramos}$$

Como en un mol existe el n.º de Avogadro de moléculas  $6,023 \cdot 10^{23}$ , tendremos:

$$36,5 \frac{\text{g}}{1 \text{ mol}} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}} = 1,08 \cdot 10^{-23} \frac{\text{g}}{\text{molécula}}$$

### 4. Calcula la masa en gramos de 1 uma, sabiendo que la masa de una molécula de agua son 18 uma.

$$\frac{1 \text{ molécula de H}_2\text{O}}{18 \text{ uma}} \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de H}_2\text{O}} \cdot \frac{18 \text{ g de H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 1,66 \cdot 10^{-24} \frac{\text{g}}{\text{uma}}$$

### 5. ¿Cómo podrías aumentar el volumen de una sustancia gaseosa a presión constante? ¿Y a temperatura constante?

a) Aplicando la ecuación  $\frac{V}{T} = \frac{V'}{T'}$  = cte; por tanto, para aumentar el volumen a presión constante basta aumentar la temperatura.

b) Aplicaríamos ahora la relación  $pV = p'V'$  = cte; y, por tanto, para aumentar el volumen a  $T$  = cte, bastará con que disminuyamos la presión.

### 6. ¿Cómo calcularías de forma aproximada la masa de aire que existe en tu aula?

Como la densidad media del aire es de 1,29 g/L, bastará con que

calculemos el volumen del aula, multiplicando el largo por el ancho por el alto de la misma y luego lo multipliquemos por el valor de la densidad expresada en el SI.

Si las dimensiones del aula son: 7 m · 5 m · 2,50 m = 87,5 m<sup>3</sup>.

$$m = V \cdot d; m = 87,5 \text{ m}^3 \cdot 129 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 112,87 \text{ kg}$$

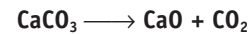
### 7. Sabiendo que la densidad del oro es aproximadamente de 18,9 g/cm<sup>3</sup>, ¿sabrías decir si un anillo que tiene una masa de 19,5 gramos y un volumen de 1,5 cm<sup>3</sup> es de oro puro?

Si el anillo fuera de oro puro la relación entre la masa y el volumen tendría que dar el valor de la densidad, si no es así el metal no será oro puro y sí una aleación:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{19,5 \text{ g}}{1,5 \text{ cm}^3} = 13 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

El valor de la densidad no se corresponde con la del oro puro y por tanto el anillo será una aleación.

### 8. Al calentar carbonato cálcico tiene lugar la siguiente reacción:



¿Cuántos moles de carbonato cálcico necesitamos calentar para obtener 150 gramos de óxido de calcio? ¿Y gramos? ¿Qué volumen de CO<sub>2</sub> se obtendrá si la reacción tiene lugar a 10 °C y 700 mmHg de presión?

La reacción ajustada es:  $\text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

Se quieren obtener 150 g de CaO, aplicando los correspondientes factores tenemos:

$$150 \text{ g CaO} \cdot \frac{1 \text{ mol de CaO}}{56 \text{ g CaO}} = 2,67 \text{ moles de CaO}$$

De la reacción se deduce que con 1 mol de CaCO<sub>3</sub> se obtiene 1 mol de CaO, por tanto con los 2,67 moles de CaCO<sub>3</sub> se obtendrán 2,67 moles de CaO:

$$2,67 \text{ moles de CaO} \cdot \frac{1 \text{ mol de CaCO}_3}{1 \text{ mol de CaO}} = 2,67 \text{ moles de CaCO}_3$$

Para pasarlo a gramos:

$$2,67 \text{ moles de CaCO}_3 \cdot \frac{100 \text{ g de CaCO}_3}{1 \text{ mol de CaCO}_3} = 2,67 \text{ g de CaCO}_3$$

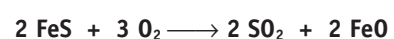
El volumen de CO<sub>2</sub> se calcularía:

$$2,67 \text{ moles de CaCO}_3 \cdot \frac{1 \text{ mol de CO}_2}{1 \text{ mol de CaCO}_3} = 2,67 \text{ moles de CO}_2$$

Aplicando ahora la ecuación de Clapeyron,  $PV = nRT$ , de donde:

$$V = \frac{2,67 \text{ moles de CO}_2 \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 283 \text{ K}}{700 \text{ mm kg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mm kg}}} = 67,35 \text{ L de CO}_2$$

### 9. El sulfuro ferroso se tuesta con oxígeno industrialmente según el proceso siguiente:



¿Cuántos moles de SO<sub>2</sub> se obtienen con tres moles de FeS?



### ¿Cuántos litros de O<sub>2</sub> se consumen?

De la ecuación se deduce:

$$3 \text{ moles de FeS} \cdot \frac{2 \text{ moles de SO}_2}{2 \text{ moles de FeS}} = 3 \text{ moles de SO}_2$$

$$3 \text{ moles de FeS} \cdot \frac{3 \text{ moles de O}_2}{2 \text{ moles de FeS}} = 4,5 \text{ moles de O}_2$$

Suponiendo condiciones normales y aplicando Clapeyron,  $pV = nRT$ , tenemos:

$$V = \frac{4,5 \text{ moles de O}_2 \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 273 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 100,8 \text{ L de O}_2$$

## Actividades

1. Utilizando la gráfica experimental de la Tabla 2.1, si calentamos una mezcla que contiene 10 gramos de hierro con 10 gramos de azufre:

- a) ¿Qué elemento quedará sin reaccionar y cuál lo hará completamente?  
 b) ¿Cuántos gramos del elemento que no reacciona completamente quedarán sin reaccionar?  
 c) ¿Qué masa de sulfuro de hierro (II) se forma?

a) De la pendiente obtenemos que la relación:

$$\frac{\text{masa de Fe}}{\text{masa de S}} = 1,75 \text{ por tanto } \frac{10 \text{ g de Fe}}{x \text{ g de S}} = 1,75$$

de donde la masa de S que reaccionará con los 10 gramos de Fe será S = 5,71 gramos.

Por tanto, es el azufre el elemento que no reacciona del todo.

b) Quedarán sin reaccionar: 10 - 5,71 = 4,29 gramos.

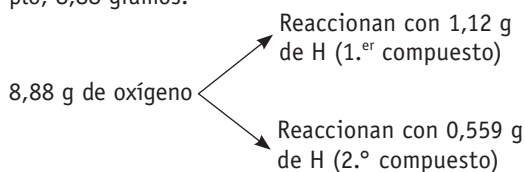
c) Se formarán: 10 + 5,71 = 15,71 gramos de FeS.

2. Siempre que el oxígeno y el hidrógeno reaccionan en condiciones normales se obtiene agua; pero en condiciones extremas, sometidos a una fuerte descarga eléctrica, se puede obtener sin dificultad agua oxigenada. La primera contiene 1,12 gramos de hidrógeno por cada 8,88 gramos de oxígeno, mientras que la segunda contiene 0,593 gramos de hidrógeno por cada 9,407 gramos de oxígeno. Demuestra que se cumple la ley de las proporciones múltiples.

En el primer caso, 1,12 gramos de hidrógeno reaccionan con 8,88 gramos de oxígeno.

En el segundo caso, 0,593 gramos de hidrógeno reaccionan con 9,407 gramos de oxígeno.

Calculamos los gramos de hidrógeno de ambos compuestos que reaccionarán frente a una cantidad común de oxígeno, por ejemplo, 8,88 gramos:



$$\text{Ya que } \frac{9,407 \text{ g de O}}{0,593 \text{ g de H}} = \frac{8,88 \text{ g de O}}{x \text{ g de H}} \quad x = 0,559 \text{ g}$$

$$\text{De donde se deduce que: } \frac{1,12}{0,559} = \frac{2}{1}$$

por tanto, hay el doble de hidrógeno en uno de los componentes frente al otro. Las fórmulas, conocidas hoy en día, son: H<sub>2</sub>O y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

3. Se hacen reaccionar 6 L de nitrógeno con 10 L de hidrógeno en las condiciones ideales para formar amoníaco. Razona la composición de la mezcla final a partir de los resultados experimentales obtenidos por Gay-Lussac (Figura 2.6).

Según lo establecido en la Figura 2.6, 1 L de nitrógeno reacciona con 3 L de hidrógeno para dar 2 L de amoníaco. Por tanto, con 6 L de nitrógeno reaccionarían 18 L de hidrógeno para dar 12 L de amoníaco. Como en nuestro ejercicio tenemos 10 L de hidrógeno nos limitará la cantidad de nitrógeno a reaccionar, pues es evidente que no podrán reaccionar los 6 litros. La pregunta es: ¿Cuántos litros de nitrógeno reaccionarán con 10 L de hidrógeno? Lo hará en la proporción 1:3.

10/3 = 3,33 L de nitrógeno reaccionarán con 10 L de hidrógeno y sobrarán 2,67 L de nitrógeno (6 L - 3,33 L) y de amoníaco obtendremos 6,66 L, ya que 2 · 3,33 = 6,66, ya que: 2 · 3,33 L = 6,66 L (según la cantidad de N) o 10 L · 2/3 = 6,66 L (según la cantidad de H).

4. Si tenemos en cuenta que 56 uma es la masa del átomo de hierro, calcula:

a) La masa atómica en gramos de 1 átomo de Fe.

b)Cuál de las siguientes cantidades tiene mayor número de átomos de Fe: 56 g, 0,20 moles o 5 · 10<sup>23</sup> átomos.

Calculamos los gramos que tiene un átomo de Fe. Para ello sabemos que un mol de átomos de Fe tiene una masa de 56 g; por tanto:

$$\text{a) } 1 \text{ átomo de Fe} \cdot \frac{56 \text{ g}}{6 \cdot 10^{23} \text{ átomos de Fe}} \cdot \frac{56 \text{ g de Fe}}{1 \text{ mol de Fe}} = 9,3 \cdot 10^{-23} \text{ g de Fe}$$

$$\text{b) } 56 \text{ g Fe} = 1 \text{ mol de Fe} = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ átomos de Fe}$$

$$0,20 \text{ moles de Fe} \cdot \frac{6 \cdot 10^{23} \text{ átomos Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = 1,26 \cdot 10^{23} \text{ átomos de Fe}$$

$$5 \cdot 10^{23} \text{ átomos de Fe}$$

Hay mayor número de átomos de Fe en 56 g de Fe.

5. Completa el siguiente cuadro suponiendo que la temperatura es constante:

Experiencia	p (atm)	V (L)	pV
1	3		
2	1		
3		6	12

¿En qué relación varía el volumen con la presión?

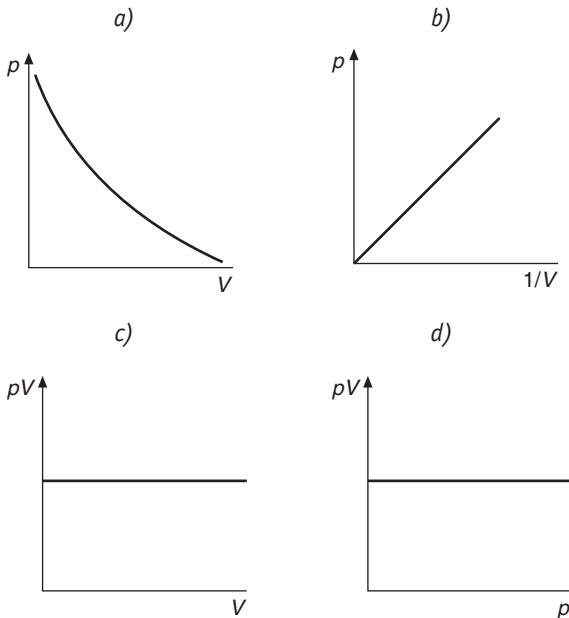


Al aumentar la presión disminuye el volumen, de manera que siempre se ha de cumplir que  $pV = \text{cte}$ . De la Experiencia 3 deducimos que el producto  $pV$  es 12; por tanto en la Experiencia 1 el  $V$  debe ser 4; igualmente deducimos que en la Experiencia 2 el  $V$  debe ser 12. Finalmente, en la Experiencia 3 el valor de  $p$  puede ser cualquier valor real positivo, incluso mayor que 12. El volumen es por tanto  $12/p$ .

Experiencia	$p$ (atm)	$V$ (L)	$pV$
1	3	4	12
2	1	12	12
3	6	2	12

6. Construye las siguientes representaciones gráficas de la Tabla 2.3:

- a)  $p$  (ordenadas) y  $V$  (abscisas)
  - b)  $p$  (ordenadas) y  $1/V$  (abscisas)
  - c)  $pV$  (ordenadas) y  $V$  (abscisas)
  - d)  $pV$  (ordenadas) y  $p$  (abscisas)
- ¿Qué conclusiones obtienes?



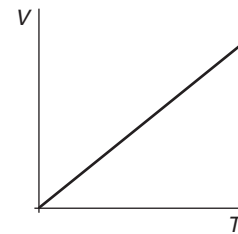
Las gráficas b), c) y d) obedecen a variaciones lineales. La a) corresponde a una variación no lineal.

7. Completa la tabla si la presión es constante:

Experiencia	$V$ (L)	$T$ (K)
1	10	288
2		317
3	12	
4		

Experiencia	$V$ (L)	$T$ (K)
1	10	288
2	11	317
3	12	346
4	12,99	379

8. Representa en ordenadas el volumen y en abscisas la temperatura. ¿Qué conclusión obtienes?



El volumen y la temperatura varían en relación lineal.  $\frac{V}{T} = \text{cte}$ .

9. Demuestra la Ecuación de estado de los gases a partir de la Fig. 2.15.

En el primer paso de la Figura 2.15 se observa que  $p = \text{cte}$ ; por tanto, se cumple que:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V'}{T_2}$$

Del segundo al tercer paso  $T = \text{cte}$ , por tanto, se ha de cumplir que:  $p_1 V' = p_2 V_2$

Despejando  $V'$  de cada ecuación e igualando nos queda:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

10. Completa la siguiente tabla:

Experiencia	$p$ (mmHg)	$V$ (L)	$T$ (K)
1	760	10	273
2		40	300
3	400		323

Utilizamos la ecuación  $\frac{pV}{T} = \frac{p'V'}{T'}$

Experiencia	$p$ (mmHg)	$V$ (L)	$T$ (K)
1	760	10	273
2	209	40	300
3	400	22,5	323

11. Sabiendo que un gas a 1 atm y 20 °C tiene una densidad de 0,666 g/L, calcula su masa molecular.

Aplicamos la ecuación  $pM = dRT$

$$1 \cdot M = 0,666 \text{ g/L} \cdot 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 293 \text{ K, de donde}$$

$$M = 16 \text{ g/mol.}$$



**12. Calcula la densidad del etano ( $C_2H_6$ ) a 700 mmHg y 75 °C.**

Aplicando la ecuación  $pM = dRT$  pero despejando  $d$ , tenemos:

$$d = \frac{0,92 \text{ atm} \cdot 30 \text{ g/mol}}{0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 348 \text{ K}} = 0,967 \text{ g/L}$$

**13. Calcula el valor en gramos de un mol de  $Cl_2$ , sabiendo que 10 cm<sup>3</sup> medidos en cn de dicho gas tienen una masa de 0,0317 g.**

$$10 \text{ cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ cm}^3} = 10^{-2} \text{ L}; \quad 1 \text{ mol} = 22,4 \text{ L (cn)},$$

$$\text{por tanto } \frac{22,4 \text{ L} \cdot 0,0317 \text{ g}}{10^{-2} \text{ L}} = 71 \text{ g}$$

**14. Calcula el número de moléculas de  $CH_4$  que habrá en 10 L de metano medidos en condiciones normales.**

En 22,4 L (1 mol) existen  $6,023 \cdot 10^{23}$  moléculas de  $CH_4$ , por tanto, en 10 L existirán:

$$10 \text{ L de } CH_4 \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}}{22,4 \text{ L de } CH_4} = 2,7 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de } CH_4$$

**15. La masa de 10 mg de una sustancia gaseosa pura equivale a  $2 \cdot 10^{20}$  moléculas. Calcula el valor en gramos de 1 mol de dicha sustancia.**

$$1 \text{ mol} = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ moléculas} \cdot \frac{10 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{2 \cdot 10^{20} \text{ moléculas}} = 30,1 \text{ g}$$

**16. En un recipiente de 25 litros de capacidad introducimos 36 gramos de  $H_2O$  y 40 gramos de etano ( $C_2H_6$ ); posteriormente, calentamos a 150 °C, temperatura que nos permite tener la seguridad de que ambos compuestos pasarán a la fase gaseosa. Calcula la presión total en el interior del recipiente.**

$$\text{Aplicamos la ecuación } p_T = \frac{n_T R T}{V}$$

$$p_T = \frac{(36/18 + 40/30) \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot (273 + 150) \text{ K}}{25 \text{ L}} = 4,6 \text{ atm}$$

**17. Calcula la composición centesimal de la molécula de propano ( $C_3H_8$ ).**

La masa molecular del propano ( $C_3H_8$ ) es:

$$M = 12 \cdot 3 + 8 \cdot 1 = 44$$

$$C: \frac{36 \text{ g de C}}{44 \text{ g de } C_3H_8} \cdot 100 = 81,8\%$$

$$H: \frac{8 \text{ g de H}}{44 \text{ g de } C_3H_8} \cdot 100 = 18,2\%$$

**18. Calcula los gramos de plata que podrías obtener de 50 gramos de nitrato de plata.**

$$50 \text{ g AgNO}_3 \cdot \frac{108 \text{ g de Ag}}{170 \text{ g de AgNO}_3} = 31,8 \text{ g de Ag}$$

## ■ Problemas propuestos

### ■ Para afianzar

1. De las siguientes sustancias, di cuáles son elementos, compuestos, disoluciones o mezclas: cloro gas, un plato de sopa, un vaso de leche, amoníaco, la cabeza de una cerilla, una moneda, un anillo de oro, un azulejo, unas natillas, el aire, un vaso de agua destilada, un vaso de vino, un refresco de naranja, harina, azúcar, sal y azufre.

Cloro gas: elemento.

Plato de sopa: tiene al menos agua y aceite, mezcla heterogénea.

Vaso de leche: disolución.

Amoníaco: compuesto.

Cabeza de cerilla: mezcla.

Moneda: mezcla homogénea (céntimos de €) o heterogénea (1 y 2 €).

Anillo de oro: si es de oro puro, elemento, y si es de oro y cobre es una mezcla homogénea.

Azulejo: mezcla heterogénea.

Natillas: mezcla.

Aire: mezcla homogénea (disolución).

Agua destilada: compuesto.

Vino: mezcla homogénea (disolución).

Refresco: disolución.

Harina, azúcar y sal: compuestos.

Azufre: elemento.

2. Cuando dejamos a la intemperie un clavo, de masa 2,24 g, se oxida.

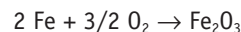
a) ¿Cómo puedes explicar que el clavo haya aumentado su masa a 2,42 g?

b) ¿Se ha oxidado completamente?

c) ¿Cuál sería su masa en el caso de oxidación completa a  $Fe_2O_3$ ?

a) Porque al oxidarse ha pasado de ser un elemento (Fe) a ser un compuesto de mayor masa por la presencia de oxígeno.

b) Para saber si se ha oxidado completamente deberemos formular la reacción química que se ha producido y realizar los cálculos:



De la reacción deducimos que:

$$2,24 \text{ g de Fe} \cdot \frac{\frac{3}{2} \cdot 32 \text{ g de O}}{2 \cdot 56 \text{ g de Fe}} = 0,96 \text{ g de O}$$

c) Los 2,24 gramos de Fe para que se hubieran oxidado totalmente deberían haber reaccionado con 0,96 g de oxígeno, dando  $2,24 + 0,96 = 3,2$  gramos de óxido de Fe.

3. Tres litros de nitrógeno se juntan en un recipiente con 3 L de oxígeno para obtener  $NO_2$ . Calcula la composición final de la mezcla si reaccionan totalmente.

La reacción ajustada es  $N_2 + 2 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ NO}_2$



De la reacción ajustada, deducimos que 1 L de  $N_2$  reacciona con 2 L de  $O_2$  para dar 2 L de  $NO_2$ . Es evidente, por tanto, que no van a reaccionar los 3 L de  $N_2$ , pues para ello necesitarían 6 L de  $O_2$  y sólo existen 3 L (agente limitante).

Por ello, los 3 L de  $O_2$  reaccionarán con 1,5 L de  $N_2$  y se obtendrán 3 L de  $NO_2$  más 1,5 L de  $N_2$  que no han reaccionado.

4. Al analizar dos óxidos de cromo se comprueba que 5,000 g del primer óxido contienen 3,823 g de cromo. La masa del segundo óxido es también 5,000 g, de los que 2,600 corresponden al cromo. Demuestra con estos datos que se verifica la Ley de las proporciones múltiples.

Del primer óxido se deduce que 3,823 g de cromo se combinan con 1,177 g de oxígeno. Del segundo óxido se deduce que 2,600 g de cromo se combinan con 2,400 g de oxígeno. Vamos a ver cuál es la relación del cromo de ambos óxidos que se combina con una cantidad fija de oxígeno, por ejemplo, 1,177 g:

$$1,177 \text{ g de O se combinan con } \begin{cases} 3,823 \text{ g de Cr} \\ \frac{2,400 \text{ g de O}}{2,600 \text{ g de Cr}} = \frac{1,177 \text{ g de O}}{x \text{ g de Cr}} \end{cases}$$

$$x = 1,275 \text{ g Cr}$$

La relación del Cr del primer óxido respecto al segundo óxido es:

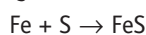
$$\frac{3,823}{1,275} = \frac{3}{1}; \text{ por tanto, los óxidos serán CrO y CrO}_3.$$

5. Queremos hacer reaccionar azufre con hierro para formar sulfuro de hierro (II). Para ello juntamos 30,0 g de azufre con 40,0 g de hierro, calentamos la mezcla y la reacción se produce. Sabiendo que la proporción en que ambos reaccionan es de 32,1 g de S por cada 55,8 g de Fe:

a) ¿Cuántos gramos de FeS obtendremos?

b) ¿Cuál de los dos elementos está en exceso y en qué cantidad?

Sabemos que el hierro reacciona con el azufre en la proporción de 55,8 g de Fe con 32,1 g de S.

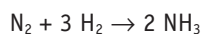


Por tanto:  $\frac{55,8 \text{ g de Fe}}{32,1 \text{ g de S}} = \frac{40 \text{ g de Fe}}{x \text{ g de S}}$  de donde  $x = 23,0 \text{ g de S}$

Reaccionarán los 40 g de Fe con 23,0 g de S para formar 63,0 g de FeS y sobrarán 7,0 g de azufre.

6. Para obtener 3 litros de amoníaco a partir de  $N_2$  y  $H_2$ , ¿cuál debe ser el mínimo volumen de ambos?

La reacción ajustada es:

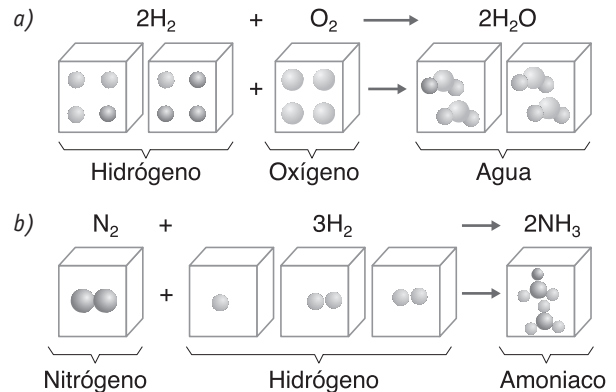


Ello quiere decir que 1 L de  $N_2$  reaccionará con 3 L de  $H_2$  para dar 2 L de  $NH_3$ . Para obtener 3 L de  $NH_3$  deberá partir de la mitad de  $N_2$ , es decir, 1,5 L de  $N_2$ , pero por otra parte, el volumen de  $H_2$  debe ser el triple que el de  $N_2$ ; por tanto, se deberá partir de 4,5 L de  $H_2$  y de 1,5 L de  $N_2$ .

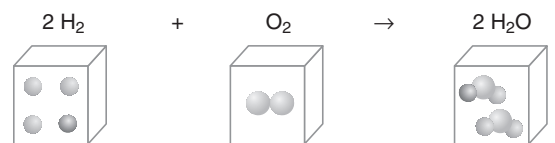
$$\frac{1 \text{ L } N_2}{2 \text{ L de } NH_3} = \frac{x \text{ L de } N_2}{3 \text{ L de } NH_3}; x = 1,5 \text{ L de } N_2$$

Operando de la misma forma  $y = 4,5 \text{ L } H_2$

7. Teniendo en cuenta los experimentos de Gay-Lussac, la Ley de los volúmenes de combinación y la hipótesis de Avogadro, analiza cuál es el error cometido en las siguientes representaciones:



En la representación a), el hidrógeno y el oxígeno son moléculas diatómicas, por tanto, en cada bloque de moléculas de H sobran dos; igual ocurre con el volumen de oxígeno, sobran 2 átomos o una molécula y el volumen debe ser la mitad. Al existir el doble de moléculas de H que de O, el volumen también deberá ser el doble, pero eso en el problema está bien. Se obtendrá un volumen equivalente al de hidrógeno, pues el número de moléculas de  $H_2O$  es igual al de  $H_2$ . Lo correcto debería ser:



En la representación b), el volumen de amoníaco debe ser el doble que el de nitrógeno y no igual. Además, una de las moléculas de hidrógeno aparece representada como monoatómica, y es biatómica como las demás.

8. A 700 mmHg y 322 K, en un recipiente de 10,5 L de capacidad lleno de oxígeno hay  $2,2 \cdot 10^{23}$  moléculas. ¿Cuántas moléculas habrá en un recipiente de 19 L lleno de una mezcla de butano, propano y aire en las mismas condiciones?

A las mismas condiciones de  $p$  y  $T$  en un mismo volumen, existirán el mismo número de moléculas, aunque sean diferentes gases, por tanto:

$$19 \text{ L} \cdot \frac{2,2 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}}{10,5 \text{ L}} = 4 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$$

9. Un globo de 10 L se encuentra lleno de nitrógeno, a una presión de 684 mmHg y a una temperatura de 23 °C. Si manteniendo constante la temperatura aumentamos la presión hasta



que sea equivalente a la atmosférica, ¿qué le ocurre al globo? Responde a la pregunta numéricamente.

Aplicamos la ecuación:  $pV = p'V'$

$$684 \text{ mm Hg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mm Hg}} \cdot 10 \text{ L} = 1 \text{ atm} \cdot V'$$

de donde  $V' = 9 \text{ L}$

10. A presión atmosférica calentamos un recipiente extensible de 5 L lleno de gas que se encuentra a 31 °C hasta alcanzar los 97 °C. ¿Qué ocurre con el recipiente? ¿Y con la presión?

Aplicamos  $\frac{V}{T} = \frac{V'}{T'}$

$$\frac{5 \text{ L}}{(273 + 31) \text{ K}} = \frac{V'}{(273 + 97) \text{ K}}; V' = 6,1 \text{ L.}$$

Aumentará su volumen, pues el recipiente es extensible.

11. En un recipiente añadimos 0,21 moles de nitrógeno, 0,12 moles de hidrógeno y 2,32 moles de amoníaco. Si la presión total es 12,4 atm, ¿cuál es la presión parcial de cada componente?

Aplicamos la ecuación  $p_i = \chi_i p_T$  a cada uno de ellos y nos queda:

$$p_{N_2} = \frac{0,21 \text{ moles}}{(0,21 + 0,12 + 2,32) \text{ moles}} \cdot 12,4 \text{ atm} = 0,98 \text{ atm}$$

$$p_{H_2} = \frac{0,12 \text{ moles}}{(0,21 + 0,12 + 2,32) \text{ moles}} \cdot 12,4 \text{ atm} = 0,56 \text{ atm}$$

$$p_{NH_3} = \frac{2,32 \text{ moles}}{(0,21 + 0,12 + 2,32) \text{ moles}} \cdot 12,4 \text{ atm} = 10,86 \text{ atm}$$

12. ¿Cuántos gramos de oxígeno habrá en 2 moles de  $Ag_2O$ ?  
Datos masas atómicas:  $Ag = 108$  y  $O = 16$ .

$$2 \text{ moles de } Ag_2O \cdot \frac{16 \text{ g de O}}{1 \text{ mol de } Ag_2O} = 32 \text{ g}$$

13. ¿Cuántos moles de metano ( $CH_4$ ) son 200 litros de metano medidos en condiciones normales? ¿Cuántas moléculas estarán contenidas en los 200 litros?

$$200 \text{ L } CH_4 \cdot \frac{1 \text{ mol de } CH_4}{22,4 \text{ L } CH_4} = 8,93 \text{ moles}$$

$$200 \text{ L } CH_4 \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de } CH_4}{22,4 \text{ L de } CH_4} = 5,37 \cdot 10^{24} \text{ moléculas}$$

14. ¿Cuál será la masa, expresada en gramos, de un átomo de plomo? Datos:  $m_{at} Pb = 207,2$ .

$$1 \text{ átomo de Pb} \cdot \frac{207,2 \text{ g}}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ átomos de Pb}} = 3,44 \cdot 10^{-22} \text{ g}$$

15. De una sustancia pura sabemos que la masa de  $1,75 \cdot 10^{19}$  moléculas corresponde a una masa de 2,73 mg. ¿Cuál será la masa de 1 mol de esa sustancia?

$$1 \text{ mol} = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ moléculas} \cdot \frac{2,73 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{1,75 \cdot 10^{19} \text{ moléculas}} = 93,9 \text{ g}$$

16. Un óxido de cloro contiene un 52,5 % en masa de cloro. Calcula su fórmula empírica.

El óxido de cloro tendrá 52,5 % de Cl y 47,5 % de O. Por tanto:

$$Cl: 52,5/35,5 = 1,478 \text{ moles} \quad 1,478/1,478 = 1$$

$$O: 47,5/16 = 2,968 \text{ moles} \quad 2,968/1,478 = 2$$

La fórmula empírica será  $(ClO_2)_n$

17. Un recipiente de 5 litros de capacidad está lleno de cloro gas, siendo las condiciones de presión y temperatura de 720 mmHg y 22 °C, respectivamente. ¿Cuál será la presión si introducimos el recipiente en agua a 100 °C? Expresa el resultado en atmósferas.

$$\frac{p}{T} = \frac{p'}{T'} \cdot \frac{(720/760) \text{ atm}}{295 \text{ K}} = \frac{p'}{373 \text{ K}} \quad p' = 1,2 \text{ atm}$$

18. Una muestra de óxido de cromo tiene una masa de 3,22 g, de los cuales 2,2 g son de cromo. ¿Cuál es la fórmula empírica del compuesto?

Datos masas atómicas:  $Cr = 52$  y  $O = 16$ .

El óxido de cromo tendrá 2,2 g de Cr y 1,02 g de O. Por tanto:

$$Cr: 2,2/52 = 0,0423 \text{ moles} \quad 0,0423/0,0423 = 1 \cdot 2 = 2$$

$$O: 1,02/16 = 0,0637 \text{ moles} \quad 0,0637/0,0423 = 1,5 \cdot 2 = 3$$

Por tanto, su fórmula empírica será:  $Cr_2O_3$ .

19. A partir de la ecuación de Clapeyron, demuestra que:  $pM = dRT$ , siendo  $M$  la masa del mol y  $d$  la densidad.

$$pV = nRT \Rightarrow pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow pM = \frac{m}{V} RT \Rightarrow pM = dRT$$

## ■ Para repasar

20. Al analizar varias muestras de óxidos de bromo obtenemos los siguientes resultados:

- 12,21 g de Br y 1,22 g de O.
- 9,82 g de Br y 2,95 g de O.
- 5,68 g de Br y 2,85 g de O.
- 8,03 g de Br y 4,02 g de O.
- 7,16 g de Br y 0,72 g de O.
- 4,62 g de Br y 0,46 g de O.
- 7,32 g de Br y 2,20 g de O.
- 1,37 g de Br y 0,42 g de O.

a) ¿Cuántos compuestos distintos tenemos?

b) ¿En qué ley te has basado para dar la respuesta?





**c) ¿Necesitas saber las masas atómicas para responder a esta pregunta?**

Vamos a ver la proporción en la que reaccionan el Br y el oxígeno en cada compuesto:

$$a) \frac{12,21 \text{ g Br}}{1,22 \text{ g O}} = 10,00$$

$$e) \frac{7,16 \text{ g Br}}{0,72 \text{ g O}} = 9,94$$

$$b) \frac{9,82 \text{ g Br}}{2,95 \text{ g O}} = 3,32$$

$$f) \frac{4,62 \text{ g Br}}{0,46 \text{ g O}} = 10,00$$

$$c) \frac{5,68 \text{ g Br}}{2,85 \text{ g O}} = 1,99$$

$$g) \frac{7,32 \text{ g Br}}{2,20 \text{ g O}} = 3,32$$

$$d) \frac{9,03 \text{ g Br}}{4,02 \text{ g O}} = 1,99$$

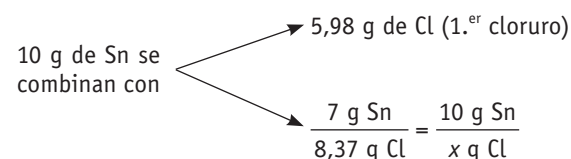
$$h) \frac{1,37 \text{ g Br}}{0,42 \text{ g O}} = 3,26$$

Podemos considerar que existen tres compuestos diferentes basándonos en la Ley de las proporciones definidas y en la Ley de las proporciones múltiples; así, el *a)*, *e)* y *f)* serían el mismo compuesto. El *b)*, el *g)* y el *h)* serían otro compuesto. Finalmente, el *c)* y el *d)* serían otro óxido de bromo diferente a los anteriores.

Como sólo nos interesan las proporciones para establecer si es o no el mismo compuesto no necesitamos saber las masas atómicas de ningún elemento.

- 21. Diez gramos de estaño se combinan con 5,98 gramos de cloro para obtener un cloruro de estaño. En condiciones distintas, 7 gramos de estaño se combinan con 8,37 gramos de cloro para obtener un óxido de estaño diferente.**

**Demuestra que se verifica la Ley de proporciones múltiples.**



$$x = 11,95 \text{ g de Cl (2.º cloruro)}$$

Ambos están en relación 1:2; por tanto, se trata de los cloruros  $\text{SnCl}_2$  y  $\text{SnCl}_4$

- 22. Cuando se analizan dos óxidos de calcio se obtienen los siguientes resultados: en el primer óxido, 2,35 g de Ca y 0,94 g de O; en el segundo óxido, 3,525 g de Ca y 1,410 g de O.**

**Comprueba si se verifica o no la Ley de las proporciones definidas.**

Veremos la relación entre el Ca y el O en cada óxido.

$$1.º \text{ óxido: } \frac{2,35 \text{ g Ca}}{0,94 \text{ g O}} = 2,5 \quad 2.º \text{ óxido: } \frac{3,525 \text{ g Ca}}{1,410 \text{ g O}} = 2,5$$

En ambos casos se obtiene la misma proporción; por tanto, se concluye que sí se cumple la Ley de las proporciones definidas.

- 23. Sabiendo que en el sulfuro de hierro (II) la proporción de azufre y de hierro es de 5,00 gramos de azufre por cada 8,75 gramos de hierro, ¿cuáles serán las masas de ambos que hay que combinar para obtener 1 kg de sulfuro de hierro?**

5 g de S se combinan con 8,75 g de Fe para dar 13,75 g de  $\text{FeS}$ ; por tanto:

$$\frac{13,75 \text{ g FeS}}{5 \text{ g S}} = \frac{1000 \text{ g FeS}}{x \text{ g S}}$$

$$\frac{13,75 \text{ g FeS}}{8,75 \text{ g Fe}} = \frac{1000 \text{ g FeS}}{y \text{ g Fe}}$$

De donde  $x = 364 \text{ g de S}$   $y = 636 \text{ g de Fe}$ .

- 24. Sabiendo que cobre y azufre reaccionan para formar sulfuro de cobre (II) en la proporción de 1,000 gramo de Cu por cada 0,504 gramos de azufre, ¿cuántos gramos de sulfuro de cobre obtendremos si mezclamos 15,00 gramos de S con 15,00 gramos de Cu?**

De los datos obtenemos:

$$\frac{1 \text{ g Cu}}{0,504 \text{ g S}} = \frac{15 \text{ g Cu}}{x \text{ g S}} \quad x = 7,56 \text{ g de S}$$

Esto significa que 15 g de Cu reaccionarán con 7,56 g de S para dar 22,56 g de  $\text{CuS}$  y nos sobrarán  $15 - 7,56 = 7,44 \text{ g de S}$

- 25. Para la obtención de amoníaco hacemos reaccionar hidrógeno y nitrógeno en la proporción de 1 litro de  $\text{N}_2$  con 3 litros de  $\text{H}_2$  para obtener 2 litros de  $\text{NH}_3$ . Si realizamos dicha síntesis en condiciones normales, calcula:**

- a)* La masa de 1 litro de  $\text{N}_2$ .  
*b)* La masa de 3 litros de  $\text{H}_2$ .  
*c)* La masa de 1 litro de  $\text{NH}_3$ .  
*d)* La relación de masa de combinación del  $\text{H}_2$  con el  $\text{N}_2$ .

22,4 L de  $\text{N}_2$  (cn) tienen una masa de 28 g, por tanto:

$$a) 1 \text{ L } \text{N}_2 \text{ (cn)} \cdot \frac{28 \text{ g } \text{N}_2}{22,4 \text{ L } \text{N}_2 \text{ (cn)}} = 1,25 \text{ g}$$

$$b) 3 \text{ L } \text{H}_2 \text{ (cn)} \cdot \frac{2 \text{ g } \text{H}_2}{22,4 \text{ L } \text{H}_2 \text{ (cn)}} = 0,27 \text{ g}$$

$$c) 1 \text{ L } \text{NH}_3 \text{ (cn)} \cdot \frac{17 \text{ g } \text{NH}_3}{22,4 \text{ L } \text{NH}_3 \text{ (cn)}} = 0,76 \text{ g}$$

*d)* Puesto que ya hemos calculado la masa de 1 L de  $\text{N}_2$  y la de 3 L de  $\text{H}_2$ , que es la proporción en la que ambos reaccionan, basta con dividir ambas cantidades para calcular la masa de combinación:

$$\frac{1,25 \text{ g } \text{N}_2}{0,27 \text{ g } \text{H}_2} = 4,63$$

También se puede hacer en gramos: 28 g de  $\text{N}_2$  (1 mol) se combinan con 6 g de  $\text{H}_2$  (3 moles), por lo que la proporción es:

$$\frac{28 \text{ g } \text{N}_2}{6 \text{ g } \text{H}_2} = 4,67$$

- 26. Hacemos reaccionar 5 litros de  $\text{H}_2$ (g) con 5 litros de  $\text{Cl}_2$ (g) para formar 10 litros de  $\text{HCl}$ (g), todos ellos medidos en condiciones normales. Di si son correctas o incorrectas las siguientes afirmaciones:**

- a)* La masa conjunta correspondiente al cloro y al hidrógeno es igual a la masa de  $\text{HCl}$ .



- b) Existe la misma masa de  $\text{Cl}_2$  y de  $\text{H}_2$  y el doble de HCl.  
 c) El  $\text{H}_2$  y el  $\text{Cl}_2$  tienen el mismo volumen y el HCl el doble.  
 d) Todos tienen igual número de moléculas.  
 e) Todos tienen igual proporción de moléculas por litro.

- a) Correcto, la masa siempre se conserva.  
 b) Incorrecto, pues los 5 L de  $\text{H}_2$  no tienen por qué pesar lo mismo que los 5 L de  $\text{Cl}_2$ .  
 c) Correcto, puesto que el número de moles es igual que el número de moléculas de ambos; en las mismas condiciones también será igual y por tanto su volumen también lo será.  
 d) Incorrecta, el  $\text{Cl}_2$  y el  $\text{H}_2$  que tienen el mismo volumen sí tendrán el mismo número de moléculas, pero no el HCl que tiene el doble de volumen y por tanto el doble de moléculas.  
 e) Correcta. En un volumen determinado, en las mismas condiciones de  $p$  y  $T$  siempre habrá el mismo número de moléculas.

27. ¿Cuál es el volumen de  $\text{O}_2$ , medido en condiciones normales, que podremos obtener con  $6 \cdot 10^{22}$  moléculas de oxígeno?

$$6 \cdot 10^{22} \text{ moléculas de } \text{O}_2 \cdot \frac{22,4 \text{ L}}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de } \text{O}_2} = 2,23 \text{ L de } \text{O}_2$$

28. Disponemos de 3 moles de HCl. Sabiendo que las masas atómicas son Cl = 35,5 e H = 1, calcula:

- a) ¿Cuántos gramos de HCl existen en esos 3 moles?  
 b) El número de moléculas de HCl que forman los 3 moles.  
 c) Los moles de H y de Cl que tenemos en los 3 moles de HCl.  
 d) Los moles de  $\text{H}_2$  y  $\text{Cl}_2$  que tenemos en esos 3 moles de HCl.

- a)  $g = n \cdot M = 3 \cdot 36,5 = 109,5 \text{ g}$   
 b)  $3 \text{ moles} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de HCl}}{1 \text{ mol HCl}} = 18,1 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$   
 c) En cada mol de HCl existe 1 mol de H y 1 mol de Cl; por tanto, en 3 moles de HCl habrá 3 moles de H y 3 moles de Cl.  
 d) Habrá 1,5 moles de  $\text{H}_2$  y 1,5 moles de  $\text{Cl}_2$ .

29. 5,00 litros de un gas medidos en condiciones normales, ¿qué volumen ocuparán si cambiamos las condiciones a  $20^\circ\text{C}$  y 700 mmHg de presión?

Aplicamos la ecuación  $\frac{pV}{T} = \frac{p'V'}{T'}$

$$\frac{1 \text{ atm} \cdot 5 \text{ L}}{273 \text{ K}} = \frac{(700/760) \text{ atm} \cdot V'}{293 \text{ K}}; V' = 5,83 \text{ L}$$

30. Tenemos un pistón móvil de 10 litros de capacidad lleno de aire. Al calentarlo, el pistón se expande hasta 15 litros. Razona las siguientes cuestiones:

- a) ¿Ha variado el número de moléculas de aire? ¿Ha variado el número de moles de aire?

- b) ¿Ha variado la densidad?

- a) El número de moléculas no se ve alterado por el aumento de volumen. Evidentemente, si no varía el número de moléculas, tampoco lo hará el de moles.  
 b) La densidad sí habrá variado, pues existen las mismas moléculas y, por tanto, la misma masa en un volumen mayor. Habrá disminuido.

31. ¿Dónde crees que habrá más moléculas, en 10 gramos de  $\text{N}_2$  o en 10 gramos de  $\text{Cl}_2$ ? Justifica la respuesta.

Calculamos los moles de ambos gases:

$$n(\text{N}_2) = 10/28 = 0,36 \text{ moles}$$

$$n(\text{Cl}_2) = 10/71 = 0,14 \text{ moles}$$

Habrà más moléculas de  $\text{N}_2$  que de  $\text{Cl}_2$ , porque el número de moles de  $\text{N}_2$  es mayor.

32. Calcula los gramos de amoníaco que podrías obtener con 6 L de  $\text{H}_2$  medidos en cn.

La reacción ajustada es:  $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{NH}_3$

$$6 \text{ L de } \text{H}_2 \text{ (cn)} \cdot \frac{1 \text{ mol } \text{H}_2}{22,4 \text{ L}} \cdot \frac{2 \text{ moles } \text{NH}_3}{3 \text{ moles } \text{H}_2} \cdot \frac{17 \text{ g } \text{NH}_3}{1 \text{ mol } \text{NH}_3} = 3 \text{ g } \text{NH}_3$$

33. El aire contenido en el interior de la cubierta de una bicicleta en reposo está a una presión de  $1,5 \text{ kg/cm}^2$  y a una temperatura de  $14^\circ\text{C}$ . Después de recorrer unos kilómetros, y debido al rozamiento, la temperatura se eleva a  $25^\circ\text{C}$ . Como su volumen no varía, ¿cuál será la presión dentro de la cubierta? Expresa el resultado en atmósferas.

Aplicamos la ecuación:

$$\frac{p}{T} = \frac{p'}{T'} \quad \frac{1,5 \text{ kg/cm}^2}{287 \text{ K}} = \frac{p'}{298 \text{ K}}$$

$$p' = 1,56 \text{ kg/cm}^2$$

Hemos de pasar los  $\text{kg/cm}^2$  a atmósferas. Para ello sabemos que:

$$1 \text{ atm} = 13\,600 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,76 \text{ m} = 101\,300 \text{ N/m}^2$$

En primer lugar, pasamos los  $\text{kg/cm}^2$  a  $\text{N/m}^2$ :

$$1,56 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{10^4 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \cdot \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ kg}} = 152\,880 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Como sabemos la relación que existe entre los  $\text{N/m}^2$  y las atmósferas el problema es fácil.

$$152\,880 \text{ N/m}^2 \cdot \frac{1 \text{ atm}}{101\,300 \text{ N/m}^2} = 1,51 \text{ atm}$$

34. Un compuesto orgánico tiene la siguiente composición centesimal: C = 24,24%, H = 4,05% y Cl = 71,71%. Calcula su fórmula empírica y su fórmula molecular, sabiendo que 0,942 gramos de dicho compuesto ocupan un volumen de 213 ml medidos a 1 atmósfera y  $0^\circ\text{C}$ .

$$\text{C: } 24,24/12 = 2,02 \text{ moles}$$

$$\text{H: } 4,05/1 = 4,05 \text{ moles}$$

$$\text{Cl: } 71,71/35,5 = 2,02 \text{ moles}$$



dividimos por el menor y nos queda: C = 1; H = 2; Cl = 1

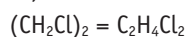
Por tanto, la fórmula empírica será:  $(\text{CH}_2\text{Cl})_n$

Calculamos ahora su masa molecular aplicando la ecuación de Clapeyron:

$$1 \text{ atm} \cdot 0,213 \text{ L} = \frac{0,942 \text{ g}}{M} \cdot 0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 273 \text{ K}$$

de donde  $M = 99 \text{ g/mol}$

$$(12 + 2 + 35,5) \cdot n = 99; n = 99/49,5 = 2$$



- 35. Halla la fórmula de un oxisulfuro de carbono que contiene el 53,3% de S, el 20% de C y el 26,7% de O, si 75 mL de ese oxisulfuro medidos a una temperatura de 22 °C y 700 mmHg de presión tienen una masa de 0,171 g.**

$$\text{S: } 53,3/32 = 1,66 \quad \text{C: } 20/12 = 1,66 \quad \text{O: } 26,7/16 = 1,66$$

La fórmula empírica será:  $(\text{SCO})_n$ . Calcularemos ahora la masa molecular para hallar su fórmula molecular.

$$700/760 \text{ atm} \cdot 0,075 \text{ L} = \frac{0,17 \text{ g}}{M} \cdot 0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 295 \text{ K};$$

$$M = 59,9 \text{ g/mol}$$

$$(32 + 12 + 16) \cdot n = 60; \quad \text{de donde } n = 1$$

Fórmula molecular: SCO

- 36. El análisis de un compuesto orgánico proporcionó la siguiente composición centesimal: C = 40%, H = 6,7%, O = 53,3%. Sabiendo que su masa molecular calculada experimentalmente es de 180, determina la fórmula molecular del compuesto.**

**Datos masas atómicas: C = 12, H = 1 y O = 16.**

$$\text{C: } 40/12 = 3,33 \text{ moles}$$

$$\text{H: } 6,7/1 = 6,7 \text{ moles}$$

$$\text{O: } 53,3/16 = 3,33 \text{ moles}$$

Dividimos por el menor y nos queda la siguiente fórmula empírica  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ .

Su fórmula molecular es sencilla de calcular:

$$(12 + 2 + 16) n = 180; n = 6; \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

- 37. Calcula la masa molecular de un gas sabiendo que su densidad a 20 °C y 1 atm de presión vale 2,4 g/L.**

Aplicamos la ecuación  $M_m = \frac{d R T}{p}$

$$M_m = \frac{2,4 \text{ g/L} \cdot 0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 283 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 58 \text{ g/mol}$$

- 38. Razona en cuál de las siguientes cantidades habrá un mayor número de átomos.**

a) 10 gramos de estaño.

b) 10 gramos de aluminio.

c) 10 gramos de cloro molecular.

d) En todas existen igual porque hay la misma cantidad.

$$\text{a) } 10 \text{ g Sn} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ átomos de Sn}}{118,7 \text{ g de Sn}} = 5,07 \cdot 10^{22} \text{ átomos de Sn}$$

$$\text{b) } 10 \text{ g Al} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ átomos de Al}}{27 \text{ g de Al}} = 2,23 \cdot 10^{23} \text{ átomos de Al}$$

$$\text{c) } 10 \text{ g de Cl}_2 \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de Cl}_2}{71 \text{ g de Cl}_2} = 8,48 \cdot 10^{22} \text{ moléculas de Cl}_2$$

Como en cada molécula existen 2 átomos =

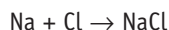
$$= 1,69 \cdot 10^{23} \text{ átomos de Cl}$$

Por tanto, habrá más átomos en el aluminio.

- 39. Completa la siguiente tabla:**

Masa inicial de cloro (g)	Masa inicial de sodio (g)	Masa formada de cloruro de sodio (g)	Masa de cloro sobrante (g)	Masa de sodio sobrante (g)	Relación: $\frac{\text{g cloro}}{\text{g sodio}}$	% cloro	% sodio
10,0	10,0	16,5	0	3,5	$\frac{10 \text{ g}}{6,5 \text{ g}} = 1,54$	60,6	39,4
92		234		0			

Masa inicial de cloro (g)	Masa inicial de sodio (g)	Masa formada de cloruro de sodio (g)	Masa de cloro sobrante (g)	Masa de sodio sobrante (g)	Relación $\frac{\text{g cloro}}{\text{g sodio}}$	% cloro	% sodio
10,0	10,0	16,5	0	3,5	$\frac{10 \text{ g}}{6,5 \text{ g}} = 1,54$	60,6	39,4
92	52,7	234	10,7	0	$\frac{81,3 \text{ g Cl}}{52,7 \text{ g Na}} = 1,54$	60,6	39,4



De la reacción ajustada se deduce que 23 g de Na reaccionan con 35,5 g de Cl para formar 58,5 g de NaCl.

$$\frac{23 \text{ g Na}}{58,5 \text{ g NaCl}} = \frac{x \text{ g Na}}{134 \text{ g NaCl}}; \quad x = 52,7 \text{ g de Na}$$

$$\frac{23 \text{ g Na}}{35,5 \text{ g Cl}} = \frac{52,7 \text{ g Na}}{y \text{ g Cl}}; \quad y = 81,3 \text{ g de Cl}$$

$$92 \text{ g} - 81,3 \text{ g} = 10,7 \text{ g de Cl sobrante}$$

40. Si tenemos encerrado aire en un recipiente de cristal, al calentarlo a 30 °C, la presión se eleva a 1,30 atm. ¿Cuánto marcará el manómetro si elevamos la temperatura a 70 °C?

$$\frac{1,3 \text{ atm}}{303 \text{ K}} = \frac{p'}{343 \text{ K}} \quad p' = 1,47 \text{ atm}$$

41. Un frasco de 1 L se llena de amoníaco gaseoso a 27 °C. Se hace el vacío hasta que la presión es de 0,001 mmHg. Calcula:

a) El número de gramos de amoníaco.

b) El número de moléculas que hay en el frasco.

$$a) pV = nRT; \quad n = \frac{(0,001/760) \text{ atm} \cdot 1 \text{ L}}{0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 300 \text{ K}} = 5,35 \cdot 10^{-8} \text{ moles de NH}_3$$

$$5,35 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{17 \text{ g NH}_3}{1 \text{ mol NH}_3} = 9,1 \cdot 10^{-7} \text{ g}$$

$$b) 9,1 \cdot 10^{-7} \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{17 \text{ g}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas/mol} = 3,2 \cdot 10^{16} \text{ moléculas}$$

## Para profundizar

42. Dos cloruros de níquel contienen, respectivamente, un 45,26% y un 35,53% de níquel.

Justifica con esos datos si se verifica la Ley de las proporciones múltiples.

$$45,26 \text{ g de Ni se combinan} \begin{cases} 54,74 \text{ g de Cl (1.º cloruro)} \\ 35,53 \text{ g Ni} \\ 64,47 \text{ g Cl} \end{cases} = \frac{45,26 \text{ g Ni}}{x \text{ g Cl}}$$

$$x = 82,12 \text{ g (2.º cloruro)}$$

$$\frac{82,12}{54,74} = 1,5 = \frac{3}{2} \text{ los cloruros serán NiCl}_2 \text{ y NiCl}_3$$

43. Un elemento puede formar tres óxidos, siendo su porcentaje en cada uno de ellos del 77,4%, 63,2% y 69,6%, respectivamente.

Comprueba que se cumple la Ley de las proporciones múltiples.

1.º óxido: 77,4 g de E se combinan con 22,6 g de O

2.º óxido: 63,2 g de E se combinan con 36,8 g de O

3.º óxido: 69,6 g de E se combinan con 30,4 g de O

Procedemos ahora como anteriormente, viendo qué cantidad de oxígeno se combina con una misma cantidad de elemento E en cada uno de los óxidos.

$$77,4 \text{ g de E se combinan} \begin{cases} 22,6 \text{ g de O en el 1.º óxido} \\ \frac{63,2 \text{ g E}}{36,8 \text{ g O}} = \frac{77,4 \text{ g E}}{x \text{ g O}} \\ x = 45,07 \text{ g de O en el 2.º óxido} \\ \frac{69,6 \text{ g E}}{30,4 \text{ g O}} = \frac{77,4 \text{ g E}}{x \text{ g O}} \\ x = 33,80 \text{ g de O en el 3.º óxido} \end{cases}$$

Comprobamos ahora la relación en la que están esas tres cantidades dividiendo por el menor:

$$\frac{22,6}{22,6} = 1 \quad \frac{45,07}{22,6} = 1,99 \quad \frac{33,8}{22,6} = 1,5$$

Multiplicando todas ellas por 2 nos sale que la relación es:

$$2:3:4 \quad \text{EO}_2; \text{EO}_3; \text{EO}_4$$

Por tanto, sí se cumple la ley de las proporciones múltiples.

44. Sabiendo que la relación de combinación entre cloro y cesio es de 2,0 gramos de cloro por cada 7,5 gramos de cesio, calcula las masas de cloro y cesio que existen en 10 gramos de CsCl.

Sabemos que se combinan 2,0 g de Cl con 7,5 g de Cs para dar 9,5 g de CsCl. Utilizando factores de conversión tenemos:

$$10 \text{ g de CsCl} \cdot \frac{2 \text{ g Cl}}{9,5 \text{ g CsCl}} = 2,1 \text{ g de Cl}$$

$$10 \text{ g de CsCl} \cdot \frac{7,5 \text{ g Cs}}{9,5 \text{ g CsCl}} = 7,9 \text{ g de Cs}$$

45. Al analizar una muestra de óxido de potasio se observa que contiene 2,57 gramos de oxígeno y 12,56 gramos de potasio. Con estos datos, calcula la masa equivalente del potasio. Datos: masa<sub>eq</sub> O = 8,00 g.

$$\frac{2,57 \text{ g O}}{12,56 \text{ g K}} = \frac{8 \text{ g Eq de O}}{x \text{ g Eq de K}}$$

de donde  $x = 39,1 \text{ g Eq del K}$

46. El azufre se combina con el oxígeno para formar dos óxidos diferentes con las siguientes proporciones: el primer óxido, 49,95 gramos de oxígeno y 50,05 gramos de azufre; en el segundo, 59,95 gramos de oxígeno y 40,05 gramos de azufre. También el azufre se combina con el hidrógeno para formar



el sulfuro de hidrógeno en la proporción de 5,87 g de H<sub>2</sub> y 94,13 g de S.

Con estos datos, calcula la masa equivalente del azufre en cada uno de los compuestos.

Datos: m<sub>eq</sub> H = 1,008 g.

$$1.^{\text{er}} \text{ óxido } \frac{49,95 \text{ g de O}}{50,05 \text{ g de S}} = \frac{8 \text{ g Eq de O}}{x \text{ g Eq de S}}$$

$$x = 8,016 \text{ g Eq del S}$$

$$2.^{\circ} \text{ óxido } \frac{59,95 \text{ g de O}}{40,05 \text{ g de S}} = \frac{8 \text{ g Eq de O}}{x \text{ g Eq de S}}$$

$$x = 5,344 \text{ g Eq del S}$$

$$3.^{\text{er}} \text{ compuesto } \frac{94,13 \text{ g de S}}{5,87 \text{ g de H}} = \frac{x \text{ g Eq de S}}{1 \text{ g Eq de H}}$$

$$x = 16,03 \text{ g Eq del S}$$

47. Demuestra que los diferentes óxidos de cloro, cuyos porcentajes de oxígeno son 18,39%, 40,34%, 52,98% y 61,20%, verifican la Ley de las proporciones múltiples.

	g de Cl	g de O
1. <sup>er</sup> óxido	81,61	18,39
2. <sup>o</sup> óxido	59,66	40,34
3. <sup>er</sup> óxido	47,02	52,98
4. <sup>o</sup> óxido	38,80	61,20

Si ahora referimos, frente a una misma cantidad de cloro, las diferentes cantidades que reaccionan de oxígeno, tendremos:

Con 1 gramo de cloro reaccionan:

$$\frac{81,61 \text{ g Cl}}{18,39 \text{ g O}} = \frac{1 \text{ g Cl}}{x \text{ g O}}$$

$$x = 0,225 \text{ g}$$

$$\frac{59,66 \text{ g Cl}}{40,34 \text{ g O}} = \frac{1 \text{ g Cl}}{x \text{ g O}}$$

$$x = 0,676 \text{ g}$$

$$\frac{47,02 \text{ g Cl}}{52,98 \text{ g O}} = \frac{1 \text{ g Cl}}{x \text{ g O}}$$

$$x = 1,126 \text{ g}$$

$$\frac{38,80 \text{ g Cl}}{61,20 \text{ g O}} = \frac{1 \text{ g Cl}}{x \text{ g O}}$$

$$x = 1,577 \text{ g}$$

$$1.^{\text{er}} \text{ óxido: } \frac{0,225}{0,225} = 1; 2.^{\circ} \text{ óxido: } \frac{0,676}{0,225} = 3$$

$$3.^{\text{er}} \text{ óxido: } \frac{1,126}{0,225} = 5; 4.^{\circ} \text{ óxido: } \frac{1,577}{0,225} = 7$$

Por tanto, comprobamos que la relación de oxígeno que reacciona con una misma cantidad de nitrógeno está en relación de números enteros sencillos.

48. Al analizar varios óxidos de nitrógeno se obtienen los siguientes porcentajes de nitrógeno:

Óxido 1: 63,64% N. Óxido 4: 30,43% N.

Óxido 2: 46,67% N. Óxido 5: 25,93% N.

Óxido 3: 36,84% N.

Comprueba si se verifica la Ley de las proporciones múltiples.

De los porcentajes de nitrógeno que nos da el problema, deducimos los gramos de oxígeno que reaccionan en cada óxido. Así:

	g de N	g de O
1. <sup>er</sup> óxido	63,64	36,36
2. <sup>o</sup> óxido	46,67	53,33
3. <sup>er</sup> óxido	36,84	63,16
4. <sup>o</sup> óxido	30,43	69,57
5. <sup>o</sup> óxido	25,93	74,07

Si ahora referimos, frente a una misma cantidad de nitrógeno, las diferentes cantidades que reaccionan de oxígeno, tendremos:

Con 1 gramo de N reaccionan:

$$\frac{63,64 \text{ g N}}{36,36 \text{ g O}} = \frac{1 \text{ g N}}{x \text{ g O}}$$

$$x = 0,571 \text{ g}$$

$$\frac{46,67 \text{ g N}}{53,33 \text{ g O}} = \frac{1 \text{ g N}}{x \text{ g O}}$$

$$x = 1,143 \text{ g}$$

$$\frac{36,84 \text{ g N}}{63,16 \text{ g O}} = \frac{1 \text{ g N}}{x \text{ g O}}$$

$$x = 1,714 \text{ g}$$

$$\frac{30,43 \text{ g N}}{69,57 \text{ g O}} = \frac{1 \text{ g N}}{x \text{ g O}}$$

$$x = 2,286 \text{ g}$$

$$\frac{25,93 \text{ g N}}{74,07 \text{ g O}} = \frac{1 \text{ g N}}{x \text{ g O}}$$

$$x = 2,856 \text{ g}$$

$$1.^{\text{er}} \text{ óxido: } \frac{0,571}{0,571} = 1; 2.^{\circ} \text{ óxido: } \frac{1,143}{0,571} = 2$$

$$3.^{\text{er}} \text{ óxido: } \frac{1,714}{0,571} = 3; 4.^{\circ} \text{ óxido: } \frac{2,286}{0,571} = 4$$



$$5.^\circ \text{ óxido: } \frac{2,856}{0,571} = 5$$

Por tanto, comprobamos que la relación de oxígeno que reacciona con una misma cantidad de nitrógeno está en relación de números enteros sencillos.

49. Tenemos, en condiciones normales, un recipiente de 750 mL lleno de nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono. Si la presión correspondiente al oxígeno es de 0,21 atm y la correspondiente al nitrógeno es de 0,77 atm, ¿cuántos moles de  $\text{CO}_2$  hay en el recipiente? ¿Y gramos de  $\text{N}_2$ ? ¿Cuál es la fracción molar del  $\text{O}_2$ ?

Aplicamos  $pV = nRT$  para calcular el número de moles totales:

$$1 \text{ atm} \cdot 0,75 \text{ L} = n \cdot 0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 273 \text{ K}; \text{ de donde } n_T = 0,033 \text{ moles}$$

A partir de la ecuación:  $p_i = \chi_i p_T$  calculamos el número de moles de  $\text{O}_2$  y del resto de sustancias.

$$\text{O}_2: 0,21 \text{ atm} = \frac{n_{\text{O}_2}}{0,033 \text{ moles}} \cdot 1 \text{ atm};$$

$$\text{de donde } n_{\text{O}_2} = 6,93 \cdot 10^{-3} \text{ moles}$$

$$\text{N}_2: 0,77 \text{ atm} = \frac{n_{\text{N}_2}}{0,033 \text{ moles}} \cdot 1 \text{ atm};$$

$$\text{de donde } n_{\text{N}_2} = 2,54 \cdot 10^{-2} \text{ moles}$$

$$\text{CO}_2: n_{\text{CO}_2} = 0,033 - (6,93 \cdot 10^{-3} + 2,54 \cdot 10^{-2}) = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ moles}$$

$$2,54 \cdot 10^{-2} \text{ moles de } \text{N}_2 \cdot \frac{28 \text{ g } \text{N}_2}{1 \text{ mol } \text{N}_2} = 0,71 \text{ g de } \text{N}_2$$

$$\chi_{\text{O}_2} = \frac{6,93 \cdot 10^{-3} \text{ moles}}{0,033 \text{ moles}} \cdot 100\% = 21\%$$

50. En un matraz cerrado de 10 litros de capacidad introducimos 20 gramos de acetona. Calentamos el recipiente a  $120^\circ\text{C}$ , con lo que desplazamos todo el aire del interior del recipiente y parte de la acetona introducida. Después de realizar esa operación, pesamos nuevamente el matraz y encontramos que existe una masa de acetona residual de 16,57 gramos. Si sabemos que la presión a la que se realiza la experiencia es de 700 mmHg, calcula la masa molecular de la acetona.

Aplicamos la ecuación de Clapeyron:

$$\frac{700}{760} \text{ atm} \cdot 10 \text{ L} = \frac{16,57 \text{ g}}{M} \cdot 0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 393 \text{ K};$$

$$M = 58 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

51. La nicotina es un alcaloide compuesto por un 74% de carbono, un 8,7% de hidrógeno y un 17,3% de nitrógeno. Calcula qué porcentaje de los átomos de nicotina son átomos de carbono.

$$\left. \begin{array}{l} \text{C: } 74/12 = 6,166 \text{ moles; } 6,166/1,23 = 5 \\ \text{H: } 8,7/1 = 8,7 \text{ moles; } 8,7/1,23 = 7,07 \\ \text{N: } 17,3/14 = 1,23 \text{ moles; } 1,23/1,23 = 1 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{C}_5\text{H}_7\text{N}$$

$$\text{C: } \frac{5}{13} \cdot 100 = 38,5\%$$

52. La densidad del aire en cn es 1,293 g/L. Determina si los siguientes compuestos son más densos que el aire:  $\text{Cl}_2$ , Ar,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$  y  $\text{C}_3\text{H}_8$ .

**Datos masas atómicas:** H = 1; Ar = 39,9; C = 12; N = 14; Cl = 35,5.

Calculamos la densidad de cada uno de ellos y comprobamos cuál de ellas es mayor de 1,29 g/L:

$$d_{\text{Cl}_2} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 71 \text{ g/mol}}{0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 273 \text{ K}} = 3,17 \text{ g L}^{-1}$$

$$d_{\text{Ar}} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 39,9 \text{ g/mol}}{0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 273 \text{ K}} = 1,78 \text{ g L}^{-1}$$

$$d_{\text{H}_2} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 2 \text{ g/mol}}{0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 273 \text{ K}} = 0,089 \text{ g L}^{-1}$$

$$d_{\text{N}_2} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 28 \text{ g/mol}}{0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 273 \text{ K}} = 1,25 \text{ g L}^{-1}$$

$$d_{\text{C}_3\text{H}_8} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 44 \text{ g/mol}}{0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 273 \text{ K}} = 1,96 \text{ g L}^{-1}$$

Las densidades del cloro gas, argón y propano son mayores que la del aire.

53. ¿Qué porcentaje de agua de cristalización contiene el sulfato de sodio hidratado ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )?

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 142 + 18 \cdot 6 = 250$$

$$\%(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18 \cdot 6}{250} \cdot 100 = 43,2\%$$

54. Determina la composición centesimal del  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

**Datos masas atómicas:** Ca = 40, P = 31 y O = 16.

$$M[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] = 310$$

$$\text{Ca: } \frac{120}{310} \cdot 100 = 38,7\%$$

$$\text{P: } \frac{62}{310} \cdot 100 = 20\%$$

$$\text{O: } \frac{128}{310} \cdot 100 = 41,3\%$$

55. Una determinada muestra de sulfato cálcico hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) se calienta para que desprenda el agua. De esta manera, 1,0 gramo de sulfato hidratado se convierte en 0,79 gramos de sulfato anhidro. Determina la fórmula del sulfato.

$$\left. \begin{array}{l} \text{CaSO}_4 \cdot n \text{H}_2\text{O} \\ M = 136 + n \cdot 18 \end{array} \right\} 1 \text{ g} \begin{cases} \rightarrow 0,21 \text{ g de } \text{H}_2\text{O} \\ \rightarrow 0,79 \text{ g de } \text{CaSO}_4 \end{cases}$$

$$\frac{0,79}{136} = \frac{0,21}{n \cdot 18}; \text{ de donde } n = 2, \text{ por tanto, } \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$



56. Una determinada cantidad de aire medida en condiciones normales ocupa un volumen de 5,0 litros. Calcula la masa molecular media relativa del aire, sabiendo que el contenido del mismo en el matraz tiene una masa de 6,43 gramos.

$$\frac{5 \text{ L}}{6,43 \text{ g}} = \frac{22,4 \text{ L/mol}}{M}; \quad M = 28,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

57. Calcula la densidad del etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) a 710 mmHg de presión y 23 °C.

$$d = \frac{p M}{R T} = \frac{(710/760) \text{ atm} \cdot 30 \text{ g/mol}}{0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 296 \text{ K}} = 1,15 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

58. Sabiendo que la densidad del aire en cn es de 1,29 g/L, calcula la masa de aire que estará contenido en un recipiente de 50 litros, teniendo en cuenta que la presión interior, cuando la temperatura es de 27 °C, es de 1,5 atm. Calcula también el número de moles de aire que tenemos.

Calculamos cuánto ocuparía en (cn) el volumen de 50 L, para posteriormente hallar los gramos de aire que hay dentro del recipiente:

$$\frac{1,5 \text{ atm} \cdot 50 \text{ L}}{300 \text{ K}} = \frac{1 \text{ atm} \cdot V}{273 \text{ K}} \quad V = 68,25 \text{ L}$$

$$\frac{1 \text{ L}}{1,29 \text{ g}} = \frac{68,25 \text{ L}}{x \text{ g}} \quad x = 88 \text{ g de aire}$$

La masa molecular del aire la podemos calcular fácilmente:

$$\frac{1 \text{ L (cn)}}{1,29 \text{ g}} = \frac{22,4 \text{ L/mol (cn)}}{M}; \quad M = 28,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$x = 88 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol de aire}}{28,8 \text{ g}} = 3,05 \text{ moles de aire}$$

59. Las partículas alfa son átomos de helio que han perdido 2 electrones. Si  $1,82 \cdot 10^{17}$  partículas producen 0,00676 mL de gas helio a  $p = 760 \text{ mmHg}$  y  $0 \text{ °C}$ , calcula el número de Avogadro.

$$\frac{1,82 \cdot 10^{17} \text{ átomos}}{6,76 \cdot 10^{-6} \text{ L}} = \frac{N.^\circ \text{ Avogadro}}{22,4 \text{ L/mol}}$$

$$N.^\circ \text{ Avogadro} = 6,03 \cdot 10^{23} \text{ átomos/mol}$$

60. La fórmula molecular de la morfina es  $\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{NO}_3$ . Calcula:

a) ¿Cuántos átomos hay en la molécula?

b) ¿Cuántos átomos de carbono hay en 10 mg de morfina?

**Datos masas atómicas:** C = 12, H = 1, N = 14 y O = 16.

$$M(\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{NO}_3) = 285$$

a) 40 átomos

b) La masa molecular de la morfina es 285. Por tanto:

$$\frac{285 \text{ g C}_{17}\text{H}_{19}\text{NO}_3}{17 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \text{ átomos de C}} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \text{ g de C}_{17}\text{H}_{19}\text{NO}_3}{x \text{ átomos de C}}$$

$$x = 3,6 \cdot 10^{20} \text{ átomos de C}$$

61. Siendo 12 la masa atómica del carbono, cuántos moles de átomos de carbono habrá en:

a) 36 g de carbono.

b) 12 uma de carbono.

c)  $12 \cdot 10^{20}$  átomos de carbono.

a)  $n = g/M = 36/12 = 3$  moles de C

b) Calculamos los gramos que tiene una uma aplicando:

$$\frac{12 \text{ g de C}}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ átomos de C}} = \frac{x \text{ g}}{1 \text{ átomo de C}}$$

$$x = 1,992 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

Una vez calculados los gramos que tiene un átomo de C, como 1 átomo de C son 12 uma, hacemos lo siguiente:

$$\frac{12 \text{ uma}}{1 \text{ átomo de C}} = \frac{12 \text{ uma}}{1,992 \cdot 10^{-23} \text{ g}} = \frac{1 \text{ uma}}{y \text{ g}}$$

$$y = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g}$$

Hemos calculado los gramos que tiene una uma, el último paso será:

$$\frac{12 \text{ g de C}}{1 \text{ mol de átomos de C}} = \frac{12 \cdot (1,66 \cdot 10^{-24}) \text{ g de C}}{x \text{ moles de átomos de C}}$$

$$\text{de donde } x = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ moles de C.}$$

c)  $\frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ átomos de C}}{1 \text{ mol}} = \frac{12 \cdot 10^{20} \text{ átomos de C}}{x \text{ moles de C}}$

$$\text{de donde } x = 1,99 \cdot 10^{-3} \text{ moles de C.}$$



## Cuestiones básicas

1. ¿Sabrías expresar la concentración expresada en % en masa de una disolución formada por 20 g de sal en 250 mL de agua?

La masa del soluto y el disolvente es de  $250 + 20 = 270$  g.

$$\% \text{ masa} = \frac{20}{270} \cdot 100\% = 7,41\%$$

2. ¿Cuál sería la concentración expresada en % en volumen de una disolución preparada con 100 mL de alcohol etílico a la que hemos añadido 300 mL de agua?

Aplicaríamos la ecuación  $\% \text{ volumen} = \frac{V \text{ (mL) de soluto}}{V \text{ (mL) disolución}} \cdot 100\%$

$$\frac{100 \text{ mL soluto}}{400 \text{ mL disolución}} \cdot 100\% = 25\%$$

3. Si el volumen final de una disolución en la que hemos mezclado 30 g de carbonato sódico en 500 mL de agua es de 503 mL, ¿cuál será la concentración de la disolución expresada en g/L?

Aplicamos la expresión  $\text{g/L} = \frac{\text{masa (g) soluto}}{V \text{ (L) disolución}}$ ;

$$\text{g/L} = \frac{30 \text{ g}}{0,503 \text{ L}} = 59,64 \text{ g/L}$$

4. ¿Cómo prepararías 500 mL de disolución de cloruro sódico 0,5 M?

Aplicaremos la expresión de la molaridad:  $M = \frac{\text{moles soluto}}{V \text{ (L) disolución}}$

$$0,5 = \frac{\text{moles soluto}}{0,5 \text{ (L) disolución}} \text{ de donde los moles de soluto serán}$$

$0,5 \cdot 0,5 = 0,25$  moles de NaCl; como conocemos sus masas atómicas, calculamos la masa molecular del cloruro sódico:  $35,5 + 35,5 = 71$ .

Es decir, un mol de NaCl es equivalente a 71 gramos de dicha sal; por tanto,  $0,25 \text{ moles} \cdot 71 \text{ g/mol} = 17,75$  gramos de NaCl.

Añadiremos 17,75 gramos de NaCl en un matraz de 500 mL y a continuación añadiremos agua, agitando de forma continua, hasta enrasar el matraz a 500 mL.

5. Cuando el sodio reacciona con agua se obtiene hidróxido sódico e hidrógeno. Calcula:

a) ¿Qué masa de sodio podrá reaccionar con 100 mL de agua?

b) ¿Cuántas moléculas de  $\text{H}_2$  se obtendrán?

La ecuación ajustada será:  $2 \text{ Na} + 2 \text{ H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{ NaOH} + 2 \text{ H}_2$

De la ecuación ajustada se deduce que 2 moles de Na necesitan para reaccionar 2 moles de agua; como la densidad del agua es de  $1 \text{ g/cm}^3$  tenemos:

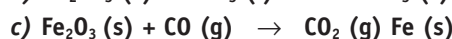
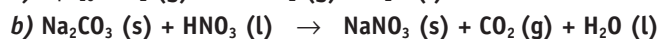
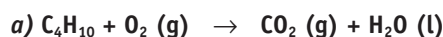
$$\begin{aligned} \text{a) } & 100 \text{ g de H}_2\text{O} \cdot \frac{1 \text{ mol de H}_2\text{O}}{18 \text{ g de H}_2\text{O}} \cdot \frac{2 \text{ moles de Na}}{2 \text{ moles de H}_2\text{O}} \\ & \cdot \frac{23 \text{ g de Na}}{1 \text{ mol de Na}} = 127,8 \text{ g de Na} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } & \text{Los } 127,8 \text{ gramos de Na se corresponden con } \frac{127,8}{23} = \\ & = 5,555 \text{ moles de Na} \end{aligned}$$

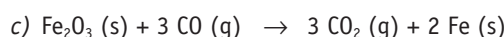
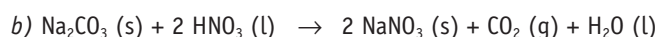
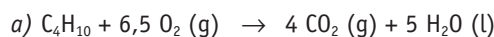
Por tanto:

$$\begin{aligned} & 5,555 \text{ moles de Na} \cdot \frac{2 \text{ moles de H}_2}{2 \text{ moles de Na}} \cdot \\ & \cdot \frac{6,022 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de H}_2}{1 \text{ mol de H}_2} = 3,3 \cdot 10^{24} \text{ moléculas de H}_2 \end{aligned}$$

6. Ajusta las siguientes ecuaciones químicas:



En la reacción a), si se queman 190 g de butano, calcula cuántos gramos de oxígeno se necesitan para tener una combustión completa. ¿Cuántos moles de dióxido de carbono se formarán?



$$\begin{aligned} 190 \text{ g C}_4\text{H}_{10} & \cdot \frac{1 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}}{58 \text{ g C}_4\text{H}_{10}} \cdot \frac{6,5 \text{ moles de O}_2}{1 \text{ mol de C}_4\text{H}_{10}} \cdot \frac{32 \text{ g de O}_2}{1 \text{ mol de O}_2} = \\ & = 681,38 \text{ g de O}_2 \end{aligned}$$

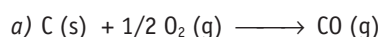
$$\begin{aligned} 190 \text{ g C}_4\text{H}_{10} & \cdot \frac{1 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}}{58 \text{ g C}_4\text{H}_{10}} \cdot \frac{4 \text{ moles de CO}_2}{1 \text{ mol de C}_4\text{H}_{10}} = \\ & = 13,2 \text{ moles de CO}_2 \end{aligned}$$

7. En los lugares mal ventilados, la combustión del carbón C (s) supone la combinación con el oxígeno  $\text{O}_2$  (g) atmosférico, y se forma un gas muy venenoso llamado monóxido de carbono CO (g).

a) Escribe y ajusta la ecuación química correspondiente.

b) Suponiendo que el carbón fuese carbono puro, ¿qué cantidad de oxígeno se necesita para que se produzca la reacción de combustión de 500 kg de carbón?

c) ¿Cuántas moléculas de monóxido de carbono se forman?



b) De la ecuación ajustada se deduce:

$$\begin{aligned} 500 \cdot 10^3 \text{ g de C} & \cdot \frac{1 \text{ mol de C}}{12 \text{ g de C}} \cdot \frac{0,5 \text{ moles de O}_2}{1 \text{ mol de C}} \cdot \\ & \cdot \frac{32 \text{ g de O}_2}{1 \text{ mol de O}_2} = 666,6 \cdot 10^3 \text{ g de O}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) } & 500 \cdot 10^3 \text{ g de C} \cdot \frac{1 \text{ mol de C}}{12 \text{ g de C}} \cdot \frac{1 \text{ mol de CO}}{1 \text{ mol de C}} \cdot \\ & \cdot \frac{6,022 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de CO}}{1 \text{ mol de CO}} = \\ & = 2,51 \cdot 10^{25} \text{ moléculas de CO} \end{aligned}$$





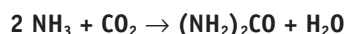
## ■ Actividades

1. El óxido de níquel (III) reacciona con aluminio para formar óxido de aluminio y níquel. Utilizando factores de conversión, calcula los gramos de níquel que se obtendrían si utilizásemos 100 gramos de  $\text{Ni}_2\text{O}_3$  y una cantidad de aluminio suficiente para que reaccionen todos los gramos de óxido de níquel (III).

La reacción ajustada es  $\text{Ni}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2 \text{Ni}$

$$100 \text{ g Ni}_2\text{O}_3 \cdot \frac{2 \cdot 58,7 \text{ g Ni}}{165,4 \text{ g Ni}_2\text{O}_3} = 71,0 \text{ g de Ni}$$

2. La urea se puede obtener haciendo reaccionar amoníaco en presencia de dióxido de carbono según la reacción:



Si hacemos reaccionar 100 g de  $\text{NH}_3$  con 200 g de  $\text{CO}_2$ :

- ¿Cuál de los dos es el reactivo limitante y cuál el excedente?
- ¿Cuántos gramos de urea se obtienen supuesto un rendimiento del 80%?
- ¿Cuántos gramos del reactivo excedente quedan sin reaccionar?

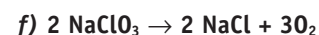
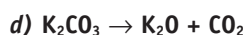
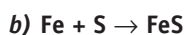
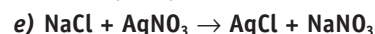
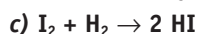
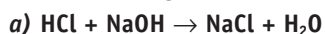
Realiza los cálculos usando factores de conversión exclusivamente.

- a) La reacción ajustada es  $2 \text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow (\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$

$$100 \text{ g NH}_3 \cdot \frac{44 \text{ g de CO}_2}{2 \cdot 17 \text{ g de NH}_3} = 129,4 \text{ g de CO}_2$$

Como de  $\text{CO}_2$  tenemos 200 g y sólo nos hacen falta 129,4, el  $\text{NH}_3$  es el reactivo limitante y el  $\text{CO}_2$  es el excedente.

5. Clasifica las siguientes reacciones en los tres tipos establecidos y nombra las diferentes sustancias que aparecen:



b)  $100 \text{ g NH}_3 \cdot \frac{60 \text{ g de } (\text{NH}_2)_2\text{CO}}{2 \cdot 17 \text{ g NH}_3} = 176,5 \text{ g de urea}$

Como el rendimiento es del 80% obtendremos menos:

$$176,5 \text{ g de urea teóricos} \cdot \frac{80 \text{ g reales}}{100 \text{ g teóricos}} = 141 \text{ g de urea}$$

c)  $200 \text{ g de CO}_2 - 129,4 = 70,6 \text{ g de CO}_2$

3. ¿A qué crees tú que es debido el que los pequeños laboratorios que venden en las tiendas de juguetes presenten los reactivos en forma sólida?

A que los productos en estado sólido son menos reactivos. De esa manera se evitan reacciones explosivas que se producen como consecuencia de una equivocada manipulación de las sustancias químicas.

4. Calcula la fracción molar de cada uno de los componentes de una disolución que se ha preparado mezclando 90 gramos de alcohol etílico ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) y 110 gramos de agua.

$$\chi_{\text{alcohol}} = \frac{\frac{90}{46} \text{ moles alcohol}}{\left(\frac{90}{46} + \frac{110}{18}\right) \text{ moles totales}} = 0,24$$

$$\chi_{\text{agua}} = \frac{\frac{110}{18} \text{ moles agua}}{\left(\frac{90}{46} + \frac{110}{18}\right) \text{ moles totales}} = 0,76$$

	Partícula intercambiada	Estructural
a) $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ cloruro de hidrógeno + hidróxido de sodio $\rightarrow$ cloruro de sodio + agua	Ácido-base	Sustitución
b) $\text{Fe} + \text{S} \rightarrow \text{FeS}$ hierro + azufre $\rightarrow$ sulfuro de hierro (II)	Red-ox	Combinación
c) $\text{I}_2 + \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{HI}$ yodo + hidrógeno $\rightarrow$ ioduro de hidrógeno	Red-ox	Combinación
d) $\text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{O} + \text{CO}_2$ trioxocarbonato (IV) de potasio [carbonato potásico] $\rightarrow$ óxido de potasio + dióxido de carbono	Transferencia de iones	Descomposición
e) $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$ cloruro sódico + nitrato de plata $\rightarrow$ cloruro de plata + nitrato sódico	Transferencia de iones	Sustitución
f) $2 \text{NaClO}_3 \rightarrow 2 \text{NaCl} + 3\text{O}_2$ clorato sódico $\rightarrow$ cloruro sódico + oxígeno	Red-ox	Descomposición

## 6. Completa y ajusta las siguientes reacciones ácido-base:

- a)  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} \longrightarrow$   
 b)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow$   
 c)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{HCl} \longrightarrow$   
 d)  $\text{H}_2\text{S} + \text{KOH} \longrightarrow$

- a)  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$   
 b)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$   
 c)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$   
 d)  $\text{H}_2\text{S} + 2 \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{S} + 2 \text{H}_2\text{O}$

7. Según los datos de las reacciones anteriores, explica de forma razonada cuáles serán las especies más estables: el  $\text{NH}_3$  o sus elementos constituyentes por separado ( $\text{N}_2$  e  $\text{H}_2$ ).

El amoníaco, cuando se forma, tiene menos contenido energético que los productos de los que procede ya que desprende energía. Por ello cabe pensar que es más estable.

## Problemas propuestos

### Para afianzar

## 1. Ajusta las siguientes reacciones químicas:

- a)  $\text{CO} + \text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{OH}$   
 b)  $\text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$   
 c)  $\text{NaHCO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 d)  $\text{HCl} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$   
 e)  $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 f) Carbonato cálcico + ácido clorhídrico  $\rightarrow$  cloruro cálcico + dióxido de carbono + agua.

- a)  $\text{CO} + 2 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$   
 b)  $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$   
 c)  $2 \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 d)  $2 \text{HCl} + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$   
 e)  $\text{C}_2\text{H}_4 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$   
 f)  $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

## 2. Calcula la fracción molar de agua y alcohol etílico en una disolución preparada agregando 50 g de alcohol etílico y 100 g de agua.

$$\left. \begin{aligned} n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) &= 50/46 = 1,09 \\ n(\text{H}_2\text{O}) &= 100/18 = 5,56 \end{aligned} \right\} n_T = 1,09 + 5,56 = 6,65$$

$$\chi_{\text{alcohol}} = 1,09/6,65 = 0,16$$

$$\chi_{\text{agua}} = 5,56/6,65 = 0,84$$

## 3. Una disolución de hidróxido sódico en agua que contiene un 25% de hidróxido tiene una densidad de 1,25 g/mL. Calcula su molaridad y su normalidad.

Tomamos 1 litro de la disolución:

$$1000 \text{ mL disolución} \cdot \frac{1,25 \text{ g disolución}}{1 \text{ mL disolución}} \cdot \frac{25 \text{ g NaOH}}{100 \text{ g disolución}} \cdot \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} = 7,8 \text{ M}$$

$$N = M \cdot a = 7,8 \cdot 1 = 7,8 \text{ N}$$

a vale 1.

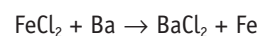
## 4. El cloruro de hierro (II) reacciona con el bario para dar cloruro de bario y hierro, según la reacción:



Si se hacen reaccionar 50 g de  $\text{FeCl}_2$  con 25 g de bario, calcula:

- a) ¿Cuál de los reactivos es el limitante?  
 b) ¿Cuántos gramos de hierro se obtienen?  
 c) ¿Cuántos moles de cloruro de bario se obtienen?

La ecuación ajustada es:



- a) Necesitaría 50 g  $\text{FeCl}_2 \cdot \frac{137,3 \text{ g Ba}}{127 \text{ g FeCl}_2} = 54,05 \text{ g Ba}$

y como sólo tenemos 25 g Ba:

$$25 \text{ g de Ba} \cdot \frac{127 \text{ g FeCl}_2}{137,4 \text{ g Ba}} = 23,12 \text{ g FeCl}_2$$

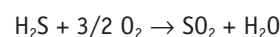
El reactivo limitante es el Ba.

- b)  $25 \text{ g Ba} \cdot \frac{56 \text{ g Fe}}{137,3 \text{ g Ba}} = 10,2 \text{ g de Fe}$   
 c)  $25 \text{ g Ba} \cdot \frac{1 \text{ mol Ba}}{137,3 \text{ g Ba}} \cdot \frac{1 \text{ mol BaCl}_2}{1 \text{ mol Ba}} = 0,18 \text{ moles de BaCl}_2$

## 5. Veinte litros de sulfuro de hidrógeno se queman en presencia de oxígeno para dar dióxido de azufre (II) y agua.

- a) Escribe la reacción ajustada.  
 b) Determina el volumen de oxígeno, medido a 0 °C y 760 mmHg, necesario para quemar los 20 L de  $\text{H}_2\text{S}$ .

a) La reacción ajustada es:



b) Como estamos en cn aplicamos directamente:

$$20 \text{ L H}_2\text{S} \cdot \frac{\frac{3}{2} \cdot 22,4 \text{ L O}_2}{22,4 \text{ L H}_2\text{S}} = 30 \text{ L de O}_2$$

## 6. Se descomponen por el calor 30,0 kg de carbonato cálcico. Calcula:

- a) La masa de óxido de calcio que se obtiene.  
 b) La masa de óxido de calcio que se obtendría si el rendimiento fuera del 80%.  
 c) El volumen que ocupará el dióxido de carbono obtenido medido a 127 °C y 1 atm de presión.

La ecuación ajustada es  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$



a)  $30 \cdot 10^3 \text{ g de CaCO}_3 \cdot \frac{56 \text{ g CaO}}{100 \text{ g CaCO}_3} = 16800 \text{ g CaO} = 16,8 \text{ kg}$

b)  $16,8 \cdot \frac{80}{100} = 13,44 \text{ kg}$

c) No es necesario calcular los gramos, sino únicamente el número de moles, que es lo que luego necesitas en la ecuación de Clapeyron:

$$30000 \text{ g de CaCO}_3 \cdot \frac{1 \text{ mol CO}_2/1 \text{ mol CaCO}_3}{100 \text{ g/mol CaCO}_3} = 300 \text{ mol de CO}_2$$

$$V = \frac{n R T}{p} = \frac{300 \cdot 0,082 \cdot 400}{1} = 9840 \text{ L} = 9,84 \text{ m}^3$$

7. ¿Cuántos gramos por litro de hidróxido sódico hay en una disolución 0,6 N?

Una disolución de NaOH 0,6 N quiere decir que existen 0,6 equivalentes de NaOH por litro de disolución, por tanto y aplicando la definición de equivalente:

$$\text{eq-g} = \frac{m}{M_{\text{eq}}} = \frac{m \cdot a}{M_m}; m = \frac{\text{eq-g} \cdot M_m}{a} = \frac{0,6 \cdot 40}{1} = 24 \text{ g}$$

8. ¿Cuántos mililitros de una disolución 0,2 M de ácido sulfúrico se necesitarán para neutralizar completamente 25 mL de una disolución 0,14 M de Fe(OH)<sub>3</sub>?

Pasamos la molaridad a normalidad y tenemos:

$$\text{H}_2\text{SO}_4: N = M \cdot a = 0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ N}$$

$$\text{Fe(OH)}_3: N = M \cdot a = 0,14 \cdot 3 = 0,42 \text{ N}$$

$$V_a N_a = V_b N_b; V_a \cdot 0,4 = 25 \cdot 0,42; V_a = 26,25 \text{ mL}$$

9. ¿Cuántos gramos de oxígeno habrá en 0,5 moles de fosfato cálcico, Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>?

Datos de las masas atómicas: Véase SP.

$$0,5 \text{ moles de Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \frac{310 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2}{1 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2} \cdot \frac{128 \text{ g O}_2}{310 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = 64 \text{ g de O}_2$$

10. ¿Qué masa de HCl habrá en 100 mL de una disolución de ese ácido en la que existen las siguientes indicaciones:  $d = 1,17 \text{ g/mL}$ ;  $\rho = 36,6\%$  en masa?

$$100 \text{ mL disol} \cdot \frac{1,17 \text{ g disol}}{1 \text{ mL disol}} \cdot \frac{36,6 \text{ g HCl}}{100 \text{ g disol}} = 42,8 \text{ g de HCl}$$

11. Escribe el factor de conversión que utilizarías para calcular:

a) Los gramos de cloro que hay en 2,5 moles de dicho gas.

b) Los moles de cloro que existen en 5 litros de dicho gas medidos a 20 °C y 1 atm de presión.

a)  $2,5 \text{ moles de Cl}_2 \cdot \frac{71 \text{ g Cl}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} = 177,5 \text{ g de cloro}$

b) Sabemos que 1 mol de Cl<sub>2</sub> en cn son 22,4 L; calculamos el volumen de 1 mol de Cl<sub>2</sub> en las condiciones de trabajo aplicando:

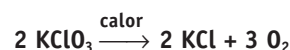
$$\frac{1 \text{ atm} \cdot 22,4 \text{ L}}{273 \text{ K}} = \frac{1 \text{ atm} \cdot V}{293 \text{ K}}; \text{ de donde } V = 24 \text{ L}$$

Así pues, el factor de conversión que aplicamos es:

$$5 \text{ L de Cl}_2 (20 \text{ °C}, 1 \text{ atm}) \cdot \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{24 \text{ L Cl}_2 (20 \text{ °C}, 1 \text{ atm})} = 0,21 \text{ moles de Cl}_2$$

## Para repasar

12. Al descomponerse por la acción del calor el clorato potásico, se obtiene cloruro potásico y oxígeno, según la reacción:



Calcula:

a) El volumen de oxígeno que podemos obtener a partir de 100 gramos de clorato potásico, sabiendo que la presión es de 700 mmHg y la  $T = 23 \text{ °C}$ .

b) Los gramos de KCl obtenidos.

Datos de las masas atómicas: Véase SP.

La ecuación ajustada es:  $2 \text{ KClO}_3 \rightarrow 2 \text{ KCl} + 3 \text{ O}_2$

a)  $100 \text{ g de KClO}_3 \cdot \frac{3 \cdot 32 \text{ g O}_2}{2 \cdot 122,5 \text{ g KClO}_3} = 39,2 \text{ g O}_2$

Aplicamos  $p V = n R T$ ;  $V = 39,2/32 \text{ moles} \cdot$

$$\cdot 0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 296 \text{ K} \cdot 760/700 \text{ atm}^{-1} = 32,3 \text{ L de O}_2$$

b)  $100 \text{ g de KClO}_3 \cdot \frac{2 \cdot 74,5 \text{ g KCl}}{2 \cdot 122,5 \text{ g KClO}_3} = 60,8 \text{ g KCl}$

13. Un ácido sulfúrico diluido tiene una densidad de 1,10 g/mL y una riqueza del 65%. Calcula:

a) La molaridad y la normalidad de la disolución.

b) El volumen de dicha disolución necesario para neutralizar un mol de KOH.

Tomamos 1 L de la disolución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:

a)  $1000 \text{ mL disol de H}_2\text{SO}_4 \cdot \frac{1,10 \text{ g disol}}{1 \text{ mL disol}} \cdot \frac{65 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{100 \text{ g disol}} \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4} = 7,3 \text{ mol}; 7,3 \text{ M}$

$$N = M \cdot a = 7,3 \cdot 2 = 14,6 \text{ N}$$

b) n.º eq de ácido = n.º eq de base

1 mol de KOH = 1 eq de KOH. Por tanto:

$$V_a \cdot 14,6 = 1; V_a = \frac{1 \text{ eq}}{14,6 \text{ eq/L}} = 0,0685 \text{ L} = 68,5 \text{ mL}$$

14. La sosa cáustica comercial (NaOH) viene impurificada con cloruro sódico. Si al analizarla se comprueba que 10 mL de una disolución preparada disolviendo 30 gramos de la muestra en 1 L de disolución ha gastado 14 mL de HCl 0,5 M, calcula la pureza de la muestra comercial.

$$V_a N_a = V_b N_b; N_b = \frac{14 \cdot 0,5}{10} = 0,7 \text{ N}$$

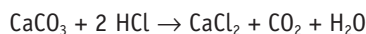
$$\frac{0,7 \text{ eq/mol}}{\text{L}} = \frac{m \text{ de NaOH} \cdot 1}{40 \text{ g/mol} \cdot 1 \text{ L}}$$

$m$  de NaOH = 28 g, como se han pesado 30 g quiere decir que 2 g son de impurezas, por tanto:

$$\frac{28}{30} \cdot 100\% = 93,3\%$$

15. ¿Qué masa de caliza (CaCO<sub>3</sub>) podrá reaccionar con los 100 mL de una de HCl 11,7 M?

La reacción ajustada es:



$$0,1 \text{ L disol} \cdot \frac{11,7 \text{ moles HCl}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{2 \text{ moles HCl}} \cdot \frac{100 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 58,5 \text{ g CaCO}_3$$

16. Calcula los gramos de hidróxido sódico comercial de un 85 % de riqueza en masa que harán falta para preparar 250 mL de una disolución de NaOH 0,5 M.

$$0,25 \text{ L disol} \cdot \frac{0,5 \text{ moles NaOH}}{1 \text{ L disol}}$$

$$\cdot \frac{40 \text{ g NaOH puros}}{1 \text{ mol NaOH}} \cdot \frac{100 \text{ g NaOH comercial}}{85 \text{ g NaOH puros}} = 5,9 \text{ g NaOH}$$

17. La sosa cáustica (NaOH) se prepara comercialmente mediante la reacción de carbonato sódico con cal apagada, Ca(OH)<sub>2</sub>.

a) ¿Cuántos gramos de NaOH se pueden obtener tratando 1 kg de carbonato sódico con cal apagada?

b) Si el rendimiento del proceso fuera del 80 %, ¿qué cantidad de carbonato sódico sería necesaria para obtener la misma cantidad de NaOH?

$$a) 1000 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \cdot \frac{2 \cdot 40 \text{ g NaOH}}{106 \text{ g Na}_2\text{CO}_3} = 755 \text{ g de NaOH}$$

$$b) 1000 \text{ g puros Na}_2\text{CO}_3 \cdot \frac{100 \text{ g totales de Na}_2\text{CO}_3}{80 \text{ g de Na}_2\text{CO}_3 \text{ puros}} = 1250 \text{ g}$$

18. Una disolución de ácido sulfúrico está formada por 12 g de ácido y 19,2 g de agua, ocupando un volumen de 27 mL. Calcula la densidad de la disolución, la concentración centesimal, la molaridad y la molalidad.

$$m_{\text{total}} = 12 + 19,2 = 31,2 \text{ g}; d = \frac{m}{V} = \frac{31,2 \text{ g}}{27 \text{ mL}} = 1,16 \text{ g/mL}$$

$$\% \text{ masa} = \frac{12}{31,2} \cdot 100\% = 38,5\%$$

$$M = \frac{\frac{12 \text{ g}}{98 \text{ g/mol}}}{0,027 \text{ L}} = 4,5 \text{ M}$$

$$m = \frac{n.^\circ \text{ moles soluto}}{\text{kg disolvente}} = \frac{12/98}{0,0192} = 6,4 \text{ moles/kg}$$

19. El ácido nítrico concentrado reacciona con el cobre para formar nitrato de cobre (II), dióxido de nitrógeno y agua. La ecuación ajustada es:



Calcula:

a) ¿Cuántos mL de una disolución de HNO<sub>3</sub> del 90 % de riqueza en masa y 1,4 g/mL de densidad se necesitan para que reaccionen 5 g de cobre?

b) ¿Qué volumen de NO<sub>2</sub>, medido a 20 °C y 670 mmHg de presión, se formará?

$$a) 5 \text{ g de Cu} \cdot \frac{4 \cdot 63 \text{ g HNO}_3}{63,5 \text{ g Cu}} \cdot \frac{100 \text{ g disol}}{90 \text{ g HNO}_3} \cdot \frac{1 \text{ mL disol}}{1,4 \text{ g disol}} = 16 \text{ mL disolución}$$

$$b) 5 \text{ g de Cu} \cdot \frac{1 \text{ mol Cu}}{63,5 \text{ g}} \cdot \frac{2 \text{ mol NO}_2}{1 \text{ mol Cu}} = 0,158 \text{ mol NO}_2$$

$$V = \frac{0,158 \cdot 0,082 \cdot 293}{(670/760)} = 4,3 \text{ L}$$

20. El cinc reacciona con ácido sulfúrico para dar sulfato de cinc e hidrógeno. Calcula:

a) ¿Qué cantidad de ZnSO<sub>4</sub> se obtendrá al reaccionar 50 gramos de Zn con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en exceso?

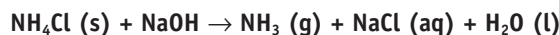
b) ¿Qué volumen de H<sub>2</sub> se obtendrá con los 50 g de Zn si la reacción tiene lugar a 710 mmHg de presión y 20 °C de temperatura?

$$a) 50 \text{ g Zn} \cdot \frac{161,4 \text{ g/mol ZnSO}_4}{65,4 \text{ g/mol Zn}} = 123 \text{ g ZnSO}_4$$

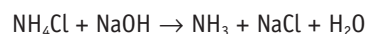
$$b) 50 \text{ g Zn} \cdot \frac{2 \text{ g H}_2}{65,4 \text{ g Zn}} = 1,53 \text{ g H}_2$$

$$V = \frac{\frac{1,53}{2} \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot 293 \text{ K}}{\frac{710}{760} \text{ atm}} = 19,7 \text{ L de H}_2$$

21. El amoníaco se puede obtener haciendo reaccionar NaOH con cloruro amónico:



¿Cuántos gramos de una muestra de cloruro amónico con un 20 % de impureza serán necesarios para obtener 1 litro de amoníaco medido a 20 °C y 700 mmHg?





El litro de  $\text{NH}_3$  medido en cn es:

$$\frac{700}{760} \text{ atm} \cdot 1 \text{ L} = \frac{m}{17 \text{ g/mol}} \cdot 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 293 \text{ K}$$

de donde  $m = 0,65 \text{ g}$  de  $\text{NH}_3$

$$0,65 \text{ g de NH}_3 \cdot \frac{53,5 \text{ g NH}_4\text{Cl puros}}{17 \text{ g NH}_3} \cdot \frac{100 \text{ g muestra}}{80 \text{ g puros}} = 2,56 \text{ g de muestra de NH}_4\text{Cl}$$

22. En la etiqueta de un frasco de HCl dice: Densidad, 1,19 g/mL; Riqueza, 37,1% en peso. Calcula:

- La masa de 1 L de esta disolución.
- Concentración del ácido en g/L.
- Molaridad del ácido.

Tomamos 1 L

$$a) m = V d; m = 1000 \text{ mL} \cdot 1,19 \text{ g/mL} = 1190 \text{ g disolución}$$

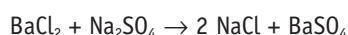
$$b) 1190 \text{ g disolución} \cdot \frac{37,1 \text{ g HCl}}{100 \text{ g disol}} = 441,5 \text{ g de HCl}; 441,5 \text{ g/L}$$

$$c) M = \frac{441,5}{36,5 \cdot 1} = 12,09 \text{ M}$$

23. Se ponen a reaccionar 100 gramos de  $\text{BaCl}_2$  con 115 gramos de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  para dar cloruro sódico y sulfato de bario. Calcula:

- ¿Qué sustancia actúa de reactivo limitante?
- ¿Cuántos gramos de NaCl se pueden preparar?

La ecuación ajustada es:



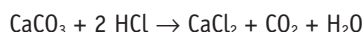
$$a) 100 \text{ g BaCl}_2 \cdot \frac{142 \text{ g Na}_2\text{SO}_4}{208,3 \text{ g BaCl}_2} = 68,2 \text{ g de Na}_2\text{SO}_4$$

como hay 115 de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , el  $\text{BaCl}_2$  es el reactivo limitante, y sobran  $115 - 68,2 = 46,8 \text{ g}$  de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

$$b) 100 \text{ g BaCl}_2 \cdot \frac{2 \cdot 58,5 \text{ g/mol de NaCl}}{208,3 \text{ g/mol BaCl}_2} = 56,2 \text{ g de NaCl}$$

24. Calcula la cantidad de caliza con un 85% de riqueza que podrá reaccionar con 200 mL de HCl 1 M.

La ecuación ajustada es:



$$0,2 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ mol HCl}}{1 \text{ L disolución}} \cdot \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{2 \text{ mol HCl}} \cdot 100 \text{ g/mol CaCO}_3 \cdot$$

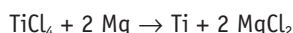
$$\cdot \frac{100 \text{ g caliza}}{85 \text{ g CaCO}_3} = 11,76 \text{ g caliza}$$

25. El cloruro de titanio (IV) reacciona con el magnesio para dar cloruro de magnesio y titanio metal según la reacción  $\text{TiCl}_4 + 2 \text{ Mg} \rightarrow \text{Ti} + 2 \text{ MgCl}_2$ . Si se ponen a reaccionar 15 gramos de cloruro de titanio y 7 gramos de magnesio, calcula:

a) ¿Cuál es el reactivo limitante?

b) ¿Cuántos gramos de titanio se obtienen?

La ecuación ajustada es:



$$a) 15 \text{ g TiCl}_4 \cdot \frac{2 \cdot 24,3 \text{ g Mg}}{189,9 \text{ g TiCl}_4} = 3,84 \text{ g de Mg}$$

como hay 7 g de Mg, el reactivo limitante será el  $\text{TiCl}_4$

$$b) 15 \text{ g TiCl}_4 \cdot \frac{47,9 \text{ g Ti}}{189,9 \text{ g TiCl}_4} = 3,78 \text{ g de Ti}$$

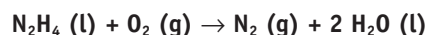
26. Calcula la molaridad de un ácido clorhídrico en cuya etiqueta pone: densidad 1,2 g/mL y riqueza 37% en masa. ¿Qué masa de HCl habrá en 100 mL de la disolución anterior?

$$1 \text{ L de ácido} \cdot \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{1,2 \text{ g totales}}{1 \text{ mL de ácido}} \cdot \frac{37 \text{ g HCl}}{100 \text{ g totales}} \cdot \frac{1 \text{ mol de HCl}}{36,5 \text{ g HCl}} = 12,2 \text{ moles de HCl}$$

Por lo tanto, la concentración será 12,2 M.

$$100 \text{ mL} \cdot \frac{1,2 \text{ g totales}}{1 \text{ mL de ácido}} \cdot \frac{37 \text{ g HCl}}{100 \text{ g totales}} = 44,4 \text{ g de HCl}$$

27. La hidracina,  $\text{N}_2\text{H}_4$ , se utiliza como combustible de muchos cohetes debido a la gran cantidad de energía que se desprende al reaccionar con el oxígeno según la reacción:



En el depósito de un cohete se ponen 20 kg de hidracina. ¿Qué cantidad de oxígeno se deberá transportar para garantizar que se consuma toda la hidracina?

La ecuación ajustada es:



$$20000 \text{ g N}_2\text{H}_4 \cdot \frac{32 \text{ g O}_2}{32 \text{ g N}_2\text{H}_4} = 20000 \text{ g de O}_2$$

## Para profundizar

28. Se hace reaccionar ácido sulfúrico y cobre metálico, obteniéndose sulfato cúprico, dióxido de azufre y agua. Ajusta la reacción química y calcula la cantidad de cobre necesaria para obtener 150 g de sulfato cúprico.

Masas atómicas: S = 32, O = 16, H = 1, Cu = 63,5.

La ecuación ajustada es:



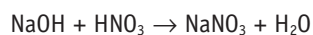
$$150 \text{ g de CuSO}_4 \cdot \frac{63,5 \text{ g Cu}}{159,5 \text{ g CuSO}_4} = 59,7 \text{ g de Cu}$$

29. Se disuelve hidróxido sódico en agua y se llena el recipiente hasta la señal de 250 mL. Se toman 50 cm<sup>3</sup> de esta disolución y se comprueba que reaccionan exactamente

con 5 g de ácido nítrico puro. ¿Qué cantidad de hidróxido sódico había en la muestra de 50 cm<sup>3</sup>? ¿Y en el recipiente de 250 mL?

**Masas atómicas:** Na = 23, O = 16, N = 14 y H = 1.

La ecuación ajustada es:

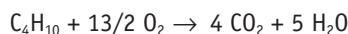
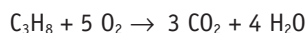


$$5 \text{ g HNO}_3 \cdot \frac{40 \text{ g NaOH}}{63 \text{ g HNO}_3} = 3,17 \text{ g de NaOH}$$

$$\frac{3,17 \text{ g NaOH}}{50 \text{ cm}^3} \cdot 250 \text{ cm}^3 = 15,87 \text{ g de NaOH}$$

30. Se tienen 18 gramos de una mezcla de propano y butano cuya proporción en masa es de 2:1. Calcula el volumen de CO<sub>2</sub> obtenido al quemarlos medido a 40 °C y 740 mmHg.

[C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> + C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>] 18 g en proporción 2:1 ⇒ 12 g de C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> y 6 g de C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>



$$12 \text{ g de C}_3\text{H}_8 \cdot \frac{3 \text{ mol CO}_2}{\frac{44 \text{ g}}{\text{mol C}_3\text{H}_8}} = 0,82 \text{ mol CO}_2$$

$$6 \text{ g de C}_4\text{H}_{10} \cdot \frac{4 \text{ mol CO}_2}{\frac{58 \text{ g}}{\text{mol C}_4\text{H}_{10}}} = 0,41 \text{ mol CO}_2$$

CO<sub>2</sub> total = 1,23 moles

$$V = \frac{1,23 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 313 \text{ K}}{(740/760) \text{ atm}} = 32,5 \text{ L de CO}_2$$

31. El ácido clorhídrico comercial se prepara calentando cloruro sódico con ácido sulfúrico concentrado.

Calcula la cantidad de ácido sulfúrico concentrado al 90% en masa necesario para obtener 15 kg de HCl al 30% en masa.

Para preparar 15 kg de HCl al 30% de riqueza en masa nos hace falta preparar:

$$15 \cdot 30/100 = 4,5 \text{ kg de HCl puros}$$

Y por tanto, nos harán falta los siguientes gramos de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:

$$4,5 \cdot 10^3 \text{ g de HCl puros} \cdot \frac{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \text{ puros}}{2 \cdot 36,5 \text{ g HCl puros}} = 6041,1 \text{ g de H}_2\text{SO}_4 \text{ puros}$$

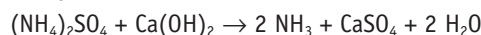
Como tenemos sulfúrico al 90%:

$$6041,1 \cdot \frac{100}{90} = 6712,3 \text{ g} = 6,7 \text{ kg de H}_2\text{SO}_4 \text{ al } 90\%$$

32. Para calcular la pureza de un sulfato amónico se hace reaccionar 50 gramos del mismo con un exceso de hidróxido cálcico;

después de producirse la reacción se desprenden 2,5 L de amoníaco medidos a 710 mmHg de presión y 23 °C de temperatura. ¿Qué porcentaje de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hay en la muestra?

La ecuación ajustada es:



$$50 \text{ g de } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \frac{2 \cdot 17 \text{ g NH}_3}{132 \text{ g } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = 12,9 \text{ g de NH}_3$$

Los 2,5 L de NH<sub>3</sub> obtenidos equivalen a:

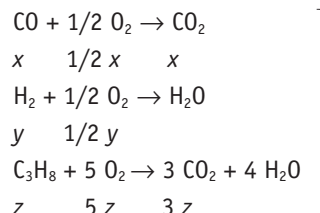
$$m = \frac{\frac{710}{760} \text{ atm} \cdot 2,5 \text{ L} \cdot 17 \text{ g/mol}}{0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 296 \text{ K}} = 1,64 \text{ g de NH}_3$$

Deberíamos haber obtenido, según la reacción, 12,9 g de NH<sub>3</sub> pero sólo hemos obtenido 1,64 g; por tanto:

$$\frac{1,64}{12,9} \cdot 100\% = 12,7\%$$

33. Se tienen 100 mL de una mezcla formada por monóxido de carbono, hidrógeno y propano y se hacen combustionar con 75 mL de oxígeno; después de reaccionar nos queda una mezcla de gases formada por CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en exceso, ya que el H<sub>2</sub>O formada se ha condensado. Sabiendo que el volumen total de los gases de la mezcla es de 50 mL y que el 80% de la misma es CO<sub>2</sub>, calcula la composición de la mezcla inicial.

Tenemos las siguientes reacciones:



Al final quedan 50 mL de todos los gases:

$$50 \cdot 0,8 = 40 \text{ mL de CO}_2$$

El resto = 10 mL serán de O<sub>2</sub>.

Por tanto han reaccionado 65 mL de O<sub>2</sub>.

Las ecuaciones que salen, por tanto, son:

$$\left. \begin{array}{l} x + y + z = 100 \\ x + 3z = 40 \\ 1/2 x + 1/2 y + 5z = 65 \end{array} \right\}$$

Al resolverlas queda:

$$\text{CO}_2 = x = 30 \text{ mL}; \text{ H}_2 = y = 66,7 \text{ mL}$$

$$\text{C}_3\text{H}_8 = z = 3,3 \text{ mL}$$

34. El ácido sulfúrico reacciona con el magnesio produciendo sulfato de magnesio más hidrógeno. Calcula:

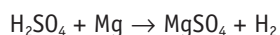
a) ¿Cuántos gramos de magnesio se necesitan para hacer reaccionar 150 mL de una disolución de ácido sulfúrico con un 96% de riqueza en masa y una densidad de 1,35 g/mL?

b) ¿Qué volumen de hidrógeno medido a 20 °C y 700 mmHg de presión se obtiene en la reacción?



c) ¿Cuántos gramos de  $\text{MgSO}_4$  se obtienen?

La ecuación ajustada es:



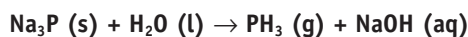
$$a) 150 \text{ mL} \cdot \frac{1,35 \text{ g}}{1 \text{ mL disol}} \cdot \frac{96 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{100 \text{ g disol}} \cdot \frac{24,3 \text{ g Mg}}{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4} = 48,2 \text{ g Mg}$$

$$b) 48,2 \text{ g Mg} \cdot \frac{2 \text{ g H}_2}{24,3 \text{ g Mg}} = 3,97 \text{ g H}_2$$

$$V = \frac{\frac{3,97}{2} \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm L/mol K} \cdot 293 \text{ K}}{\frac{700}{760} \text{ atm}} = 51,7 \text{ L H}_2$$

$$c) \frac{48,2 \text{ g Mg} \cdot 120,3 \text{ g MgSO}_4}{24,3 \text{ g Mg}} = 238,6 \text{ g de MgSO}_4$$

35. Durante la primera guerra mundial se empleó la fosfina,  $\text{PH}_3$ , como gas venenoso en la guerra de trincheras. Esta sustancia se produce fácilmente mediante la reacción:



¿Qué cantidad de fosfina se obtendrá al disolver 150 gramos de fosfuro de sodio en 250 mL de agua? Densidad = 1,0 g/mL.

$$150 \text{ g Na}_3\text{P} \cdot \frac{34 \text{ g PH}_3}{100 \text{ g Na}_3\text{P}} = 51 \text{ g de PH}_3$$

36. Se quiere determinar el porcentaje de ácido acético en un vinagre; para ello se diluyen 15 gramos de vinagre hasta 100 mL, de esa disolución se toman 20 mL y se valoran con una disolución de  $\text{NaOH}$  0,1 M, gastándose en la valoración 18 mL. Calcula el tanto por ciento de ácido acético en ese vinagre.

Calculamos la normalidad de la base a partir de los 20 mL utilizados para su valoración:

$$V_a \cdot N_a = V_b \cdot N_b; 20 \cdot N_a = 18 \cdot 0,1; N_a = 0,09$$

Eso quiere decir que habrá 0,09 equivalentes/L, por tanto:

$$0,09 \text{ eq} = \frac{m}{M_{\text{eq}}} = \frac{m \cdot a}{M_{\text{mol}}};$$

Como  $a = 1$ , nos queda  $m = 0,09 \cdot 60 = 5,4 \text{ g/L}$

En los 100 mL habrá  $5,4 \text{ g/L} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,54 \text{ g}$ .

Como de vinagre se habían añadido 15 g tenemos que la riqueza es:

$$\frac{0,54}{15} \cdot 100 = 3,6\%$$

## Cuestiones básicas

### 1. Nombra los siguientes hidrocarburos:

- a)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_3$   
 b)  $\text{CH}_3\text{—CH=CH—CH}_2\text{—CH}_3$   
 c)  $\text{CH}\equiv\text{C—CH}_2\text{—CH}_3$   
 d)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$   
     |  
      $\text{CH}_2$   
     |  
      $\text{CH}_3$   
 e)  $\text{CH}_3\text{—CH=C—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$   
     |  
      $\text{CH}_3$   
 f)  $\text{CH}_3\text{—CH=CH—CH}_2\text{—C}\equiv\text{C—CH}_2\text{—CH}_3$

- a) Es un hidrocarburo saturado con 3 carbonos; es el *propano*.  
 b) Es un alqueno con 5 carbonos y el doble enlace en el carbono 2; es el *2-penteno*.  
 c) Es un alquino de 4 carbonos con el triple enlace en el carbono 1; es el *1-butino*.  
 d) Es un alcano cuya cadena principal tiene 7 carbonos y en el carbono 3 sale una cadena lateral con 2 carbonos (radical *etilo*); es el *3-etil-heptano*.  
 e) Es un alqueno con 6 carbonos con un doble enlace en el carbono 2 y una cadena lateral de un carbono (radical *metilo*) en el carbono 3; es el *3-metil-2-hexeno*.  
 f) Es un hidrocarburo de 8 carbonos con un doble enlace en el carbono 2 y un triple enlace en el carbono 5; es el *2-octen-5-ino*.

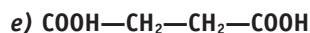
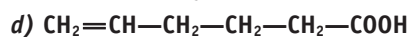
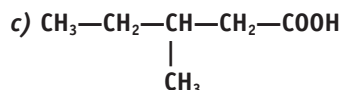
### 2. Nombra los siguientes alcoholes:

- a)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{OH}$   
 b)  $\text{CH}_3\text{—CHOH—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$   
 c)  $\text{CH}_2\text{OH—CH}_2\text{—CHOH—CH}_3$   
 d)  $\text{CH}_2\text{OH—CH—CH}_2\text{—CH}_3$   
     |  
      $\text{CH}_3$   
 e)  $\text{CH}_2\text{OH—CH}_2\text{—CH=CH}_2$

- a) Es un alcohol con 3 carbonos con el grupo OH en un extremo de la cadena; es el *1-propanol*.  
 b) Es un alcohol con 5 carbonos, estando el grupo OH en el carbono 2; es el *2-pentanol*.  
 c) Es un alcohol con 4 carbonos y dos grupos OH en los carbonos 1 y 3; es el *1,3-butanodiol*.  
 d) Es un alcohol de 4 carbonos con un radical metilo en el carbono 2; es el *2-metil-1-butanol*.  
 e) Es un alcohol de 4 carbonos con el grupo OH en el carbono 1 y un doble enlace en el carbono 3; es el *3-buten-1-ol*.

### 3. Nombra los siguientes ácidos carboxílicos:

- a)  $\text{CH}_3\text{—COOH}$   
 b)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$



- a) Es un ácido con 2 carbonos; el *ácido etanoico*.  
 b) Es un ácido con 4 carbonos; el *ácido butanoico*.  
 c) Es un ácido con 5 carbonos y un radical *metilo* en el carbono 3; el *ácido 3-metilpentanoico*.  
 d) Es un ácido con 6 carbonos y un doble enlace en el carbono 5 empezando a contar desde la posición del ácido; el *ácido 5-hexenoico*.  
 e) Es un ácido de 4 carbonos con dos grupos funcionales en los extremos de la cadena; el *ácido butanodioico*.

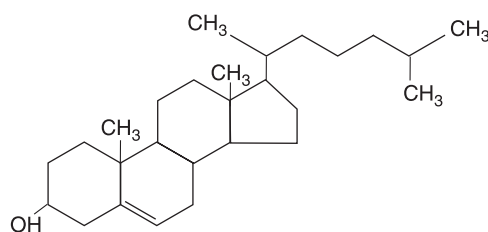
## Actividades

### 1. Escribe una relación de doce productos de uso cotidiano (sin contar los alimentos) en cuya composición aparezcan mayoritariamente compuestos orgánicos.

La pregunta es abierta, ya que la lista puede ser muy variada. Ponemos algunos ejemplos:

La fibra textil de una blusa, el plástico de una botella, el papel de un libro, el agua de colonia, la tinta de un bolígrafo, la tapicería de un coche, la madera de una mesa, la gasolina para una moto, la medicina para el dolor de cabeza, el gas butano para cocinar, el champú para el cabello, la lámina de formica del pupitre, la carcasa plástica de un ordenador, el mango de una sartén...

### 2. Determina la masa molecular del colesterol, sabiendo que su estructura carbonada es la que se indica en la figura.



La estructura carbonada del colesterol equivale a una fórmula molecular  $\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}$ , cuya masa molecular es de 386 u.

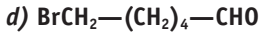
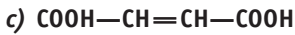
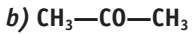
### 3. Basándote en la Tabla 4.2, escribe el nombre genérico que designaría a los siguientes compuestos orgánicos:

- a) Un alcano con 9 carbonos.  
 b) Un alcohol con 4 carbonos.  
 c) Un ácido carboxílico con 6 carbonos.  
 d) Un alquino con 3 carbonos.  
 e) Un aldehído con 8 carbonos.  
 f) Una cetona con 5 carbonos.
- a) Nonano.                      c) Ácido hexanoico.                      e) Octanal.  
 b) Butanol.                      d) Propino.                                      f) Pentanona.





**4. Identifica y nombra las funciones que aparecen en los siguientes compuestos orgánicos:**



a) Alcohol: 2-butanol.

b) Cetona: propanona.

c) Dos grupos carboxilos o dos ácidos carboxílicos y un doble enlace: ácido 2-butenodioico.

d) Un halógeno y un aldehído: 6-bromo-hexanal.

**5. Formula los siguientes hidrocarburos de cadena abierta:**

a) 4-etil-3,4-dimetilheptano.

b) 4,6-dietil-2,4,8-trimetildecano.

c) 1,3-pentadieno.

d) 3,7-dietil-4-isopropilundecano.

e) 3,6-dimetil-1,4,7-nonatrieno.

f) 1-penten-3-ino.

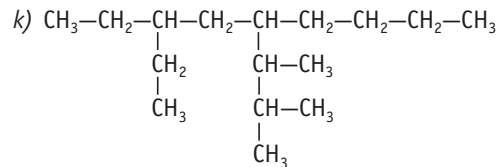
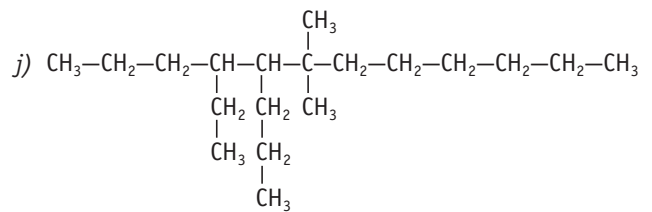
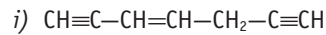
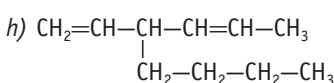
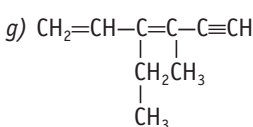
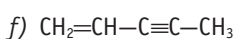
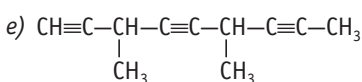
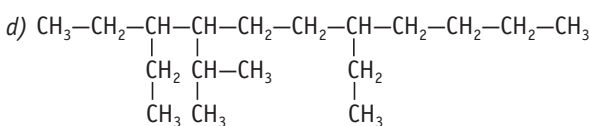
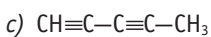
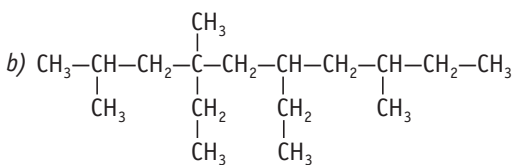
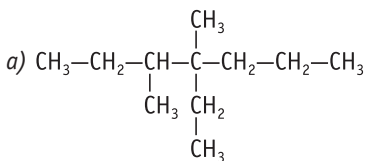
g) 3-etil-4-metil-1,3-hexadien-5-ino.

h) 3-butil-1,4-hexadieno.

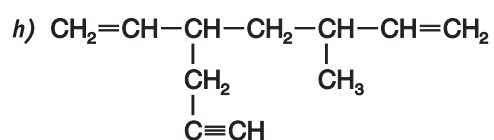
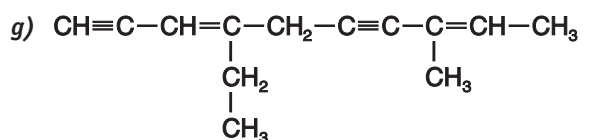
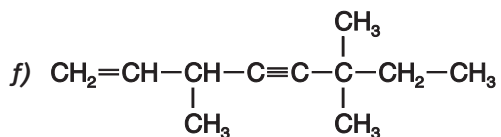
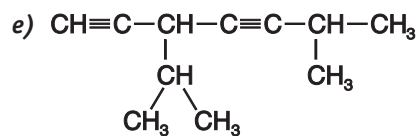
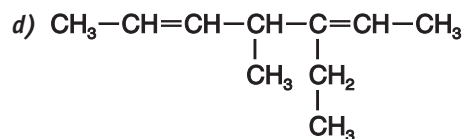
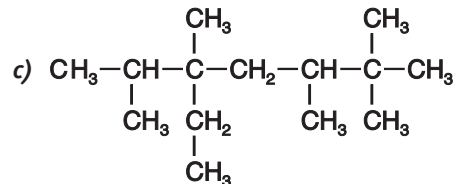
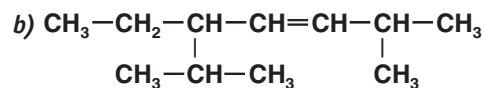
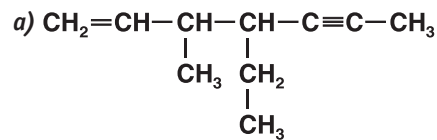
i) 3-hepten-1,6-diino.

j) 4-etil-6,6-dimetil-5-propildodecano.

k) 5-(1,2-dimetilpropil)-3-etilnonano.



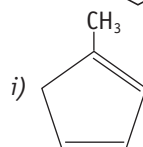
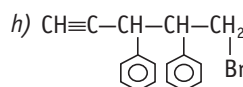
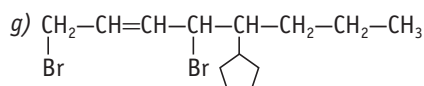
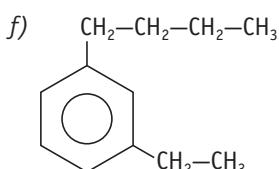
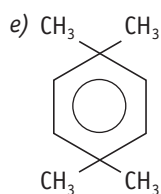
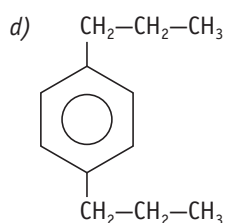
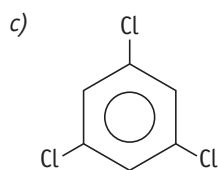
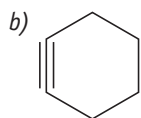
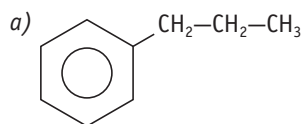
**6. Nombra los siguientes hidrocarburos de cadena abierta:**



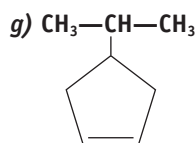
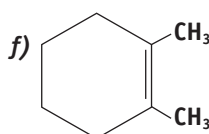
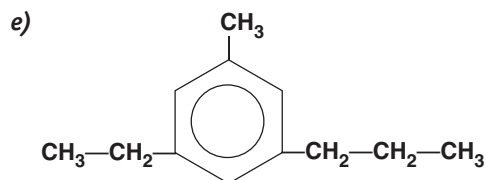
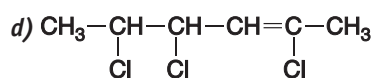
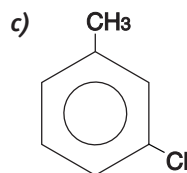
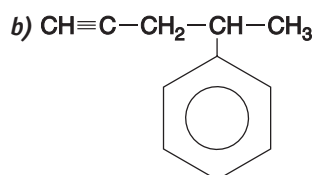
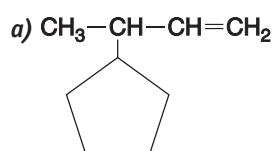
- a) 4-etil-3-metil-1-hepten-5-ino.  
 b) 5-isopropil-2-metil-3-hepteno.  
 c) 5-etil-2,2,3,5,6-pentametil-heptano.  
 d) 3-etil-4-metil-2,5-heptadieno.  
 e) 3-isopropil-6-metil-1,4-heptadieno.  
 f) 3,6,6-trimetil-1-octen-4-ino.  
 g) 4-etil-8-metil-3,8-decadien-1,6-dieno.  
 h) 3-metil-5-vinil-1-octen-7-ino.

7. Formula los siguientes compuestos cíclicos, aromáticos y derivados halogenados:

- a) Propilbenceno.  
 b) Ciclohexino.  
 c) 1,3,5-triclorobenceno.  
 d) 1,4-dipropilbenceno.  
 e) 1,1,4,4-tetrametilciclohexano.  
 f) 1-butil-3-etilbenceno.  
 g) 5-ciclopentil-1,4-dibromo-2-octeno.  
 h) 5-bromo-3,4-difenil-1-pentino.  
 i) 1-metilciclopentadieno.



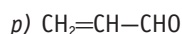
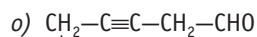
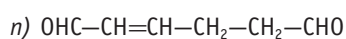
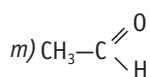
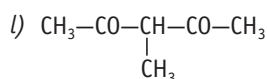
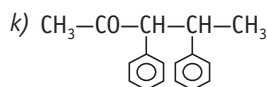
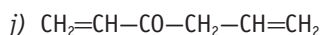
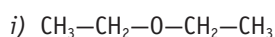
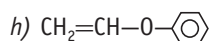
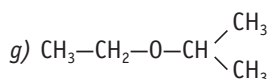
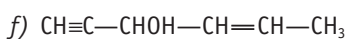
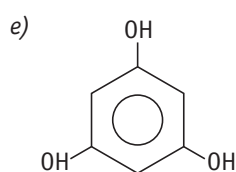
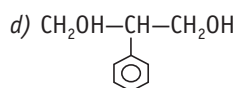
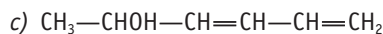
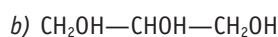
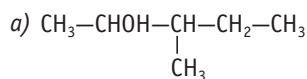
8. Nombra los siguientes compuestos cíclicos, aromáticos y derivados halogenados:



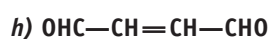
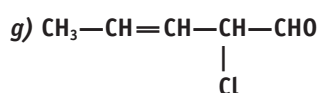
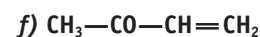
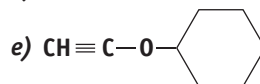
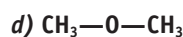
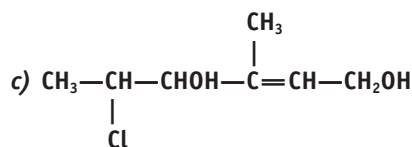
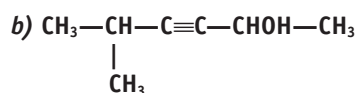
- a) 3-ciclopentil-1-buteno.  
 b) 4-fenil-1-pentino.  
 c) 3-clorotolueno o 3-metil-clorobenceno.  
 d) 2,4,5-tricloro-2-hexeno.  
 e) 1-etil-3-metil-5-propilbenceno.  
 f) 1,2-dimetil-ciclohexeno.  
 g) 4-isopropil-ciclopenteno.

## 9. Formula los siguientes compuestos con funciones oxigenadas:

- 3-metil-2-pentanol.
- Glicerina (1,2,3-propanotriol).
- 3,5-hexadien-2-ol.
- 2-fenil-1,3-propanodiol.
- 1,3,5-bencenotriol.
- 4-hexen-1-in-3-ol.
- Etilisopropiléter.
- Etenilfeniléter.
- Dietiléter.
- 1,5-hexadien-3-ona.
- 3,4-difenil-2-pentanona.
- 3-metil-2,4-pentanodiona.
- Acetaldehído (etanal).
- 2-hexendial.
- 5-ciclopentil-3-pentinal.
- Propenal.
- Benzaldehído.



## 10. Nombra los siguientes compuestos con funciones oxigenadas:



a) 3-buten-1,2-diol.

b) 5-metil-3-hexin-2-ol.

c) 3-metil-5-cloro-2-hexen-1,4-diol.

d) Dimetiléter.

e) Ciclohexil-etiniléter.

f) Butenona.

g) 2-cloro-3-pentenal.

h) Butenodiol.

## 11. Formula los siguientes compuestos oxigenados:

a) Ácido pentanodioico.

b) Ácido 3-metil-5-hexenoico.

c) Ácido 3-fenil-2-pentanodioico.

d) Ácido tricloroetanoico.

e) Ácido 2,4-heptadienoico.

f) Ácido 1,4-bencenodioico.

g) Acetato de potasio.

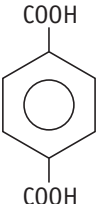

h) Propanoato de etilo.

i) Benzoato de sodio.

j) Metanoato de metilo.

k) 3-cloropentanoato de propilo.

l) 3-butenato de isopropilo.

- a)  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$   
 b)  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{COOH}$   
 c)  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{C}}=\text{CH}-\text{COOH}$   
 d)  $\text{CCl}_3-\text{COOH}$   
 e)  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$   
 f)   
 g)  $\text{CH}_3-\text{COOK}$   
 h)  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COOCH}_2-\text{CH}_3$   
 i)   
 j)  $\text{H}-\text{COO}-\text{CH}_3$   
 k)  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{COO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$   
 l)  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COO}-\underset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}$

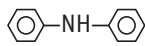
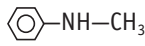
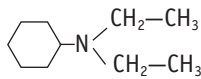
## 12. Nombra los siguientes compuestos oxigenados:

- a)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$   
 b)  $\text{CH}\equiv\text{C}-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{COOH}$   
 c)  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$   
 d)  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COO}-\text{CH}_3$   
 e)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\underset{\text{ONa}}{\overset{\text{O}}{\text{C}}}$   
 f)  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_8-\text{COO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$   
 g)  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COO} \begin{matrix} \text{Ca} \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COO} \end{matrix}$

- a) Ácido 3-pentenoico.  
 b) Ácido-3-cloro-4-pentinoico.  
 c) Ácido 4-etil-benzoico.  
 d) Propanoato de metilo.  
 e) 3-pentenoato de sodio.  
 f) Decanoato de etilo.  
 g) Butanoato de calcio.

## 13. Formula los siguientes compuestos con funciones nitrogenadas:

- a) Isopropilamina.  
 b) 1-butanamina.  
 c) Difetilamina.  
 d) 3-etil-3-hexanamina.  
 e) N-metilfenilamina.  
 f) 1,3-pentanodiamina.  
 g) N-etil-N-metilbutanamida.  
 h) Hexanodiamida.  
 i) 3-amino-butanal  
 j) N,N-dietilfenilamina  
 k) 1,4-pentadiamina  
 l) 2,4-dimetil-3-hexanamina

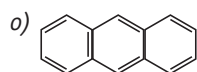
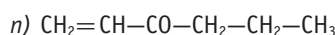
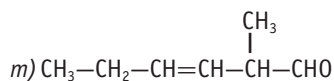
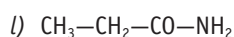
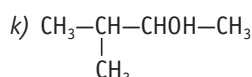
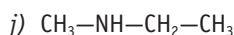
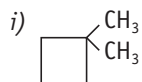
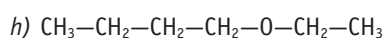
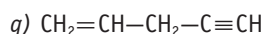
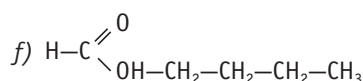
- a)  $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{NH}_2$   
 b)  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{NH}_2$   
 c)   
 d)  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_2}{\overset{\text{NH}_2}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$   
 e)   
 f)  $\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}_2}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$   
 g)  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{N} \begin{matrix} \text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$   
 h)  $\text{NH}_2-\text{CO}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-\text{NH}_2$   
 i)  $\text{CH}_3-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CHO}$   
 j)   
 k)  $\text{CH}_3-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$   
 l)  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$

## 14. Nombra los siguientes compuestos con funciones nitrogenadas:

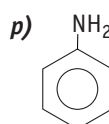
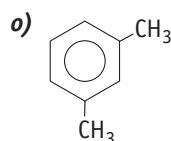
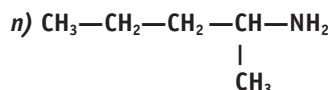
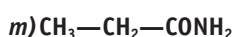
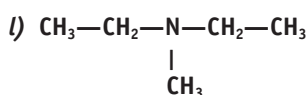
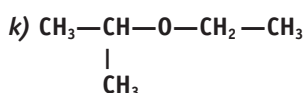
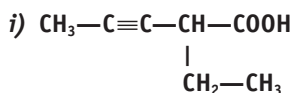
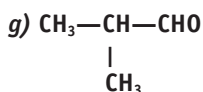
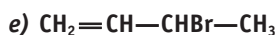
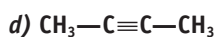
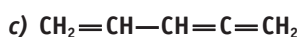
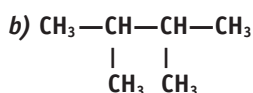
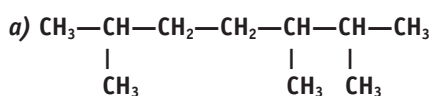
- a)  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_3$   
 b)  $\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$







11. Nombra los siguientes compuestos:



- a) 2,3,6-trimetilheptano.
- b) 2,3-dimetilbutano.
- c) 1,2,4-pentatrieno.
- d) 2-butino.
- e) 3-bromo-1-buteno.
- f) 1,2,4-butanotriol.
- g) 2-metilpropanal.
- h) 3-buten-2-ona.
- i) Ácido 2-etil-3-pentinoico.
- j) Etanoato de etilo.
- k) Etil-isopropiléter.
- l) Dietilmetilamina.
- m) Propanamida.
- n) 2-aminopentano.
- o) 1,3-dimetilbenceno.
- p) Anilina.

Para repasar

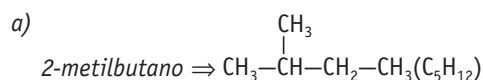
12. A temperatura ambiente, el butano es un gas, el octano (componente de las gasolinas) es líquido y el eicosano es sólido. Si todos son hidrocarburos saturados, ¿a qué se debe esa diferencia?

Las fuerzas intermoleculares aumentan a medida que aumenta la masa molecular del compuesto.

Aunque todas esas moléculas son muy poco polares, las fuerzas intermoleculares crecen con el número de carbonos de la molécula y posibilitan que los compuestos estén en estado líquido o en estado sólido a temperatura ambiente.

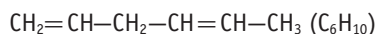
13. Indica el tipo de isomería estructural que pueden presentar los siguientes compuestos:

- a) 2-metilbutano.
- b) 1,4-hexadieno.
- c) 2-pentanona.



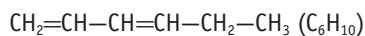
Tendría isomería de cadena; por ejemplo, con el n-pentano:  
 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 (\text{C}_5\text{H}_{12})$

## b) 1,4-hexadieno

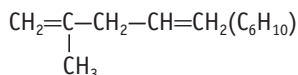


Tendría:

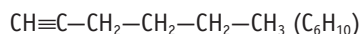
Isomería de posición, por ejemplo, con el 1,3-hexadieno:



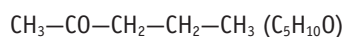
Isomería de cadena, por ejemplo, con el 2-metil-1,4-pentadieno:



Isomería de función, por ejemplo, con el 1-hexino:

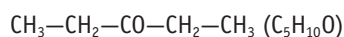


## c) 2-pentanona

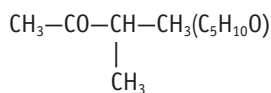


Tendría:

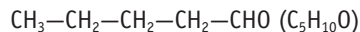
Isomería de posición, por ejemplo, con la 3-pentanona:



Isomería de cadena, por ejemplo, con la metil-butanona:



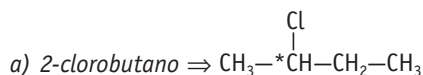
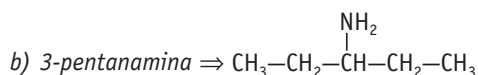
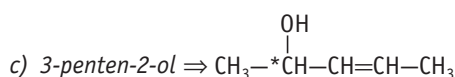
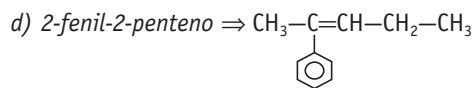
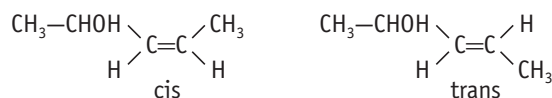
Isomería de función, por ejemplo, con el pentanal:

14. Escribe tres isómeros de función que tengan de fórmula molecular  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$ .Con la fórmula molecular  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$  podemos tener:

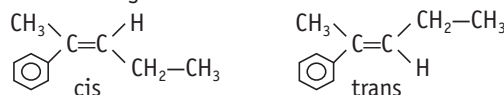
- a) *Ácido butanodioico*:  $\text{COOH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$   
 b) *dihidroxibutanodial*:  $\text{OHC}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{CHO}$   
 c) *dihidroxibutanodiona*:  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CO}-\text{CO}-\text{CH}_2\text{OH}$

## 15. Dados los siguientes compuestos, justifica cuáles presentan isomería geométrica y cuáles isomería óptica:

- a) 2-clorobutano  
 b) 3-pentanamina  
 c) 3-penten-2-ol  
 d) 2-fenil-2-penteno

Isomería óptica en el  $\text{C}_2$ , ya que es asimétrico.No tiene isomería óptica, ni tampoco isomería geométrica, ya que no hay dobles enlaces  $\text{C}=\text{C}$ .Tiene isomería óptica, porque el  $\text{C}_2$  es asimétrico y también isomería geométrica, con dos isómeros *cis-trans*:

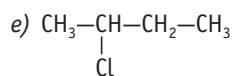
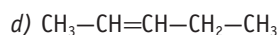
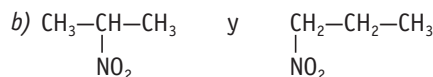
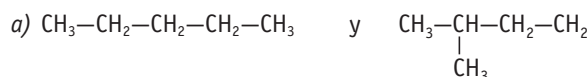
Tiene sólo isomería geométrica:



## 16. Formula y nombra:

- a) Dos hidrocarburos alifáticos saturados que presenten isomería de cadena.  
 b) Dos aminas con isomería de posición.  
 c) Dos compuestos oxigenados con isomería de función.  
 d) Un alqueno con isomería *cis-trans*.  
 e) Un derivado halogenado con isomería óptica.

Ejercicio abierto. Por ejemplo:

17. Escribe y nombra los isómeros, sin cadenas ramificadas, de un alcohol insaturado de fórmula molecular  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ .

- a) 3-buten-ol  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$   
 b) 2-buten-ol  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH}$   
 c) 3-buten-2-ol  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHOH}-\text{CH}_3$

*Nota:* Los compuestos en los que el grupo hidroxilo,  $-\text{OH}$ , está unido a un carbono etilénico se denominan *enoles* y son formas tautómeras de las cetonas o de los aldehídos. No obstante, y a efectos de repaso de formulación, se pueden indicar también los compuestos:

Además, el compuesto b) presenta isomería geométrica *cis-trans*.



**18. Existen seis compuestos distintos que responden a la fórmula molecular C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O. Escribe la fórmula semidesarrollada de cada uno de ellos y nómbralos.**

Los compuestos que presentan la fórmula C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O son:

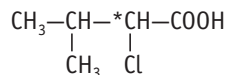
- a) Propanona: CH<sub>3</sub>-CO-CH<sub>3</sub>
- b) Propanal: CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CHO
- c) 2-propenol: CH<sub>2</sub>=CH-CH<sub>2</sub>OH
- d) 1-propenol: CH<sub>3</sub>-CH=CHOH
- 1-propen-2-ol:  $\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{OH} \end{array}$  } Véase nota del Ejercicio 17.
- e) Etenil-metil-eter: CH<sub>2</sub>=CH-O-CH<sub>3</sub>
- f) Ciclopropanol  $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_2-\text{CHOH} \end{array}$

**19. Indica los carbonos asimétricos de los siguientes compuestos y sus posibles isómeros ópticos:**

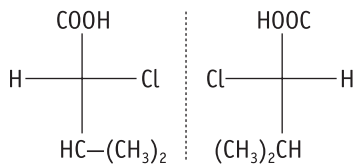
a) **Ácido 2-cloro-3-metilbutanoico.**

b) **3-bromo-2-clorobutanal.**

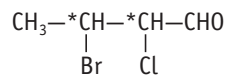
a) *Ácido 2-cloro-3-metilbutanoico*



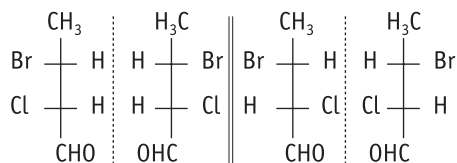
Tiene un carbono asimétrico y por tanto dos isómeros ópticos, enantiómeros.



b) *3-bromo-2-cloro-butanal*



Tiene dos carbonos asimétricos y ningún elemento de simetría, por tanto, tiene cuatro esterómeros, que serán diastereómeros dos a dos y ninguna forma *meso*.

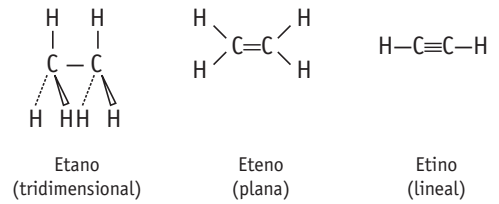


**Para profundizar**

**20. Dibuja la estructura espacial del etano, el eteno y el etino.**

- a) El *etano* tiene una estructura tridimensional equivalente a dos pirámides unidas por uno de los vértices.
- b) El *eteno* forma una molécula plana con ángulos interatómicos de 120° aproximadamente.

c) El *etino* forma una molécula lineal con ángulos interatómicos de 180°.



**21. ¿Qué diferencia hay entre alquilo, arilo y acilo?**

El radical *alquilo* proviene de un hidrocarburo alifático, independientemente de que sea de cadena abierta o cadena cerrada; el radical *arilo*, de un hidrocarburo aromático, y el radical *acilo*, de un ácido carboxílico.

**22. ¿Qué diferencia hay entre una amida secundaria y una amida primaria N-sustituída?**

La amida secundaria está unida a dos radicales acilo. Por ejemplo, la *dietanamida*: CH<sub>3</sub>-CO-NH-CO-CH<sub>3</sub>  
La amida primaria N-sustituída está unida a un radical acilo y a otro alquilo o arilo. Por ejemplo, la *N-etiletanamida*: CH<sub>3</sub>-CO-NH-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>

**23. Atendiendo a la estructura del grupo funcional, ordena de mayor a menor el punto de ebullición de los siguientes compuestos orgánicos: propano, propanol, propanona y ácido propanoico.**

En este tipo de ejercicios hay que tener en cuenta la polaridad del grupo funcional y la masa molecular del compuesto, ya que a mayor polaridad y mayor masa molecular más intensas serán las fuerzas intermoleculares y, por tanto, mayor el punto de ebullición del compuesto.

Según eso, tendremos:

- a) Propano: CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub> (M. mol = 44)
- b) Propanol: CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>OH (M. mol = 60)
- c) Propanona: CH<sub>3</sub>-CO-CH<sub>3</sub> (M. mol = 58)
- d) Ácido propanoico: CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-COOH (M. mol = 74)

Y podemos decir que el orden de mayor a menor punto de ebullición será d > b > c > a.

**24. Un derivado halogenado etilénico que presenta isomería cis-trans está formado en un 22,4% de C, un 2,8% de H y un 74,8% de bromo. Además, a 130 °C y 1 atm de presión, una muestra de 12,9 g ocupa un volumen de 2 litros. Halla su fórmula molecular y escribe los posibles isómeros sabiendo que su molécula tiene plano de simetría.**

Calculamos la fórmula empírica del compuesto:

$$22,4 \text{ g C} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{12 \text{ g C}} = 1,87 \text{ moles C}$$

$$2,8 \text{ g H} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ g H}} = 2,8 \text{ moles H}$$

$$74,8 \text{ g Br} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{80 \text{ g Br}} = 0,93 \text{ moles Br}$$

$$\text{Dividiendo entre } 0,93 \left\{ \begin{array}{l} \frac{1,87}{0,93} = 2 \\ \frac{2,8}{0,93} = 3 \\ \frac{0,93}{0,93} = 1 \end{array} \right.$$

Se obtiene que la fórmula empírica es  $C_2H_3Br$ , cuya M molar es de 107 g/mol.

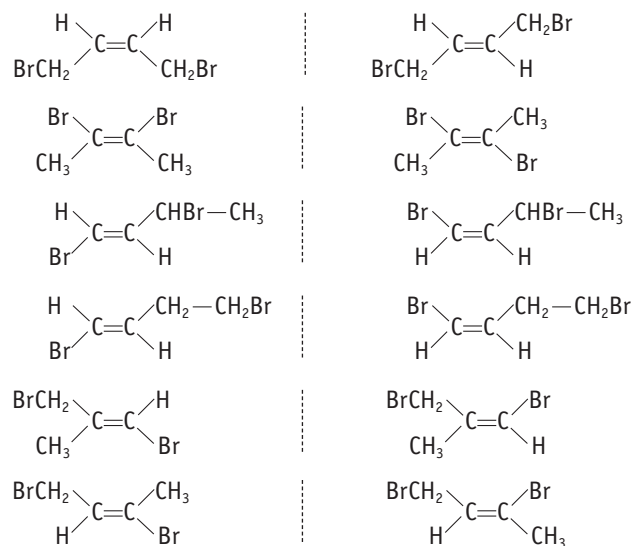
La masa de un mol de compuesto se puede obtener a partir de:

$$M \text{ mol} = \frac{n R T}{p V} = \frac{12,9 \text{ g} \cdot 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 403 \text{ K}}{1 \text{ atm} \cdot 2 \text{ L}} = 213 \text{ g/mol}$$

y deducimos que la fórmula molecular será:

$$n = \frac{213}{107} = 2 \Rightarrow (C_2H_3Br)_2 \Leftrightarrow C_4H_6Br_2$$

que se corresponde con los posibles isómeros:



25. Un alcohol monoclorado está formado en un 38,1% de C, un 7,4% de H, un 37,6% de Cl y el resto es oxígeno. Escribe su fórmula semidesarrollada, sabiendo que tiene un carbono asimétrico y que su fórmula molecular y empírica coinciden.

Calculamos la fórmula empírica del compuesto:

$$\left. \begin{array}{l} 38,1 \text{ g de C} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{12 \text{ g C}} = 3,17 \text{ moles C} \\ 7,4 \text{ g de H} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ g H}} = 7,4 \text{ moles H} \\ 37,6 \text{ g de Cl} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{35,5 \text{ g Cl}} = 1,06 \text{ moles Cl} \\ 16,9 \text{ g de O} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{16 \text{ g O}} = 1,06 \text{ moles O} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Al dividir entre } 1,06 \\ \text{obtenemos que la} \\ \text{fórmula empírica del} \\ \text{compuesto es:} \\ C_3H_7OCl \end{array}$$

Al coincidir la fórmula empírica y la fórmula molecular, se deduce que el compuesto con un carbono asimétrico será el 2-cloro-1-propanol:  $CH_3-^*CH-CH_2OH$



o bien el 1-cloro-2-propanol:  $CH_3-^*CHOH-CH_2Cl$

26. Un hidrocarburo monoinsaturado tiene un 87,8% de carbono. Si su densidad en cn es 3,66 g/L, determina su fórmula empírica y su fórmula molecular.

Hallamos la fórmula empírica del hidrocarburo:

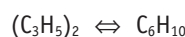
$$\left. \begin{array}{l} 87,8 \text{ g de C} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{12 \text{ g C}} = 7,31 \text{ moles de C} \\ 12,2 \text{ g de H} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ g H}} = 12,2 \text{ moles de H} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Dividiendo} \\ \text{entre } 7,31 \end{array} \left\{ \begin{array}{l} 1 \xrightarrow{\cdot 3} 3 \\ 1,66 \xrightarrow{\cdot 3} 5 \end{array} \right.$$

La fórmula empírica del hidrocarburo es  $C_3H_5$ .

A partir de la densidad en condiciones normales, se puede determinar la masa molar del compuesto:

$$3,66 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot \frac{22,4 \text{ L}}{\text{mol}} = 82 \text{ g/mol}$$

$$\text{como: } n = \frac{82}{41} = 2, \text{ la fórmula molecular es:}$$



Esa fórmula molecular se corresponde con los hexinos y con el ciclohexeno.

27. En la etiqueta de una botella de vino de 0,70 L de capacidad se lee «11% vol». Si la densidad del alcohol es de 0,79 g/mL, calcula la cantidad de alcohol que contiene.

Que en la etiqueta aparezca 11%, significa que el vino tiene 11 mL de alcohol por cada 100 mL de vino. Según eso, y utilizando factores de conversión:

$$700 \text{ mL (vino)} \cdot \frac{11 \text{ mL alcohol}}{100 \text{ mL vino}} \cdot \frac{0,79 \text{ g alcohol}}{\text{mL alcohol}} = 61 \text{ g alcohol}$$

28. Se quema una muestra de 0,21 g de un hidrocarburo gaseoso con lo que se obtiene 0,66 g de dióxido de carbono. Determina la fórmula empírica del hidrocarburo y su fórmula molecular, si su densidad en condiciones normales es de 1,88 g/L.

La reacción de combustión se simboliza con la siguiente ecuación:  $C_xH_y + O_2 \rightarrow x CO_2 + y/2 H_2O$

De donde se deduce que todo el carbono presente en el  $CO_2$  proviene del carbono que tenía el hidrocarburo. Según eso:

$$0,66 \text{ g } CO_2 \cdot \frac{12 \text{ g C}}{44 \text{ g } CO_2} = 0,18 \text{ g C}$$

$$0,21 - 0,18 = 0,03 \text{ g H}$$

Lo que nos permite calcular la fórmula empírica del hidrocarburo:

$$\begin{array}{l} 0,18 \text{ g de C} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{12 \text{ g C}} = 0,015 \text{ moles de C} \rightarrow 1 \text{ mol de C} \\ 0,03 \text{ g de H} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ g H}} = 0,03 \text{ moles de H} \rightarrow 2 \text{ moles de H} \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{CH}_2$$

por cada

A partir del valor de la densidad en condiciones normales:

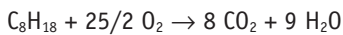
$$1,88 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot \frac{22,4 \text{ L}}{\text{mol}} = 42,1 \text{ g/mol}$$

Por lo tanto, la fórmula molecular será:

$$n = \frac{42,1}{14} = 3 \Rightarrow (\text{CH}_2)_3 \Leftrightarrow \text{C}_3\text{H}_6$$

- 29. Halla el volumen de oxígeno, medido a 20 °C y 95 kPa, que se necesita para la combustión de 5 litros de gasolina (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>) de densidad 0,78 g/mL.**

La ecuación de la combustión del octano es:



Los moles de octano que reaccionan son:

$$5000 \text{ mL} \cdot 0,78 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{114 \text{ g}} = 34,21 \text{ moles de C}_8\text{H}_{18}$$

$$34,21 \text{ moles C}_8\text{H}_{18} \cdot \frac{12,5 \text{ moles O}_2}{\text{mol C}_8\text{H}_{18}} = 427,63 \text{ moles O}_2$$

$$\text{A partir de } pV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{p} =$$

$$= \frac{427,63 \text{ moles} \cdot 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 293 \text{ K}}{95 \text{ kPa} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{101,3 \text{ kPa}}}$$

$$V = 10955,6 \text{ L, es decir, } V = 11 \text{ m}^3$$

- 30. Los hidrocarburos arden en presencia de oxígeno desprendiendo gran cantidad de energía. Sabiendo que el calor de combustión del metano es 890 kJ/mol y el del butano es 2880 kJ/mol, ¿cuál tiene mayor poder calorífico por gramo?**

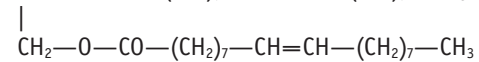
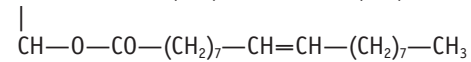
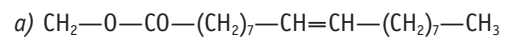
$$890 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} = 55,63 \frac{\text{kJ}}{\text{g}} \text{ (metano)}$$

$$2880 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot \frac{1 \text{ mol CH}_4\text{H}_{10}}{58 \text{ g CH}_4\text{H}_{10}} = 49,65 \frac{\text{kJ}}{\text{g}} \text{ (butano)}$$

- 31. La oleína es una grasa que está presente en el aceite de oliva y cuya estructura química corresponde a un éster formado por la reacción de la glicerina (1,2,3-propanotriol) y tres moléculas de ácido oleico (ácido 9-octadecenoico).**

a) Escribe la fórmula de la oleína y halla su masa molecular.

b) ¿Por qué se dice que es una grasa insaturada?



$$\text{M. mol} = 884 \text{ g/mol}$$

b) Es una grasa insaturada porque el ácido graso que la forma tiene un doble enlace.



## ■ Actividades

### 1. Comenta la siguiente frase de Galileo:

«El gran libro de la Naturaleza está escrito en lenguaje matemático».

Es una manera muy atractiva y completa de expresar que el comportamiento que rige la Naturaleza, y que es el objeto de la investigación física, sigue unas leyes que podemos descubrir mediante la investigación y que representamos por ecuaciones matemáticas. La Naturaleza puede ser explicada por el ser humano utilizando estas leyes, e incluso podemos predecir comportamientos futuros.

### 2. ¿Qué diferencia hay entre magnitudes escalares y magnitudes vectoriales?

Una magnitud escalar se define con un número y su correspondiente unidad y una magnitud vectorial, además del número y de la unidad, también necesita conocer la dirección, el sentido y el punto donde se aplica.

### 3. Clasifica las siguientes magnitudes como escalares o vectoriales:

- La temperatura que tiene el agua de una piscina.
- La superficie de una parcela.
- El volumen de una bombona de butano.
- La presión del aire en el neumático de un coche.
- La velocidad que lleva un móvil con Movimiento Rectilíneo Uniforme.
- El tiempo que un atleta tarda en recorrer 100 m.
- La aceleración de un avión al aterrizar.
- La resistencia de un tostador de pan.
- La potencia de un motor.

De los ejemplos propuestos, son magnitudes *escalares*: la temperatura del agua de una piscina; la superficie de una parcela; el volumen de una bombona de butano; la presión del aire de un neumático; el tiempo que un atleta tarda en recorrer 100 metros; la resistencia de un tostador de pan; la potencia de un motor.

Son magnitudes *vectoriales*: la velocidad que lleva un móvil con MRU; la aceleración de un avión al aterrizar.

### 4. Justifica qué tipo de error se comete cuando:

- Se miden objetos con una regla mal construida.
- Un alumno mide volúmenes en un matraz siempre mirando más alto que la línea de enrase.
- Una persona, al medir una mesa, en una de las ocasiones no ha puesto la regla exactamente desde el principio.
- Se mide la superficie del suelo de una habitación contando baldosas.
  - Es un error sistemático porque está producido por el propio aparato de medida y siempre que se utilice ese aparato se va a producir el mismo error.
  - También error sistemático, aunque en este caso corregible; se evita haciendo caso a las indicaciones del profesor.
  - Error accidental; normalmente se minimiza si se realizan varias medidas de la mesa.

- Error sistemático. Si la medida de la baldosa es incorrecta o no demasiado precisa, ese error lo estamos multiplicando por el número de baldosas que tiene el suelo de la habitación. Este tipo de mediciones siempre nos dan valores aproximados y no rigurosos; además, no incluyen la superficie de las «lagas» que hay entre baldosas y que para un número elevado de baldosas puede ser un valor significativo.

### 5. A la hora de expresar unas medidas con su correspondiente cota de error, se han escrito las siguientes expresiones:

$6,54 \pm 0,02$  g;  $3,18 \pm 0,001$  s;  $2,877 \pm 0,02$  m;

$24,5 \pm 0,1$  °C;  $3,46 \pm 0,1$  V;  $54 \pm 0,2$  m<sup>2</sup>.

Escribe de manera correcta aquellas que no lo estén, justificando la respuesta.

- $6,54 \pm 0,02$  g      Estaría bien escrita.
- $3,18 \pm 0,001$  s      Sería más correcto:  $3,180 \pm 0,001$  s
- $2,877 \pm 0,02$  m      Sería más correcto:  $2,88 \pm 0,02$  m
- $24,5 \pm 0,1$  °C      Estaría bien.
- $3,46 \pm 0,1$  V      Sería más correcto:  $3,5 \pm 0,1$  V
- $54 \pm 0,2$  m<sup>2</sup>      Sería más correcto:  $54,0 \pm 0,2$  m<sup>2</sup>

### 6. Ordena las siguientes medidas de mayor a menor precisión:

- La longitud de un folio de 29,8 cm con una regla milimetrada.
- La masa de un cilindro metálico de 49,65 g con una balanza digital que aprecia hasta centigramos.
- La intensidad de una corriente eléctrica de 0,850 A con un amperímetro que aprecia hasta miliamperios.
- El tiempo de caída de un objeto, 2,18 s, con un cronómetro que aprecia centésimas de segundo.

La precisión de una medida viene dada por el valor de su error relativo. En este caso:

$$a) \varepsilon_{r_1} = \frac{|\varepsilon_{a_1}|}{\bar{x}_1} \Rightarrow \varepsilon_{r_1} = \frac{0,1}{29,8} = 3,3 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \varepsilon_{r_1} = 0,33 \%$$

$$b) \varepsilon_{r_2} = \frac{|\varepsilon_{a_2}|}{\bar{x}_2} \Rightarrow \varepsilon_{r_2} = \frac{0,01}{49,65} = 2 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \varepsilon_{r_2} = 0,02 \%$$

$$c) \varepsilon_{r_3} = \frac{|\varepsilon_{a_3}|}{\bar{x}_3} \Rightarrow \varepsilon_{r_3} = \frac{0,001}{0,850} = 1,17 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \varepsilon_{r_3} = 0,12 \%$$

$$d) \varepsilon_{r_4} = \frac{|\varepsilon_{a_4}|}{\bar{x}_4} \Rightarrow \varepsilon_{r_4} = \frac{0,01}{2,18} = 4,58 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \varepsilon_{r_4} = 0,46 \%$$

Según eso, la precisión de las medidas sería, de mayor a menor:  $b > c > a > d$

### 7. Al medir los extremos de un puente se ha obtenido una medida de $186,0 \pm 0,8$ m; al medir la longitud de un coche se obtuvo $436 \pm 2$ cm. ¿Qué medida es más precisa?

$$\varepsilon_{r_1} = \frac{0,8}{186} \cdot 100\% = 0,43\% \quad \varepsilon_{r_2} = \frac{2}{436} \cdot 100\% = 0,46\%$$

Es más precisa la medida del puente, ya que su error relativo es menor.



8. Un grupo de alumnos mide la longitud de una portería de balonmano con una cinta métrica, obteniéndose los siguientes valores:

3,03 m; 3,04 m; 2,98 m; 3,00 m; 2,99 m; 3,02 m.

Halla:

- a) El error absoluto de cada una de las medidas.
- b) La longitud de la portería con su correspondiente incertidumbre.

a) Consideramos como valor exacto la media aritmética de los valores experimentales:

$$\bar{x} = \frac{3,03 + 3,04 + 2,98 + 3,00 + 2,99 + 3,02}{6} = \frac{18,06}{6} = 3,01 \text{ m}$$

A partir de ese valor, el error absoluto de cada medida será:

$$\begin{aligned} \epsilon_{a_1} &= 3,03 - 3,01 = 0,02 \text{ m} \\ \epsilon_{a_2} &= 3,04 - 3,01 = 0,03 \text{ m} \\ \epsilon_{a_3} &= 2,98 - 3,01 = -0,03 \text{ m} \\ \epsilon_{a_4} &= 3,00 - 3,01 = -0,01 \text{ m} \\ \epsilon_{a_5} &= 2,99 - 3,01 = -0,02 \text{ m} \\ \epsilon_{a_6} &= 3,02 - 3,01 = 0,01 \text{ m} \end{aligned}$$

b) La incertidumbre de la medida exacta de la portería será equivalente al error de dispersión de las medidas experimentales:

$$\epsilon_d = \frac{\sum |x_i - \bar{x}|}{N}$$

$$\epsilon_d = \frac{0,02 + 0,03 + 0,03 + 0,01 + 0,02 + 0,01}{6} = 0,02 \text{ m}$$

Por tanto, la medida de la portería se debe expresar como  $x = 3,01 \pm 0,02 \text{ m}$ .

9. Una pista de patinaje mide  $45,30 \pm 0,05 \text{ m}$  y  $23,46 \pm 0,03 \text{ m}$ .

- a) Determina la precisión de cada una de esas medidas.
- b) Calcula la superficie de la pista con su correspondiente incertidumbre.

a) La precisión está relacionada con el error relativo. En este caso:

$$\epsilon_{ra} = \frac{0,05}{45,30} = 1,10 \cdot 10^{-3} \Rightarrow 0,11 \%$$

$$\epsilon_{rb} = \frac{0,03}{23,46} = 1,28 \cdot 10^{-3} \Rightarrow 0,13 \%$$

b)  $S = a \cdot b \Rightarrow S = 45,30 \cdot 23,46 = 1062,74 \text{ m}^2 \Rightarrow$

$$\text{Como } \epsilon_{rs} = \epsilon_{ra} + \epsilon_{rb} \Rightarrow \epsilon_{rs} = 1,10 \cdot 10^{-3} + 1,28 \cdot 10^{-3} = 2,38 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Al ser } \epsilon_{rs} = \frac{|\epsilon_{as}|}{S}$$

$$\text{Tendremos que: } \epsilon_{as} = 1062,74 \cdot 2,38 \cdot 10^{-3}$$

$$\epsilon_{as} = 2,53 \text{ m}^2$$

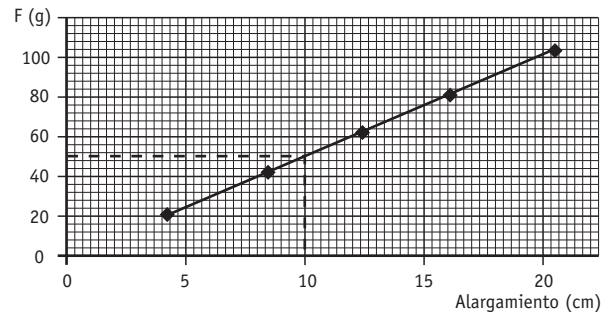
Según esto, la superficie de la pista debería expresarse como  $S = 1063 \pm 3 \text{ m}^2$

10. Al comprobar experimentalmente la ley de Hooke ( $F = k \cdot x$ ) con un muelle elástico, se han obtenido los siguientes resultados:

Fuerza = Peso (g)	20	40	60	80	100
Alargamiento (cm)	4,1	8,4	12,4	16,1	20,5

- a) Representa gráficamente esos valores con la fuerza en ordenadas y el alargamiento del muelle en abscisas.
- b) Calcula la pendiente de la recta que se obtiene.
- c) Expresa el valor de la pendiente ( $k$ , la constante recuperadora del muelle) en unidades del SI (N/m). Recuerda que 1000 g-peso equivalen a 9,81 N.

a) La representación gráfica sería:



b) Pendiente =  $\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{49 - 0}{10 - 0} = 4,9 \text{ g/cm}$

$$4,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}} \cdot \frac{9,81 \text{ N}}{1000 \text{ g}} \cdot \frac{100 \text{ cm}}{\text{m}} = 4,8 \text{ N/m}$$

c) La constante del muelle es  $k = 4,8 \text{ N/m}$ .

11. En las representaciones gráficas no es conveniente unir todos los puntos que se obtienen de los datos experimentales. ¿Por qué? ¿Qué es lo que se suele hacer?

En principio, se deben descartar aquellos puntos que manifiestamente se encuentran apartados del resto y que se alejan del comportamiento que tienen los demás.

De todas maneras, el correcto cumplimiento de las normas del método científico exigen que comprobemos que ese punto se puede desechar ya demostrando que ha sido incorrectamente medido (repitiendo la medida y comprobando que da otro resultado), ya demostrando que se aparta de los demás por una razón que científicamente debemos demostrar y que debe ser incluida en las conclusiones que presentemos.

## Cuestiones básicas

1. ¿En qué tipo de movimiento la velocidad media coincide con la velocidad instantánea?

En el movimiento rectilíneo uniforme constante.

2. Se dice que el guepardo es un animal capaz de llegar a correr a 30 m/s. Calcula su velocidad en km/h.

$$30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

3. ¿Cuánto tiempo tardará el guepardo en recorrer 1 km si mantiene la velocidad de 30 m/s?

$$t = \frac{e}{v} = \frac{1 \text{ km}}{108 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 0,00925 \text{ horas} = 33,3 \text{ s}$$

4. Desde un puente dejas caer un objeto y observas que tarda 1,5 s en llegar al agua. ¿Cuál es la altura del puente?

$$S = v t + \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 1,5^2 = 5 \cdot 1,5^2 = 11,25 \text{ m}$$

5. Un automóvil pasa de 90 km/h a 115 km/h en 8 s. ¿Qué aceleración tiene el coche?

$$v_0 = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$$

$$v_f = 115 \text{ km/h} = 31,9 \text{ m/s} \quad a = \frac{v_f - v_0}{t} = \frac{31,9 - 25}{8} = 0,87 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

6. Un coche parte del reposo con aceleración constante de  $1,8 \text{ m s}^{-2}$ . Después de 20 s de estar acelerando, ¿qué distancia habrá recorrido el vehículo?

$$e = \frac{1}{2} a t^2; e = \frac{1}{2} \cdot 1,8 \text{ m/s}^2 \cdot (20 \text{ s})^2; e = 360 \text{ m}$$

7. Un ciclista inicia el movimiento por una calle con aceleración constante hasta alcanzar una velocidad de 36 km/h en 10 s. ¿Cuánto vale la aceleración? ¿Qué distancia ha recorrido en el tiempo indicado?

$$\left. \begin{array}{l} v_0 = 0 \text{ m/s} \\ v_f = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s} \\ t = 10 \text{ s} \end{array} \right\} \begin{array}{l} a = \frac{v_f - v_0}{t} = \frac{10 - 0}{10} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ e = \frac{v_f^2 - v_0^2}{2a} = \frac{10^2}{2 \cdot 1} = 50 \text{ m} \end{array}$$

8. Un avión que parte del reposo acelera uniformemente hasta alcanzar una velocidad de despegue de 75 m/s en 10 s. ¿Con qué velocidad en km/h despegó el avión? ¿Qué longitud de pista ha recorrido hasta despegar?

$$75 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 270 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$e = \frac{1}{2} (v + v_0) t; e = \frac{1}{2} \cdot 75 \text{ m/s} \cdot 10 \text{ s}; e = 375 \text{ m}$$

9. Un disco gira a 30 rpm. Calcula esta velocidad en radianes por segundo. Calcula la frecuencia y el periodo de este movimiento.

$$\omega = 30 \text{ rpm} = 30 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{2 \pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$f = \frac{\omega}{2 \pi} = \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ rev}}{2 \pi \text{ rad}} = 0,5 \text{ rev/s}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1 \text{ rev}}{0,5 \text{ rev/s}} = 2 \text{ s}$$

10. Un ciclista recorre la pista circular de 50 m de radio de un velódromo con velocidad constante de 36 km/h. ¿Qué longitud de pista recorre en un minuto? ¿Qué tiempo tarda en dar una vuelta a la pista? ¿Cuántas vueltas da en 10 minutos?

$$e = v t = 36 \text{ km/h} \cdot 1000 \text{ m/1 km} \cdot 1 \text{ h/3600 s} \cdot 60 \text{ s} = 600 \text{ m}$$

$$v = \frac{2 \pi R}{T}; T = \frac{2 \pi R}{v} = \frac{2 \pi \cdot 50 \text{ m}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 10 \pi \text{ s}$$

Una vuelta mide  $2 \pi R = 2 \pi \cdot 50 \text{ m} = 100 \pi \text{ m}$ ;

en 10 minutos recorre  $e = v t = 36 \text{ km/h} \cdot 1000 \text{ m/1 km} \cdot 1 \text{ h/3600 s} \cdot 6000 \text{ m}$ ;

Por lo tanto el número de vueltas es:

$$\frac{6000 \text{ m}}{100 \pi \frac{\text{m}}{\text{vuelta}}} = \frac{60}{\pi} \text{ vueltas}$$

## Actividades

### Para repasar

1. Indica qué afirmaciones son correctas. El movimiento es:

- Un cambio de lugar.
- Un cambio de lugar si el cuerpo que se mueve es un punto material.
- Un desplazamiento.
- Un cambio de posición.

Son correctas las afirmaciones *b)* y *d)*. El movimiento es, en general, un cambio de posición. Pero si el móvil es un punto material, un cambio de posición implica un cambio de lugar.

2. Escribe tres ejemplos de movimientos absolutos y otros tantos de movimientos relativos.

Por ejemplo: un barco respecto a un faro de la costa, la Tierra respecto del Sol, un coche respecto a un semáforo, el movimiento de un viajero respecto del tren en que viaja, el movimiento de una barca que se desplaza por un río respecto del agua, el movimiento de un ciclista respecto de otro ciclista del pelotón.



3. Señala las afirmaciones correctas. El movimiento de un coche que se desplaza por una carretera es respecto de una gasolinera:

- a) Rotación.                      c) Absoluto.
- b) Traslación.                    d) Relativo.

Son correctas las afirmaciones b) y c).

4. Indica si el coche de la actividad anterior, respecto de un camión al que pretende adelantar, tiene movimiento absoluto o relativo.

Es relativo; porque el camión está en movimiento respecto del automóvil.

5. Indica si es falso o verdadero:

- a) Se puede estudiar el movimiento prescindiendo del sistema de referencia.
- b) El movimiento es un cambio de lugar.
- c) Un punto solamente puede tener movimiento de traslación.
- d) La Tierra se puede considerar un punto material cuando se mueve alrededor del Sol.

- a) Falso, porque el sistema de referencia es necesario para estudiar el movimiento.
- b) Falso, porque el movimiento consiste en un cambio de posición.
- c) Verdadero.
- d) Verdadero, porque sus dimensiones son despreciables comparadas con la distancia al Sol.

6. Observa la barca de la Figura 5.5 e indica cuál es la afirmación correcta:



- a) Tiene movimiento relativo respecto del agua de la orilla.
- b) Tiene movimiento absoluto respecto de la orilla y relativo respecto del agua.
- c) La barca solamente tiene movimiento absoluto.

Es correcta la afirmación b).

7. Para determinar la posición de un punto sobre un plano, ¿cuántos ejes cartesianos necesitas?

Se necesitan dos ejes para determinar la posición y la trayectoria en un plano.

8. Para determinar la posición de un barco en el océano, ¿cuántas coordenadas necesitas? ¿Qué nombre reciben?

Se necesitan dos coordenadas: longitud y latitud.

9. Un coche parte desde un semáforo y se mueve por una calle recta. ¿Cuántas coordenadas necesitas para determinar la posición del automóvil respecto al semáforo?

La trayectoria que sigue el coche es una recta. Por tanto, basta una coordenada.

10. Además del punto material, ¿qué otros modelos utilizados por la Física o la Química conoces?

Por ejemplo, un gas perfecto, el sistema solar, la carga eléctrica, etcétera.

11. Escribe los vectores de posición correspondientes a los siguientes puntos respecto al origen:

- a)  $P_1 (2, -3, 5)$ .
- b)  $P_2 (-1, 0, 6)$ .
- c)  $P_3 (0, 0, -2)$ .

$$\vec{r}_1 = 2 \vec{u}_x - 3 \vec{u}_y + 5 \vec{u}_z; \vec{r}_2 = -\vec{u}_x + 6 \vec{u}_z; \vec{r}_3 = -2 \vec{u}_z$$

12. Un punto móvil se desplaza en el espacio de acuerdo con las siguientes ecuaciones expresadas en el SI:

$$x = t + 2; y = 4t - 2; z = t^2$$

a) Completa la siguiente tabla de valores:

t	0	1	2	3	4
x					
y					
z					

b) Halla la posición del punto móvil para  $t = 15$  s.

c) Escribe el vector correspondiente a esa posición.

a)

t	0	1	2	3	4
x	2	3	4	5	6
y	-2	2	6	10	14
z	0	1	4	9	16

b) (17, 58, 225)

c)  $\vec{r} = 17 \vec{u}_x + 58 \vec{u}_y + 225 \vec{u}_z$

13. Carlos sale de su casa a comprar el periódico en una papelería situada a 120 m de la vivienda y luego regresa a su casa. ¿Qué afirmación es la correcta?

- a) Carlos se ha desplazado 120 m.
- b) Carlos se ha desplazado 240 m.
- c) Carlos no se ha desplazado.

**d) Carlos ha recorrido 240 m.**

Es correcta la afirmación c) porque, al final del recorrido, la posición es la misma que al principio y la d) porque efectivamente el espacio recorrido es 240 m.

14. Un ciclista se desplaza en línea recta 750 m. Si su posición final está a 1250 m del punto de referencia, el ciclista inició su recorrido desde una posición situada a:

- 750 m del punto de referencia.
- 1250 m del punto de referencia.
- 500 m del punto de referencia.
- No se puede hallar la posición de partida.

Elige la respuesta correcta.

De la definición de desplazamiento se obtiene que:

$$x_0 = x_t - \text{desplazamiento} = 1250 \text{ m} - 750 \text{ m} = 500 \text{ m.}$$

Estrictamente, y como no nos dan el signo del desplazamiento, también podría haber partido a 2000 m del punto de referencia:

$$x_0 = x_t - \text{desplazamiento} = 1250 \text{ m} - (-750 \text{ m}) = 2000 \text{ m}$$

15. Una vez iniciado el movimiento, ¿el espacio recorrido puede ser cero? ¿Puede ser cero el desplazamiento? Cita un ejemplo en que el espacio recorrido y el desplazamiento tengan el mismo valor.

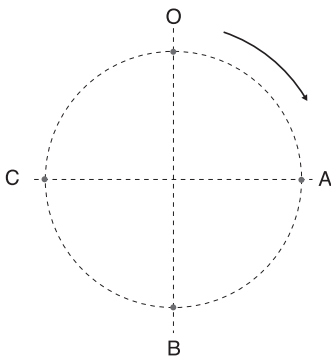
Una vez iniciado el movimiento, el espacio recorrido no puede ser cero:

$$e = |v_m|t \neq 0, \text{ puesto que } |v_m| \neq 0; t \neq 0$$

El desplazamiento puede ser cero. Esto ocurre cuando la posición inicial coincide con la posición final.

Cuando un objeto cae libremente desde una cierta altura, el espacio recorrido coincide con el desplazamiento.

16. Un ciclista recorre una pista circular de 20 m de radio partiendo del punto O en el sentido que indica la flecha de la Figura 5.18.



Calcula el espacio recorrido y el desplazamiento:

- Cuando el ciclista está en el punto A.
- Cuando se halla en el punto B.
- Cuando se encuentra en C.
- Cuando ha dado una vuelta completa.

$$a) \text{ Espacio recorrido: } \frac{2 \pi R}{4} = \frac{6,28 \cdot 20}{4} = 31 \text{ m}$$

$$\text{Desplazamiento: } |\vec{OA}| = R \sqrt{2} = 20 \sqrt{2} \text{ m} = 28 \text{ m}$$

$$b) \text{ Espacio recorrido: } \pi R = 63 \text{ m}$$

$$\text{Desplazamiento: } |\vec{OB}| = 2R = 40 \text{ m}$$

$$c) \text{ Espacio recorrido: } 3/4 (2 \pi R) = 94 \text{ m}$$

$$\text{Desplazamiento: } |\vec{OC}| = 28 \text{ m}$$

$$d) \text{ Espacio recorrido: } 2 \pi R = 126 \text{ m}$$

$$\text{Desplazamiento: } |\vec{OO}| = 0 \text{ m}$$

17. La rapidez de un móvil se mide en m/s en el SI, y en la práctica, en km/h. Expresa en m/s la rapidez con la que se mueve un coche que va a 144 km/h.

$$144 \text{ km/h} \cdot 1000 \text{ m/km} \cdot 1/3600 \text{ h/s} = 40 \text{ m/s}$$

18. Si la velocidad del sonido en el aire es de 340 m/s, ¿cuál será la velocidad de un avión en km/h cuando rompa la barrera del sonido?

$$340 \text{ m/s} \cdot 1 \text{ km}/1000 \text{ m} \cdot 3600 \text{ s/h} = 1224 \text{ km/h}$$

19. Cita algún ejemplo en que la velocidad de un vehículo cambia en módulo y dirección.

Por ejemplo, un motorista que frena al tomar una curva en un velódromo.

20. En el movimiento de un péndulo, ¿qué elementos de la velocidad se modifican?

El módulo, la dirección y el sentido.

21. El automóvil anterior toma una curva de forma que al principio de ella el velocímetro marca 90 km/h y al final 30 km/h.

a) ¿Tiene aceleración tangencial el coche? ¿Por qué?

b) ¿Tiene aceleración normal? ¿Por qué?

c) ¿Qué tipo de aceleración hubiera tenido el coche si durante toda la curva se hubiera desplazado a 30 km/h?

d) ¿Cuánto vale la aceleración media?

$$a) a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{8 \text{ m/s}}{t} \neq 0. \text{ Si tiene aceleración tangencial.}$$

$$b) \text{ También, por ser } a_n = \frac{v^2}{R} \neq 0.$$

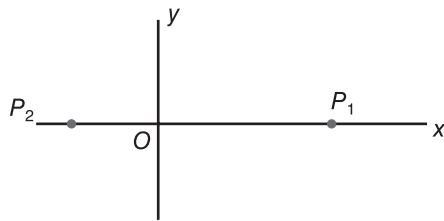
c) Sólo normal, al no haber variación de velocidad.

d) No se puede hallar, puesto que nos falta el dato del tiempo.

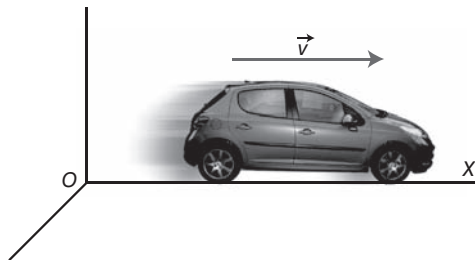
22. Escribe el signo correspondiente a la posición y a la velocidad en los siguientes casos:

a) La partícula de la figura se encuentra en el punto  $P_1$ , a 20 m del punto O que se toma como referencia.





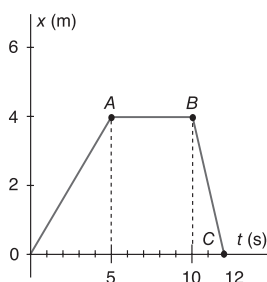
- b) La partícula se halla en  $P_2$ , a 10 m del punto  $O$ .
- c) El coche de la Fig. 5.26 se aleja del punto  $O$  con una rapidez de 20 m/s.



- d) Dicho coche retrocede a 2 m/s.
- a) Signo (+), porque se encuentra en el semieje positivo de  $OX$ . La posición sería  $x = 20$  m.
- b) Signo (-); porque la partícula se encuentra en el semieje negativo  $OX$ . La posición sería, pues,  $x = -10$  m.
- c) Signo positivo, porque el móvil se desplaza en el sentido del semieje positivo  $OX$  (hacia la derecha);  $v = 20$  m/s.
- d) Signo negativo, porque se desplaza en el sentido del semieje negativo  $OX$  (hacia la izquierda);  $v = -2$  m/s.

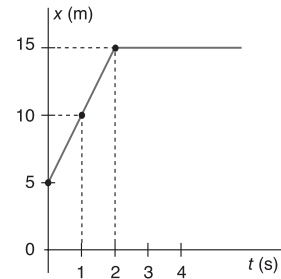
23. Un coche pasa por un punto  $A$  situado a 20 km del punto de referencia. ¿En qué punto se encontrará media hora más tarde si se desplaza con una velocidad media de 100 km/h?
- Se pide la posición al cabo de un tiempo, conocemos la posición inicial:
- $$x_t = x_0 + v_m t = 20 \text{ km} + 100 \text{ km/h} \cdot 0,5 \text{ h} = 70 \text{ km}.$$
- Se encontrará, pues, a 70 km del punto de referencia.

24. Dado el diagrama de la Fig. 5.34, indica qué afirmaciones son falsas:
- a) En el tramo  $OA$  la velocidad ha sido 0,8 m/s.
  - b) En el tramo  $AB$  la velocidad es 4/5 m/s.
  - c) En el tramo  $BC$  la velocidad es -2 m/s.
  - d) En el tramo  $AB$  el móvil está parado.



Es falsa la afirmación  $b)$ , porque en el tramo  $AB$  el móvil está parado: la posición no varía con el tiempo.

25. El movimiento rectilíneo de una partícula está descrito en el diagrama  $x-t$  de la Fig. 5.35.



- a) ¿Qué representa el valor  $x = 5$  m?
- b) ¿Qué significa el tramo horizontal?
- c) ¿Qué velocidad tiene la partícula en los intervalos de  $t = 0$  a  $t = 2$  s y de  $t = 2$  s a  $t = 4$  s?
- d) ¿Qué distancia recorre la partícula en 4 s?

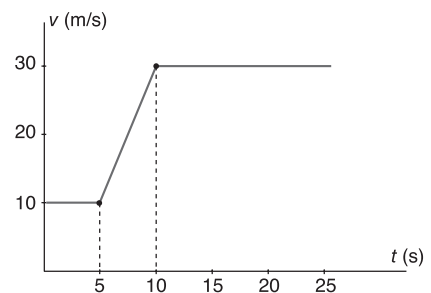
- a) Representa la posición inicial, es decir, el valor de  $x$  para  $t = 0$ .
- b) La posición no varía con el tiempo. La partícula, pues, no se mueve.

$$c) v_{0-2} = \frac{x_2 - x_0}{2 \text{ s}} = \frac{15 \text{ m} - 5 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$$

$$v_{2-4} = \frac{x_4 - x_2}{2 \text{ s}} = \frac{15 \text{ m} - 15 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 0 \text{ m/s}$$

$$d) d = x_4 - x_0 = 15 - 5 = 10 \text{ m}$$

26. Un cuerpo que se mueve en línea recta posee una velocidad que varía con el tiempo, según el diagrama de la Figura 5.39. Indica cuáles de las siguientes afirmaciones son correctas:



- a) Durante todo el recorrido ha tenido un MRUA.
- b) La aceleración media es 4 m/s<sup>2</sup>.
- c) La velocidad máxima es 72 km/h.
- d) La distancia recorrida en los diez primeros segundos es de 100 m.
- e) En el intervalo de 0 a 5 s el cuerpo está parado.
- f) En el intervalo de 10 s a 15 s el cuerpo se mueve sin aceleración.

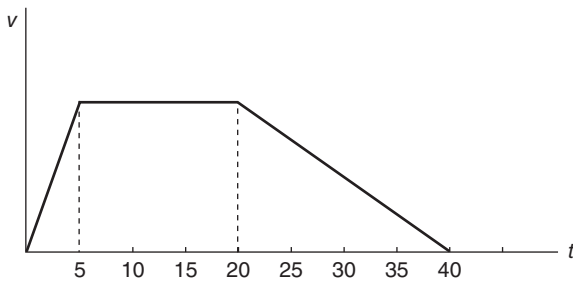
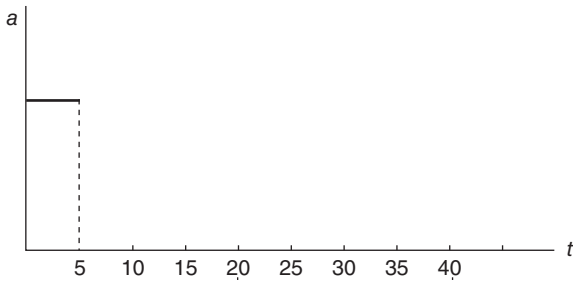
Son correctas las afirmaciones:

- b) Porque la aceleración media ha sido:

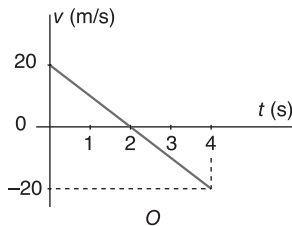
$$a = \frac{v_2 - v_0}{10 \text{ s} - 5 \text{ s}} = \frac{30 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{5 \text{ s}} = 4 \text{ m/s}^2$$

- f) Porque en el intervalo de 10 s a 15 s la velocidad es constante.

27. Un vehículo se mueve sobre una pista rectilínea durante 5 s con aceleración constante. Sigue con velocidad constante durante 15 s y luego frena de manera constante hasta parar, lo que consigue en 20 s. Dibuja los diagramas  $a-t$  y  $v-t$  de este movimiento.



28. En la Figura 5.41 está representado el diagrama  $v-t$  del movimiento de un objeto lanzado verticalmente hacia arriba desde el suelo.



Tomando para la gravedad el valor  $10 \text{ m/s}^2$ , indica qué afirmaciones son falsas:

- La aceleración cambia de sentido a los 2 s.
- La velocidad cambia de sentido a los 2 s.
- La altura máxima se alcanza a los 2 s.
- El objeto a los 3 s se encuentra a 10 m del suelo.
- La máxima altura alcanzada fue de 20 m.
- A los 4 s llega al suelo.

Son falsas las afirmaciones:

- Porque la aceleración de la gravedad no cambia de sentido: es siempre negativa.
- Porque a los 3 s se encuentra a 15 m del suelo:  

$$y = v_0 t + 1/2 g t^2 = 20 \text{ m/s} \cdot 3 \text{ s} - 5 \text{ m/s}^2 \cdot 9 \text{ s}^2 = 15 \text{ m}$$

29. Calcula la aceleración centrípeta de un objeto que se mueve sobre una circunferencia de 10 m de radio a 90 km/h.

La aceleración centrípeta viene dada por:

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{(25 \text{ m/s})^2}{10 \text{ m}} = 62,5 \text{ m/s}^2$$

30. Una piedra se ata a una cuerda de 1 m de longitud y se la hace girar describiendo circunferencias con una frecuencia de cinco vueltas por segundo.

Calcula:

- La velocidad angular en rpm.
- La rapidez, en km/h, con que gira la piedra.
- La aceleración centrípeta a que está sometido el cuerpo.

$$a) \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = 10\pi = 31,42 \text{ rad/s} = 300 \text{ rpm}$$

- b) La rapidez con que gira será:

$$v = \omega R = 31 \text{ rad/s} \cdot 1 \text{ m/rad} = 31 \text{ m/s} = 112 \text{ km/h}$$

$$c) a = \frac{v^2}{R} = \frac{(31 \text{ m/s})^2}{1 \text{ m}} = 961 \text{ m/s}^2$$

31. Calcula la velocidad de la barca del Ejemplo 15 en el caso de que el barquero:

- Reme a favor de la corriente.
- Reme contra la corriente.

- a) Las velocidades tienen la misma dirección y sentido. Por tanto, la velocidad resultante será:

$$v = v_1 + v_2 = 2 \text{ m/s} + 1 \text{ m/s} = 3 \text{ m/s}$$

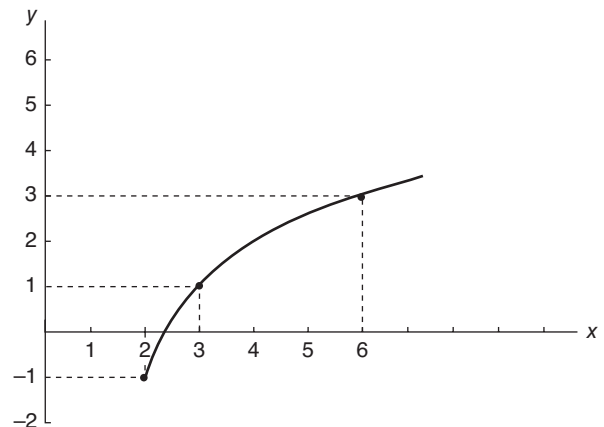
- b) Si rema contracorriente, las velocidades tienen la misma dirección pero sentido contrario, y la velocidad resultante es:

$$v = v_1 - v_2 = 2 \text{ m/s} - 1 \text{ m/s} = 1 \text{ m/s}$$

32. Representa gráficamente la trayectoria del movimiento definido por:

$$\begin{aligned} x &= 2 + t^2 \\ y &= -1 + 2t \end{aligned}$$

$t$	0	1	2
$x$	2	3	6
$y$	-1	1	3



33. ¿Cuáles de los siguientes objetos tendrán una trayectoria parabólica aproximada?

- Una pelota lanzada en una dirección arbitraria.



- b) Un avión a reacción.
  - c) Un paquete que se suelta desde el avión anterior.
  - d) Un cohete que sale de la plataforma de lanzamiento.
  - e) La lámpara que se desprende del techo de un vagón del AVE cuando éste se mueve a 200 km/h.
- a) Una pelota lanzada en una dirección arbitraria.
  - c) Un paquete que se suelta desde un avión en vuelo.
  - e) La lámpara que se desprende del techo de un vagón.

34. Desde lo alto de una torre de 50 m se deja caer un objeto; en el mismo instante se dispara contra él una bala a 200 m/s desde un punto del suelo situado a 100 m de la base de la torre. ¿Hará blanco la bala? En caso afirmativo, ¿en qué punto?

$$g_{ob} = (0, -9,8) \quad g_{ba} = (0, -9,8)$$

$$v_{ob} = (0, -9,8 t) \quad v_{ba} = (-200 \cos \alpha, 200 \sin \alpha - 9,8 t)$$

$$r_{ob} = (0, 50 - 4,9 t^2) \quad r_{ba} = (100 - 200 t \cos \alpha, 200 t \sin \alpha - 4,9 t^2)$$

Se encuentran si:

$$0 = 100 - 200 t \cos \alpha \quad [1]$$

$$50 - 4,9 t^2 = 200 t \sin \alpha - 4,9 t^2 \quad [2]$$

De la [2]  $50 = 200 t \sin \alpha \quad \frac{1}{4} = t \sin \alpha \quad [3]$

De la [1]  $100 = 200 t \cos \alpha \quad \frac{1}{2} = t \cos \alpha$

Elevando al cuadrado y sumando:

$$\frac{1}{16} + \frac{1}{4} = t^2 \sin^2 \alpha + t^2 \cos^2 \alpha = t^2 (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = t^2$$

$$\frac{5}{16} = t^2 \quad t = \frac{\sqrt{5}}{4} = 0,55 \text{ s}$$

de [3]  $\frac{\sqrt{5}}{4} \sin \alpha = \frac{1}{4} \quad \sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{5}} = \frac{\sqrt{5}}{5} \Rightarrow \alpha = 26,5^\circ$

Sí, si se lanza con un ángulo de  $26,5^\circ$ .

$$h_{ob} = 50 - 4,9 \cdot \left(\frac{\sqrt{5}}{4}\right)^2 = 50 - 4,9 \cdot \frac{5}{16} = 48,5 \text{ m}$$

Se encuentran en la pared de la torre y a 48,5 m de altura.

2. Un automóvil toma una curva de 100 m de radio con una rapidez constante de 36 km/h. ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son correctas?

- a) El coche no tiene aceleración porque su velocidad es constante.
- b) El coche tiene aceleración tangencial.
- c) La aceleración del coche vale  $1 \text{ m/s}^2$ .

Las soluciones b) y c) son verdaderas, porque cuando un móvil toma una curva, su vector velocidad cambia de dirección y por esto aparece la aceleración centrípeta, cuyo valor es:

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{(10 \text{ m/s})^2}{100 \text{ m}} = 1 \text{ m/s}^2$$

3. En un campeonato de esquí alpino un esquiador realiza el descenso haciendo muchas «eses», mientras que otro lo realiza en línea recta. Señala las afirmaciones falsas:

- a) Los dos han realizado el mismo desplazamiento.
- b) Los dos han recorrido la misma distancia.
- c) Los dos han seguido la misma trayectoria.
- d) Bajaron con la misma velocidad media si tardaron el mismo tiempo.

Las afirmaciones b) y c) son falsas, porque es evidente que los dos no corren la misma distancia ni han seguido la misma trayectoria.

4. Un automóvil toma una curva disminuyendo el módulo de su velocidad. Indica qué afirmaciones son verdaderas:

- a) Solamente existe aceleración tangencial.
- b) Solamente existe aceleración normal.
- c) Existen las dos aceleraciones anteriores.
- d) La aceleración normal es constante.

Cuando un móvil toma una curva disminuyendo la rapidez, aparecen la aceleración tangencial, debida a la variación del módulo, y la aceleración centrípeta, debida a la variación de la dirección.

5. Un compañero te dice: «Lanza una piedra verticalmente hacia arriba con todas tus fuerzas y te diré la altura que has alcanzado utilizando un cronómetro.» Lanzas la piedra y tu compañero observa que la piedra tarda 8 s en volver al suelo.

- a) ¿Con qué velocidad lanzaste la piedra?
- b) ¿Qué altura alcanzó ésta?

La piedra volverá al suelo cuando se cumpla que  $y = y_0 = 0$ . Por tanto, la ecuación del movimiento tomará la forma  $0 = v_0 t + 1/2 g t^2$

De donde  $v_0 = -1/2 g t = -1/2 \cdot (-9,8 \text{ m/s}^2) \cdot 8 \text{ s} = 39 \text{ m/s}$

La altura máxima se alcanza cuando  $v_t = 0$ , y se puede calcular a partir de  $v_t^2 - v_0^2 = 2 g h$

$$h = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2 g} = \frac{0 - (39 \text{ m/s})^2}{-19,6 \text{ m/s}^2} = 78 \text{ m}$$

## ■ Problemas propuestos

### ■ Para afianzar

1. Indica qué afirmaciones son verdaderas. La velocidad media de una partícula en un intervalo de tiempo es:

- a) El cociente entre el desplazamiento y el intervalo de tiempo.
- b) El cociente entre el espacio recorrido y el intervalo de tiempo.
- c) Es igual cualquiera que sea la trayectoria.
- d) Depende de la trayectoria.

Son correctas las respuestas a) y c), como se deduce de la propia definición de velocidad media.

6. De las siguientes afirmaciones, indica cuáles son falsas:

- Si la velocidad de un cuerpo es nula, la aceleración también lo es.
- Si la aceleración de un cuerpo es nula, la velocidad también lo es.
- La velocidad y la aceleración son vectores que tienen siempre la misma dirección, aunque su sentido puede ser diferente.

Se pueden citar ejemplos que demuestran que las tres afirmaciones son falsas.

- Cuando se lanza un cuerpo verticalmente hacia arriba, su velocidad es cero cuando alcanza el punto más alto. Sin embargo, está sometido a la aceleración de la gravedad. Cuando un péndulo se encuentra en los extremos de la oscilación no tiene velocidad; en cambio, su aceleración es máxima.
- En el movimiento rectilíneo y uniforme la aceleración es cero; en cambio, la velocidad no lo es.
- Los vectores velocidad y aceleración tienen distinta dirección en los movimientos curvilíneos.

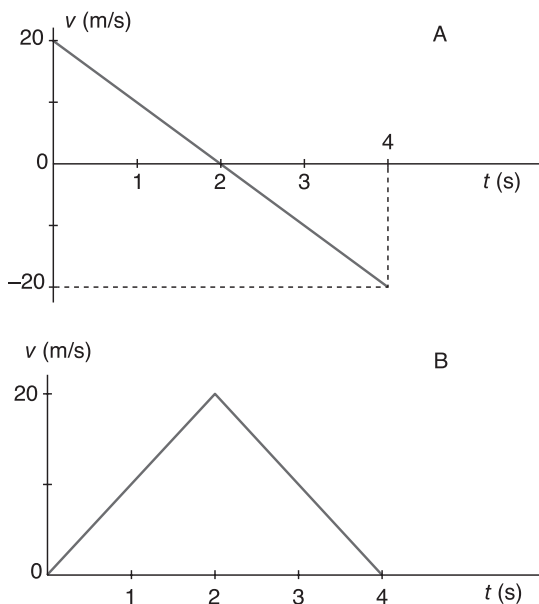
7. Un tren marcha a una cierta velocidad y en un momento dado se desprende del techo de un vagón una lámpara. Di cómo observaría este fenómeno:

- Un observador que va en el tren.
- Un observador que estuviera parado fuera del tren.

El observador que va en el tren solamente percibe el movimiento de caída libre.

El observador que está parado fuera del tren percibe los dos movimientos independientes de la lámpara: el del tren, que por inercia tiende a conservar, y el movimiento de caída libre. La composición de los dos movimientos da como resultado el movimiento parabólico.

8. En una de las Fig. 5.62 y 5.63 está representado el diagrama  $v-t$  del movimiento de un objeto lanzado verticalmente hacia arriba desde el suelo.



Indica qué afirmaciones son falsas:

- El diagrama que representa dicho movimiento es B, no es A.
- La aceleración cambia de sentido a los 2 s.
- La velocidad cambia de sentido a los 2 s.
- La altura máxima se alcanza a los 2 s.
- El móvil a los 3 s se encuentra a 10 m de altura.
- La altura máxima alcanzada fue de 20 m.
- A los 4 s llega al suelo.

Datos:  $g = 10 \text{ m/s}^2$

El diagrama correcto es el representado en la figura A. Por tanto, es falsa la afirmación a). En efecto, la figura A responde a las condiciones del problema: se lanza el cuerpo con velocidad inicial positiva. Esta velocidad disminuye uniformemente con el tiempo, hasta que se anula a los dos segundos. Esto ocurre en el punto más alto. A partir de ahí inicia el descenso (velocidad negativa) partiendo del reposo y llega al suelo con la misma rapidez con que salió, empleando dos segundos en caer.

Es falsa la afirmación b), porque el sentido de la aceleración de la gravedad no ha variado.

Es falsa la afirmación e), porque el móvil a los tres segundos se encuentra a 15 m de altura.

9. Un móvil describe una trayectoria circular de 1,0 m de radio treinta veces por minuto. Calcula:

- El periodo.
- La frecuencia.
- La velocidad angular.
- La velocidad tangencial y la aceleración centrípeta de este movimiento.

a) Periodo es el tiempo empleado en dar una vuelta.

$$\text{Por tanto, vale: } T = \frac{60 \text{ s}}{30 \text{ vueltas}} = 2 \text{ s/vuelta.}$$

b) La frecuencia es inversa del periodo:  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \text{ s/vuelta}} = 0,5 \text{ vueltas/s}$

c) La velocidad angular viene dada por:

$$\omega = \frac{2 \pi \text{ rad/vuelta}}{2 \text{ s/vuelta}} = 3,14 \text{ rad/s}$$

d) La velocidad tangencial y la aceleración centrípeta son respectivamente:

$$v = \omega R = 3,14 \text{ rad/s} \cdot 1,0 \text{ m/rad} = 3,14 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{(3,14 \text{ m/s})^2}{1,0 \text{ m}} = 9,9 \text{ m/s}^2$$

## ■ Para repasar

10. Un avión se ha desplazado 600 km hacia el norte, 1000 km hacia el sur y 500 km hacia el norte.

- ¿Cuál ha sido el desplazamiento total del avión?



b) ¿Qué distancia ha recorrido?

c) ¿Cuál ha sido su velocidad media si ha empleado 5 h en el recorrido?

El desplazamiento es una magnitud vectorial. Los tres desplazamientos han sido en la misma dirección, pero en sentido contrario. El desplazamiento total será:

$$600 \text{ km} - 1000 \text{ km} + 500 \text{ km} = 100 \text{ km hacia el norte.}$$

La distancia es una magnitud escalar. Por tanto, se suman los recorridos anteriores:

$$600 \text{ km} + 1000 \text{ km} + 500 \text{ km} = 2100 \text{ km}$$

La velocidad con que se ha desplazado es:

$$100 \text{ km}/5 \text{ h} = 20 \text{ km/h}$$

11. Una persona está sentada en un banco del parque público. En un momento dado decide dar un pequeño paseo: recorre 100 m hacia el oeste, se para y luego recorre 60 m hacia el este.

a) ¿Cuál es la posición final de la persona respecto del banco?

b) ¿Cuál es el desplazamiento?

c) ¿Qué espacio ha recorrido?

a)  $100 \text{ m} - 60 \text{ m} = 40 \text{ m}$  al oeste del punto de partida.

b) 40 m hacia el oeste.

c) 160 m.

12. Un ciclista acelera durante 10 s pasando de 5 m/s a 36 km/h. Calcula su aceleración media.

Aplicamos la definición operativa de aceleración media:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{10 \text{ m/s} - 5 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = 0,5 \text{ m/s}^2$$

13. Una pelota de tenis llega a un jugador con una rapidez de 20 m/s. Este jugador golpea la pelota de manera que ésta sale en la misma dirección, pero en sentido contrario, a 35 m/s. Si la pelota ha estado en contacto con la raqueta durante 0,2 s, calcula:

a) ¿Cuánto ha variado la rapidez de la pelota?

b) ¿Cuánto vale el módulo de la aceleración media?

a)  $|\vec{v}_2| - |\vec{v}_1| = 35 \text{ m/s} - 20 \text{ m/s} = 15 \text{ m/s}$

b)  $\vec{a} = \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_2}{t} = \frac{-35 \text{ m/s} - (+20 \text{ m/s})}{0,2 \text{ s}} =$

$$= \frac{-55 \text{ m/s}}{0,2 \text{ s}} = -275 \text{ m/s}^2$$

$$|\vec{a}| = 275 \text{ m/s}^2$$

14. Un automóvil que se mueve en línea recta acelera en un momento dado a razón de  $2 \text{ m/s}^2$ . ¿Durante cuánto tiempo debe estar acelerando para que el velocímetro pase de 90 km/h a 120 km/h?

Incremento de velocidad:  $30 \text{ km/h} = 8,3 \text{ m/s}$

Tiempo empleado:  $t = \frac{8,3 \text{ m/s}}{2,0 \text{ m/s}^2} = 4,2 \text{ s}$

15. Un automóvil, al pasar por un punto A, tiene una velocidad de 128 km/h, y cuando pasa por otro punto B, distante 120 m del anterior, la velocidad es de 35 km/h. Calcula:

a) El valor de la aceleración.

b) Cuánto tiempo tarda el auto en pasar de A hasta B.

c) A qué distancia de A se detendrá el automóvil.

Tomamos el punto A como referencia. Conocemos los siguientes datos:

— Velocidad inicial  $v_0 = v_A = 128 \text{ km/h} = 35,6 \text{ m/s}$

— Velocidad final  $v_t = v_B = 35 \text{ km/h} = 9,7 \text{ m/s}$

— Desplazamiento  $x = x_t - x_0 = x_B - x_A = 120 \text{ m}$

a) La aceleración la obtenemos de:  $v_t^2 - v_0^2 = 2 a x$

$$a = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2 x} = \frac{(9,7 \text{ m/s})^2 - (35,6 \text{ m/s})^2}{240 \text{ m}} = -4,9 \text{ m/s}^2$$

b) Tiempo empleado  $t = \frac{v_t - v_0}{a} =$

$$= \frac{9,7 \text{ m/s} - 35,6 \text{ m/s}}{-4,9 \text{ m/s}^2} = 5,3 \text{ s}$$

c) Se detiene en un punto C, cuando se cumple:

$$v_t = v_c = 0$$

De la ecuación  $v_t^2 - v_0^2 = 2 a (x_c - x_A)$  despejamos la distancia entre los puntos A y C.

$$x_c - x_A = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2 a} = \frac{0 - (35,6 \text{ m/s})^2}{-9,8 \text{ m/s}^2} = 129 \text{ m}$$

16. Un avión que parte del reposo acelera uniformemente hasta alcanzar una velocidad de despegue de 75 m/s en 5,0 s.

a) ¿Con qué velocidad en km/h despegar el avión?

b) ¿Cuál es su aceleración?

c) ¿Qué longitud de pista ha recorrido hasta despegar?

d) ¿Qué distancia recorre en el último segundo?

a)  $75 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \cdot \frac{1}{1000} \frac{\text{km}}{\text{m}} = 270 \text{ km/h}$

b)  $a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{75 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{5,0 \text{ s}} = 15 \text{ m/s}^2$

c)  $x = v_0 t + 1/2 a t^2 = 0,5 \cdot 15 \text{ m/s}^2 \cdot (5,0 \text{ s})^2 = 188 \text{ m}$

d)  $x_{4-5} = 188 \text{ m} - 0,5 \cdot 15 \text{ m/s}^2 \cdot (4,0 \text{ s})^2 = 68 \text{ m}$

17. Un ventilador gira a 360 rpm. En un momento dado se desenchufa de la corriente y tarda 35 s en pararse.

a) ¿Qué aceleración angular tiene?

b) ¿Con qué velocidad gira 15 s después de apagarlo?

c) ¿Cuántas vueltas da hasta que se para?

Velocidad angular inicial:

$$\omega_0 = 360 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot 2 \pi \frac{\text{rad}}{\text{rev}} = 37,7 \text{ rad/s}$$

a)  $\alpha = \frac{\omega_t - \omega_0}{t} = \frac{0 - 37,7 \text{ rad/s}}{35 \text{ s}} = -1,1 \text{ rad/s}^2$

$$b) \omega = \omega_0 + \alpha t = 37,7 \text{ rad/s} - 1,1 \text{ rad/s}^2 \cdot 15 \text{ s} = 22 \text{ rad/s}$$

$$c) \theta = \omega_0 t + 1/2 \alpha t^2 = [37,7 \text{ rad/s} \cdot 35 \text{ s}] -$$

$$- \left[ 0,5 \cdot 1,1 \text{ rad/s}^2 \cdot (35 \text{ s})^2 \cdot \frac{1 \text{ vuelta}}{2 \pi \text{ rad}} \right] = 105 \text{ vueltas}$$

18. Una fuente tiene el caño a una distancia vertical del suelo 0,50 m. El chorro del líquido, que sale horizontalmente, da en el suelo a 0,80 m del pie de la vertical. ¿Con qué velocidad sale el agua?

El agua tiene dos movimientos independientes:

- Uno horizontal, debido a la presión,  $x = v t$ .
- Otro vertical de caída libre,  $y = y_0 + 1/2 g t^2$ .

De la composición de estos dos movimientos resulta el movimiento parabólico que se observa.

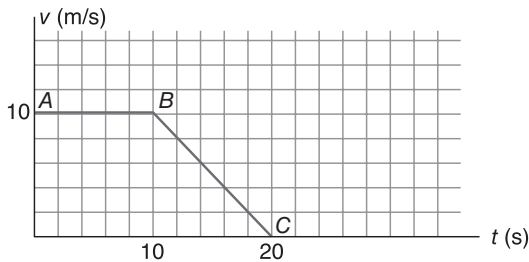
Si tomamos el suelo como referencia, se tiene que:  $y = 0$ ,  $y_0 = 0,50 \text{ m}$ . Si eliminamos el tiempo en las ecuaciones anteriores, se obtiene la ecuación cartesiana de la trayectoria parabólica:

$$y = y_0 + \frac{1}{2} g \left( \frac{x}{v} \right)^2$$

De donde despejamos la velocidad:

$$v = \sqrt{\frac{g x^2}{2 (y - y_0)}} = \sqrt{\frac{-9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (0,80 \text{ m})^2}{2 (0 - 0,50) \text{ m}}} = 2,5 \text{ m/s}$$

19. Teniendo en cuenta el diagrama de la Fig. 5.64, indica qué afirmaciones son correctas:



- a) En el tramo AB el móvil está parado.  
 b) En el tramo BC la aceleración es  $1 \text{ m/s}^2$ .  
 c) La distancia recorrida en el tramo BC es de 50 m.  
 d) En el tramo BC el movimiento es uniforme.

La afirmación correcta es la c).

En el tramo BC el movimiento se realiza con aceleración

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{0 - 10 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = -1 \text{ m/s}^2$$

Por lo tanto, la distancia recorrida será:

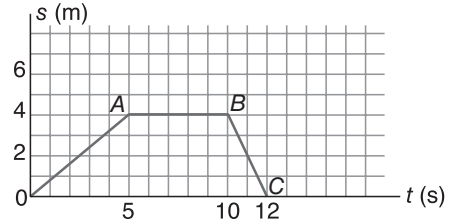
$$x = v_0 t + 1/2 a t^2$$

$$x = 10 \text{ m/s} \cdot 10 \text{ s} - 0,5 \cdot 1 \text{ m/s}^2 \cdot (10 \text{ s})^2 = 50 \text{ m}$$

Las demás afirmaciones son falsas, porque:

- En el tramo AB el móvil se desplaza con velocidad constante de 10 m/s. Por lo tanto, no está parado.
- En el tramo BC la aceleración no es  $1 \text{ m/s}^2$ , sino  $-1 \text{ m/s}^2$ . Por tanto, el movimiento no es uniforme.

20. Dado el diagrama de la Fig. 5.65, indica qué afirmaciones son falsas:



- a) En el tramo OA la velocidad ha sido 0,8 m/s.  
 b) En el tramo AB la velocidad es 0,8 m/s.  
 c) En el tramo BC la velocidad es  $-2 \text{ m/s}$ .  
 d) En el tramo AB el móvil está parado.

Es falsa la afirmación b), porque en el tramo AB la posición permanece constante. Por tanto, la velocidad es cero.

Las demás afirmaciones son verdaderas:

- En el tramo OA la velocidad media es  $4 \text{ m} / 5 \text{ s} = 0,8 \text{ m/s}$
- En el tramo BC la velocidad es  $\frac{0 - 4 \text{ m}}{2 \text{ s}} = -2 \text{ m/s}$
- En el tramo AB el móvil está parado.

21. Un avión vuela horizontalmente a 900 m del suelo con una velocidad constante de 540 km/h. ¿A qué distancia de la vertical sobre un claro de la selva debe lanzar una caja de ayuda humanitaria para que llegue a su destino?

La caja, al abandonar el avión, está sometida a dos movimientos: el del avión y el de caída libre:

$$x = v t, \text{ siendo } v = 540 \text{ km/h} = 150 \text{ m/s}$$

$$y = y_0 + 1/2 g t^2$$

Si tomamos el suelo como nivel de referencia  $y_0 = 900 \text{ m}$ ,  $y = 0$  cuando la caja llega al suelo.

Tiempo que tarda en caer:

$$0 = 900 \text{ m} - 0,5 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot t^2$$

De donde se obtiene que  $t = 13,6 \text{ s}$

Luego la distancia será:

$$x = v t = 150 \text{ m/s} \cdot 13,6 \text{ s} = 2040 \text{ m}$$

22. El récord mundial de salto de altura vertical está en 2,44 m. ¿Cuál debe ser la velocidad mínima del saltador para superar dicha altura?

En el punto más alto  $v = 0$ ; despejamos la velocidad inicial en la ecuación  $v^2 - v_0^2 = 2 g h$

$$v = \sqrt{-2 g h} = \sqrt{-2 \cdot (-9,8 \text{ m/s}^2) \cdot 2,44 \text{ m}} = 6,92 \text{ m/s}$$

23. El récord mundial de salto de longitud está en 8,95 m. ¿Cuál debe ser la velocidad mínima de un saltador, cuya trayectoria forma un ángulo de  $45^\circ$  respecto al suelo, para superar dicha distancia?

Se puede considerar un tiro oblicuo de ecuaciones:

$$x = v_0 \cos \alpha t$$

$$y = v_0 \sin \alpha t - 1/2 g t^2$$

Cuando vuelve a tocar el suelo se cumple que  $y = 0$ .

El tiempo que el saltador está en el aire:

$$t = \frac{2 v_0 \operatorname{sen} \alpha}{g}$$

El alcance horizontal será:

$$x = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2 v_0 \operatorname{sen} \alpha}{g} = \frac{2 v_0^2 \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \operatorname{sen} 2\alpha}{g} = \frac{v_0^2}{g}, \text{ para } \alpha = 45^\circ$$

Luego la velocidad será  $v = \sqrt{x g} = \sqrt{8,95 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 9,37 \text{ m/s}$

$$v_0^2 + 15 v_0 - 800 = 0$$

De donde  $v_0 = 21,76 \text{ m/s} \Rightarrow 78 \text{ km/h}$

## Para profundizar

24. Un vehículo viaja por una calle a 50 km/h. De repente un niño atraviesa corriendo la calzada. Si el conductor tarda 0,8 s en reaccionar y oprimir los frenos:

a) ¿Cuántos metros recorrerá antes de empezar a frenar?

b) Una vez que pisa los frenos, ¿podrá parar en 0,5 m, supuesta una aceleración de frenado de  $-20 \text{ m/s}^2$ ?

a) Durante los 0,8 s el coche se mueve con la velocidad que tenía, y recorrerá una distancia:

$$x = v t = 13,9 \text{ m/s} \cdot 0,8 \text{ s} = 11 \text{ m}$$

b) El espacio de frenado se obtiene de la ecuación:

$$2 a x = v_f^2 - v_0^2 \Leftrightarrow x = \frac{v_f^2 - v_0^2}{2 a} = \frac{0^2 - \left(50 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}\right)^2}{2 \cdot \left(-20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} = 4,8 \text{ m}$$

No puede parar en 0,5 m

25. Un conductor que viaja de noche en un automóvil a 100 km/h ve de repente las luces de señalización de una valla que se encuentra a 40 m en medio de la calzada. Si tarda 0,75 s en pisar el pedal de los frenos y la deceleración máxima del automóvil es de  $10 \text{ m/s}^2$ :

a) ¿Chocará con la valla? Si es así, ¿a qué velocidad?

b) ¿Cuál será la velocidad máxima a la que puede viajar el automóvil sin que colisione con la valla?

a) Distancia recorrida antes de frenar:

$$x = v t = 27,8 \text{ m/s} \cdot 0,75 \text{ s} = 20,8 \text{ m}$$

Cuando empieza a frenar, la valla se encuentra a una distancia de  $40 \text{ m} - 20,8 \text{ m} = 19,2 \text{ m}$ .

Velocidad del coche después de recorrer esa distancia:

$$v^2 = (27,8 \text{ m/s})^2 - 2 \cdot (10 \text{ m/s}^2) \cdot 19,2 \text{ m} = 388,84 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$v = 19,7 \text{ m/s} = 70 \text{ km/h}$$

b) Para parar sin colisionar con la valla, el vehículo debe tener la velocidad:

$$v_0 \cdot 0,75 \text{ s} + \frac{v_0^2}{2 \cdot 10} = 40 \text{ m}$$

26. Un camión y un automóvil inician el movimiento en el mismo instante, en la misma dirección y sentido desde dos semáforos contiguos de la misma calle. El camión tiene una aceleración constante de  $1,2 \text{ m/s}^2$ , mientras que el automóvil acelera con  $2,4 \text{ m/s}^2$ . El automóvil alcanza al camión después de que éste ha recorrido 50 m.

a) ¿Cuánto tiempo tarda el automóvil en alcanzar al camión?

b) ¿Qué distancia separa los dos semáforos?

c) ¿Qué velocidad posee cada vehículo cuando están emparejados?

a) Tiempo transcurrido desde que se inicia el movimiento hasta ser alcanzado por el automóvil:

$$x = 1/2 a t^2; t = \sqrt{\frac{2x}{a}} = \sqrt{\frac{100 \text{ m}}{1,2 \text{ m/s}^2}} = 9,1 \text{ s}$$

b) Durante ese tiempo el automóvil ha recorrido la distancia  $x = x_0 + 50 \text{ m}$ , siendo  $x_0$  la distancia que separa los dos semáforos.

$$x_0 + 50 \text{ m} = 1/2 \cdot 2,4 \text{ m/s}^2 \cdot (9,1 \text{ s})^2$$

$$x_0 = 50 \text{ m}$$

c) Camión:  $v_1 = a_1 t = 1,2 \text{ m/s}^2 \cdot 9,1 \text{ s} = 10,9 \text{ m/s} = 39 \text{ km/h}$

Automóvil:  $v_2 = 2,4 \text{ m/s}^2 \cdot 9,1 \text{ s} = 21,8 \text{ m/s} = 79 \text{ km/h}$

27. Dos jóvenes se mueven en la misma dirección, dirigiéndose el uno al encuentro del otro. Inician el movimiento al mismo tiempo desde las porterías de un campo de fútbol con velocidades medias respectivas  $v_1 = 3,5 \text{ m/s}$  y  $v_2 = 5,0 \text{ m/s}$ . Sabiendo que el encuentro tiene lugar a 28 m de la posición de partida del primero, determina:

a) El tiempo transcurrido hasta que se encuentran.

b) La longitud del campo de fútbol.

a) Tiempo transcurrido  $t = \frac{e_1}{v_1} = \frac{28 \text{ m}}{3,5 \text{ m/s}} = 8 \text{ s}$

Distancia recorrida por el segundo:  $e_2 = v_2 t = 5,0 \text{ m/s} \cdot 8 \text{ s} = 40 \text{ m}$

b) La longitud del campo de fútbol será:  $28 \text{ m} + 40 \text{ m} = 68 \text{ m}$

28. Un tren del metro sale de una estación A; acelera a razón de  $0,5 \text{ m/s}^2$  durante 10,0 s y luego con  $2,0 \text{ m/s}^2$  hasta alcanzar la velocidad de 54 km/h. El tren mantiene la misma velocidad hasta que se acerca a la estación B. En ese momento frena uniformemente hasta pararse en 10,0 s. El tiempo total desde A hasta B ha sido de 60,0 s. ¿Qué distancia hay entre las estaciones A y B?

Primera fase:

$$x_1 = 1/2 a t^2 = 1/2 \cdot 0,5 \text{ m/s}^2 \cdot (10,0 \text{ s})^2 = 25 \text{ m}$$

$$v = a t = 0,5 \text{ m/s}^2 \cdot 10,0 \text{ s} = 5 \text{ m/s}$$

Segunda fase:

$$x_2 = \frac{v^2 - v_0^2}{2 a} = \frac{(15 \text{ m/s})^2 - (5 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 2,0 \text{ m/s}^2} = 50 \text{ m}$$

$$t = \frac{(15 - 5) \text{ m/s}}{2,0 \text{ s}} = 5 \text{ s}$$

Tercera fase:

$$x_3 = vt = 15 \text{ m/s} \cdot 5 \text{ s} = 75 \text{ m}$$

$$\text{siendo } t = 60 \text{ s} - 25 \text{ s} = 35 \text{ s}$$

Cuarta fase:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{0 - 15 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = -1,5 \text{ m/s}^2$$

$$x_4 = \frac{0 - (15 \text{ m/s})^2}{2(-1,5 \text{ m/s}^2)} = 75 \text{ m}$$

La distancia entre las dos estaciones es la suma de las distancias recorridas en las distintas fases:

$$25 \text{ m} + 50 \text{ m} + 75 \text{ m} = 150 \text{ m}$$

- 29. Desde lo alto de una torre de altura  $h$  se deja caer un objeto. ¿A qué distancia del suelo tendrá una velocidad igual a la mitad de la que tiene cuando llega al suelo?**

Velocidad cuando llega al suelo:  $v^2 = 2gh$

Velocidad cuando se halla en el punto  $y$ , que se pide:

$$\left(\frac{v}{2}\right)^2 = 2g(h - y)$$

$$2gh = 8g(h - y) \Rightarrow y = \frac{3}{4}h$$

- 30. Lanzas un cuerpo verticalmente hacia arriba de forma que tiene una velocidad de 8,0 m/s cuando ha alcanzado la mitad de la altura máxima a la que puede subir:**

a) ¿Con qué velocidad se lanzó?

b) ¿A qué altura sube?

c) ¿Qué velocidad posee un segundo después de ser lanzado?

$$\text{Altura máxima alcanzada } h = \frac{0 - v_0^2}{-2g}$$

A la mitad de dicha altura se cumple:

$$\frac{h}{2} = \frac{(8,0 \text{ m/s})^2 - v_0^2}{-2g}$$

De las dos igualdades anteriores se obtiene:

$$\frac{-v_0^2}{2g} = \frac{64,0 \text{ m}^2/\text{s}^2 - v_0^2}{-g}$$

$$\text{De donde } v_0^2 = 128 \text{ m}^2/\text{s}^2; v_0 = 11,3 \text{ m/s}$$

$$\text{Altura alcanzada } h = \frac{0 - v_0^2}{-2g} = \frac{-128 \text{ m}^2/\text{s}^2}{-19,6 \text{ m/s}^2} = 6,5 \text{ m}$$

$$v = v_0 + gt = 11,3 \text{ m/s} - 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \text{ s} = 1,5 \text{ m/s}$$

- 31. Se lanza una piedra verticalmente hacia arriba desde un punto sobre un puente situado a 35 m del agua. Si la piedra golpea el agua 4 s después de soltarla, calcula:**

a) La velocidad con que se lanzó.

b) La velocidad con que golpeó el agua.

Tomamos como referencia el punto del puente que se indica en el problema. De acuerdo con esto, el agua está a 35 m por de-

bajo de dicho punto. Por tanto, la piedra toca el agua cuando se encuentra en la posición  $y = -35 \text{ m}$ ; además  $y_0 = 0$ .

a) Sustituimos estos valores en la ecuación del movimiento de caída libre:

$$-35 \text{ m} = v_0 \cdot 4 \text{ s} - 0,5 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 16 \text{ s}^2$$

$$\text{De donde } v_0 = 11 \text{ m/s}$$

$$b) v = v_0 + gt = 11 \text{ m/s} - 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 4 \text{ s} = -28 \text{ m/s}$$

- 32. Se lanza desde el suelo hacia arriba un objeto al mismo tiempo que se deja caer otro desde una altura de 45 m. ¿Con qué velocidad se debe lanzar el primero para que los dos lleguen al suelo al mismo tiempo?**

Se trata de dos movimientos de caída libre. Tomamos el suelo como referencia:

$y_0 = 0$  para el primer objeto

$y_0 = 45 \text{ m}$   $v_0 = 0$  para el segundo objeto.

Tiempo que tarda el segundo objeto en llegar al suelo:

$$0 = 45 \text{ m} - 1/2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot t^2 \quad t = 3 \text{ s}$$

Sustituyendo este valor en la ecuación del primer objeto obtenemos la velocidad inicial:

$$0 = v_0 t + 1/2 g t^2$$

$$v_0 = -1/2 g t = -1/2 \cdot (-9,8 \text{ m/s}^2) \cdot 3 \text{ s} = 15 \text{ m/s}$$

- 33. Se deja caer una piedra desde el brocal de un pozo y tarda 2,3 s en percibirse el sonido producido en el choque con el agua. Si la velocidad del sonido en el aire es de 340 m/s, ¿a qué profundidad está el agua?**

El problema trata de dos movimientos: el de la piedra en caída libre, y el del sonido que es rectilíneo y uniforme.

El tiempo total de los dos movimientos es 2,3 s. Tomamos el nivel del agua como referencia y llamamos  $h$  a la profundidad a la que está el agua.

$$\text{Movimiento de la piedra: } 0 = h + 1/2 g t^2$$

$$\text{Movimiento del sonido: } h = v(2,3 \text{ s} - t)$$

De este sistema de ecuaciones se obtiene:  $t = 2,23 \text{ s}$ , que es el tiempo empleado por la piedra en llegar al agua. Si lo sustituimos en la 1.ª ecuación, obtenemos el valor de  $h$ :

$$h = -1/2 g t^2 = -1/2 \cdot (-9,8 \text{ m/s}^2) \cdot (2,23 \text{ s})^2 = 24 \text{ m}$$

- 34. Un ciclista parte del reposo en un velódromo circular de 50 m de radio, y va moviéndose con movimiento uniformemente acelerado hasta que, a los 50 s de iniciada la marcha, alcanza una velocidad de 36 km/h; desde este momento conserva su velocidad. Calcula:**

a) La aceleración tangencial y la aceleración angular en la primera etapa del movimiento.

b) La aceleración normal en el momento de cumplirse los 50 s.

c) La longitud de pista recorrida en los 50 s.

d) El tiempo que tarda en dar una vuelta a la pista con velocidad constante.





e) El número de vueltas que da en 10 minutos contados desde que inició el movimiento.

$$a) a_t = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{10 \text{ m/s} - 0}{50 \text{ s}} = 0,2 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha = \frac{a}{R} = \frac{0,2 \text{ m/s}^2}{50 \text{ m/rad}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ rad/s}^2$$

$$b) a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(10 \text{ m/s})^2}{50 \text{ m}} = 2 \text{ m/s}^2$$

$$c) e = 1/2 a t^2 = 1/2 \cdot 0,2 \text{ m/s}^2 \cdot (50 \text{ s})^2 = 250 \text{ m}$$

$$d) t = \frac{2 \pi R}{v} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} = 31 \text{ s}$$

e) Número de vueltas en los 50 s iniciales:

$$n = \frac{e}{2 \pi R} = \frac{250 \text{ m}}{314 \text{ m/vuelta}} = 0,8 \text{ vueltas}$$

Número de vueltas en el tiempo 600 s - 50 s = 550 s

$$n = \frac{v t}{2 \pi R} = \frac{10 \text{ m/s} \cdot 550 \text{ s}}{314 \text{ m/vuelta}} = 17,5 \text{ vueltas}$$

Número total de vueltas: 17,5 + 0,8 = 18

35. Se dispara un proyectil con una velocidad inicial de 500 m/s batiendo un objetivo situado a 1200 m en la misma horizontal del punto de lanzamiento. Calcula el ángulo de elevación.

El movimiento del proyectil viene determinado por las ecuaciones:

$$\begin{cases} x = v_0 \cos \alpha t \\ y = y_0 + v_0 \sin \alpha t + 1/2 g t^2 \end{cases}$$

Alcanza el blanco cuando  $y = y_0 = 0$

El sistema de ecuaciones toma la forma:

$$\begin{cases} x = v_0 \cos \alpha t \\ 0 = v_0 \sin \alpha t + 1/2 g t^2 \end{cases}$$

Eliminamos el tiempo:

$$\frac{x}{v_0 \cos \alpha} = \frac{-2 v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$2 \sin \alpha \cos \alpha = \frac{x g}{-v_0^2} = \frac{-9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1200 \text{ m}}{-250000 \text{ m}^2/\text{s}^2} = 0,046$$

$$\sin 2 \alpha = 0,046; 2 \alpha = 2,696^\circ; \alpha = 1,34^\circ$$

$$2 \alpha = 177,304^\circ; \alpha = 88,66^\circ$$

36. Se lanza desde el suelo una pelota bajo un ángulo de 30° con la horizontal y cae en la terraza de un edificio situado a 30 m de distancia. Si la terraza está a una altura de 10 m, calcula la velocidad con que se lanzó.

Ecuaciones del movimiento:

$$x = v_0 \cos \alpha t$$

$$y = y_0 + v_0 \sin \alpha t + 1/2 g t^2$$

Tomamos el suelo como referencia; por tanto,  $y_0 = 0$

La pelota cae en la terraza cuando  $x = 30 \text{ m}$ ,  $y = 10 \text{ m}$

$$30 \text{ m} = v_0 \cos \alpha t$$

$$10 \text{ m} = v_0 \sin \alpha t + 1/2 g t^2$$

Al eliminar el tiempo se obtiene:

$$10 \text{ m} = 30 \text{ m} \cdot \text{tg} \alpha + 1/2 g \left( \frac{30 \text{ m}}{v_0 \cos \alpha} \right)^2$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{g \cdot 900}{2 \cos^2 \alpha (10 - 30 \cdot \text{tg} \alpha)}} = 29 \text{ m/s}$$

37. Un motorista asciende por una rampa de 20° y cuando está a 2 m sobre el nivel del suelo «vuela» a fin de salvar un río de 10 m de ancho. ¿Con qué velocidad debe despegar si quiere alcanzar la orilla sin mojarse?

Si eliminamos el tiempo en el sistema de ecuaciones

$$x = v_0 \cos \alpha t$$

$$y = y_0 + v_0 \sin \alpha t + 1/2 g t^2, \text{ se obtiene:}$$

$$y = y_0 + x \text{tg} \alpha + 1/2 g \left( \frac{x}{v_0 \cos \alpha} \right)^2$$

Tomamos el suelo como nivel de referencia:  $y_0 = 2 \text{ m}$

Cuando alcanza la orilla opuesta,  $y = 0$ ;  $x = 10 \text{ m}$

Teniendo en cuenta estos valores y despejando  $v_0$ , tenemos:

$$v_0 = \sqrt{\frac{100 \text{ m}^2 \cdot 4,9 \text{ m/s}^2}{493 \text{ m}}} = 10 \text{ m/s}$$

38. Desde la cima de un acantilado se lanza horizontalmente un proyectil y se observa que tarda 3 s en tocar el agua en un punto que dista 60 m de la base del acantilado. Calcula:

a) La altura que tiene el acantilado.

b) Con qué velocidad se lanzó el proyectil.

c) Con qué velocidad llega al agua.

Ecuaciones del movimiento:

$$x = v t$$

$$y = y_0 + 1/2 g t^2$$

Tomamos el nivel del agua como referencia.

Por tanto,  $y_0$  es la altura del acantilado;  $y = 0$ ;  $x = 60 \text{ m}$

$$a) y_0 = -1/2 g t^2 = -1/2 \cdot (-9,8 \text{ m/s}^2) \cdot 9 \text{ s}^2 = 44 \text{ m}$$

$$b) v = \frac{x}{t} = \frac{60 \text{ m}}{3 \text{ s}} = 20 \text{ m/s}$$

$$c) v_y = v_0 + g t = 0 - 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ s} = -29,4 \text{ m/s}$$

$$\vec{v} = v_x \vec{u}_x + v_y \vec{u}_y = 20 \vec{u}_x - 29,4 \vec{u}_y \text{ m/s}$$

$$v = 36 \text{ m/s}$$

39. Una bola que rueda sobre una mesa horizontal de 0,90 m de altura cae al suelo en un punto situado a una distancia horizontal de 1,5 m del borde de la mesa. ¿Qué velocidad tenía la bola en el momento de abandonar la mesa?

Ecuaciones del movimiento:

$$\begin{cases} x = v t \\ y = y_0 + 1/2 g t^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = v t \\ y = y_0 + 1/2 g t^2 \end{cases}$$

Tomamos el suelo como referencia. Por tanto,  $y_0 = 0,90 \text{ m}$

Cuando la bola llega al suelo se cumple:  $y = 0$ ;  $x = 1,5 \text{ m}$

El tiempo que tarda en caer vale:

$$t = \sqrt{\frac{2(y - y_0)}{g}} = \sqrt{\frac{2(0 - 0,90 \text{ m})}{-9,8 \text{ m/s}^2}} = 0,43 \text{ s}$$

$$v = \frac{x}{t} = \frac{1,5 \text{ m}}{0,43 \text{ s}} = 3,5 \text{ m/s}$$

- 40. Un atleta quiere batir el récord del mundo de lanzamiento de peso, establecido en 23,0 m. Sabe que el alcance máximo se consigue con un ángulo de 45°. Si impulsa el peso desde una altura de 1,75 m, ¿con qué velocidad mínima debe lanzar?**

En este caso las ecuaciones del movimiento son:

$$x = v_0 \cos \alpha t$$

$$y = y_0 + v_0 \sin \alpha t + 1/2 g t^2$$

En donde  $y_0$  (tomamos el suelo como referencia) = 1,75 m;  $y = 0$ ;  $x = 23,0 \text{ m}$ ;  $\alpha = 45^\circ$

Eliminando el tiempo se obtiene la ecuación de la trayectoria:

$$y = y_0 + x \operatorname{tg} \alpha + 1/2 g \left( \frac{x}{v_0 \cos \alpha} \right)^2$$

Sustituimos en ella los valores conocidos:

$$0 = 1,75 \text{ m} + 23,0 \text{ m} - 4,9 \text{ m/s}^2 \cdot \left( \frac{23,0 \text{ m}}{v_0 \cdot 0,7} \right)^2$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{529 \text{ m}^2 \cdot 4,9 \text{ m/s}^2}{24,75 \text{ m} \cdot 0,5}} = 14,5 \text{ m/s}$$



## Cuestiones básicas

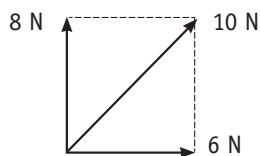
- Halla la resultante de dos fuerzas de 8 N y 6 N cuando:
  - Se ejercen en la misma dirección y sentido.
  - Se ejercen en la misma dirección pero sentidos opuestos.
  - Se ejercen formando un ángulo de 90°.

Resuelve el ejercicio numérica y gráficamente.

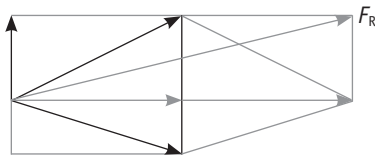
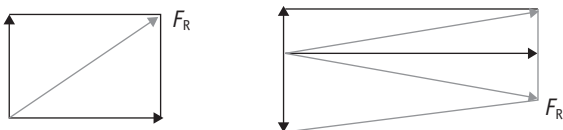
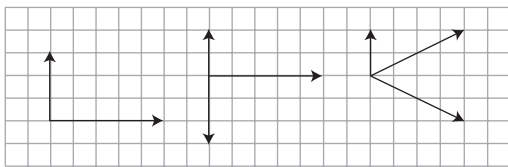
a) 6 N → 8 N → 14 N

b) ← 6 N 8 N → 2 N

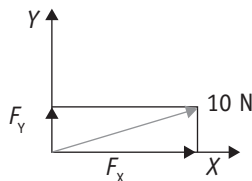
c) Direcciones perpendiculares:  $|\vec{F}_R| = \sqrt{|\vec{F}_1|^2 + |\vec{F}_2|^2} = \sqrt{(8 \text{ N})^2 + (6 \text{ N})^2} = 10 \text{ N}$



- Halla gráficamente la resultante de cada uno de estos grupos de fuerzas y calcula su intensidad.



- Se tiene una fuerza de 10 N que forma un ángulo de 30° con la horizontal. Calcula y dibuja las componentes de dicha fuerza.



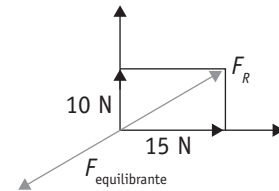
$$|\vec{F}_x| = |\vec{F}| \cos \alpha = 10 \text{ N} \cos 30^\circ = 8,7 \text{ N}$$

$$|\vec{F}_y| = |\vec{F}| \sin \alpha = 10 \text{ N} \sin 30^\circ = 5 \text{ N}$$

- Intentas mover un armario y no lo consigues. ¿Está aplicando una fuerza aunque no haya movimiento ni deformación? Indica lo que crees que ocurre.

La fuerza que aplicas es inferior a la necesaria para moverlo. Es debido a que hay otras fuerzas que la contrarrestan como el peso del armario o el rozamiento con el suelo.

- Dadas dos fuerzas de 10 N y 15 N que forman un ángulo de 90°, aplicadas en el punto (0, 0) de los ejes cartesianos, dibuja y calcula el valor de la fuerza necesaria para equilibrar ambas.



$$|\vec{F}_R| = \sqrt{|\vec{F}_1|^2 + |\vec{F}_2|^2} = \sqrt{(10 \text{ N})^2 + (15 \text{ N})^2} = 18 \text{ N}$$

Luego la fuerza equilibrante será también de 18 N, pero su dirección y sentido es tal y como se muestra en la figura.

- Un caballo tira de un carromato con una fuerza de 2000 N y le ayuda el carretero con una fuerza de 250 N. Si el suelo opone una fuerza de rozamiento de 150 N, calcula la fuerza que realmente impulsa al carromato.

$$F_R = 2000 \text{ N} + 250 \text{ N} - 150 \text{ N} = 2100 \text{ N}$$

- Una barca atraviesa un río empujada por el remero con una fuerza de 350 N y por la corriente que la arrastra perpendicularmente con otra fuerza de 100 N. ¿Cuál es la fuerza que hace avanzar la barca?

Se aplica la ecuación:

$$|\vec{F}_R| = \sqrt{|\vec{F}_1|^2 + |\vec{F}_2|^2} = \sqrt{(350 \text{ N})^2 + (100 \text{ N})^2} = 364 \text{ N}$$

En dirección aproximada de 74° con la horizontal del río.

## Actividades

- ¿Qué diferencias encuentras entre las ideas de Aristóteles y las de Galileo sobre el movimiento de los cuerpos?

Para Aristóteles, la velocidad de caída de los cuerpos depende de su peso, y un cuerpo no se mueve si no actúa sobre él alguna fuerza.

Según Galileo, todos los cuerpos caen con la misma aceleración, y un cuerpo permanece en reposo o se mueve con movimiento rectilíneo y uniforme si no actúan fuerzas sobre él.

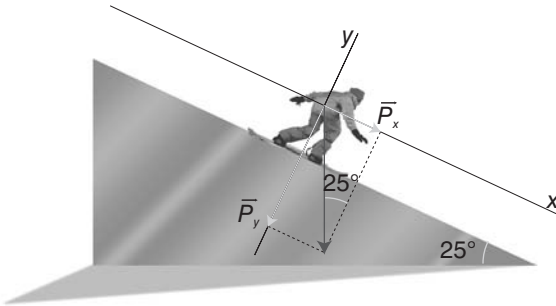
- ¿Qué novedades introduce Galileo en el estudio del movimiento de los cuerpos? ¿Por qué se dice que él estableció los fundamentos de la Dinámica?

Empleó la observación y la experimentación para obtener sus conclusiones. Midió espacios y tiempos, en lugar de basarse en principios filosóficos o creencias religiosas; es decir, introdujo el método científico.



3. El niño de la Fig. 6.10 tiene un peso de 200 N y está situado sobre un plano inclinado  $25^\circ$  respecto a la horizontal.

- a) ¿Cuál es el módulo de las componentes del peso  $\vec{P}_x$  y  $\vec{P}_y$ ?  
 b) Comprueba que no te has equivocado, calculando el módulo de  $\vec{P}_x + \vec{P}_y$  que debe ser 200 N.



- a)  $P_x = P \sin \alpha = 200 \text{ N} \cdot \sin 25^\circ = 84,5 \text{ N}$   
 $P_y = P \cos \alpha = 200 \text{ N} \cdot \cos 25^\circ = 181,3 \text{ N}$   
 b)  $|\vec{P}_x + \vec{P}_y| = \sqrt{84,5^2 + 181,3^2} = 200 \text{ N}$

4. ¿A qué tipo de interacciones está sujeto un cuerpo libre? ¿Tiene aceleración?

No está sometido a interacciones. No tiene aceleración.

5. ¿Qué entiendes por sistema de referencia inercial? Pon algún ejemplo de sistemas de referencia inerciales y no inerciales.

Un sistema de referencia inercial es un sistema libre, es decir, no está sujeto a interacciones. Un sistema es inercial cuando está en reposo o tiene movimiento rectilíneo y uniforme. En caso contrario, es un sistema no inercial. Un sistema de referencia ligado a un tren que se mueve en línea recta con velocidad constante respecto al suelo es inercial. Un sistema de referencia ligado a una piedra que cae libremente no es inercial, porque la piedra cae con movimiento uniformemente acelerado.

6. Responde a las siguientes preguntas:

- a) ¿Qué entiendes por masa inerte?  
 b) ¿Por qué cuando un coche frena sus ocupantes se van hacia adelante? ¿Realmente actúa alguna fuerza sobre ellos?
- a) La masa inerte de un cuerpo es la expresión cuantitativa de su inercia.  
 b) Cuando un coche frena, sus ocupantes se van hacia delante por inercia, tienden a permanecer en movimiento. Ninguna fuerza real actúa sobre ellos.

7. Calcula el peso en kp y en N de un libro de masa,  $m = 850 \text{ g}$ .

$$P = mg = 0,85 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 8,3 \text{ N} = 0,85 \text{ kp}$$

8. Un coche de 1,4 t, que está parado, arranca y alcanza la velocidad de  $81 \text{ km h}^{-1}$  después de recorrer 150 m.

a) ¿Cuánto vale su aceleración supuesta constante?

b) ¿Qué fuerza ha ejercido su motor?

a)  $a = \frac{v^2 - v_0^2}{2x} = \frac{(22,5 \text{ m s}^{-1})^2 - 0}{300 \text{ m}} = 1,7 \text{ m s}^{-2}$   
 b)  $F = ma = 1400 \text{ kg} \cdot 1,7 \text{ m s}^{-2} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ N}$

9. Sobre una partícula de masa  $m = 25 \text{ g}$  actúan las fuerzas  $\vec{F}_1 (2, -4)$  y  $\vec{F}_2 (5, 3)$  expresadas en N.

- a) Averigua gráficamente la resultante de ambas fuerzas.  
 b) Expresa vectorialmente la fuerza resultante que actúa sobre la partícula.  
 c) ¿Cuál es el vector aceleración de la partícula?

a) Solución gráfica no incluida.

b)  $\vec{F}_R = (7 \vec{u}_x - 4 \vec{u}_y) \text{ N}$

c)  $\vec{a} = \frac{\vec{F}_R}{m} = (280 \vec{u}_R - 40 \vec{u}_y) \text{ m s}^{-2}$

10. Un ascensor que transporta un pasajero de 70 kg de masa se mueve con una velocidad de régimen constante, y al arrancar o detenerse lo hace con una aceleración de  $1,4 \text{ m s}^{-2}$ . Calcula la fuerza que ejerce el pasajero sobre el piso del ascensor en los siguientes casos:

- a) El ascensor arranca para subir.  
 b) El ascensor frena y se detiene en la subida.  
 c) El ascensor desciende a velocidad constante.

a)  $F = P + ma = m(g + a) = 70 \text{ kg} \cdot (9,8 + 1,4) \text{ m s}^{-2} = 7,8 \cdot 10^2 \text{ N}$

b)  $F = m(g - a) = 70 \text{ kg} \cdot (9,8 - 1,4) \text{ m s}^{-2} = 5,9 \cdot 10^2 \text{ N}$

c)  $F = P = mg = 70 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 6,9 \cdot 10^2 \text{ N}$

11. Dos imanes de masas una doble que la otra se repelen mutuamente.

- a) ¿Qué puedes decir acerca de la fuerza que actúa sobre cada uno de los imanes?  
 b) Enuncia el principio en que te basas para responder el apartado anterior.  
 c) Al dejarlos en libertad, ¿cuál se moverá con mayor aceleración?

a), b) Según el principio de acción y reacción, el módulo de la fuerza que actúa sobre los dos imanes es el mismo.

c) Se mueve con mayor aceleración el imán que tiene menor masa.

12. Un rifle de masa 4,5 kg dispara una bala de 20 g con una velocidad de  $220 \text{ m s}^{-1}$ . ¿Con qué velocidad retrocede el rifle?

$$v_r = \frac{-m_b v_b}{m_r} = \frac{-0,02 \text{ kg} \cdot 220 \text{ m s}^{-1}}{4,5 \text{ kg}} = -0,98 \text{ m s}^{-1}$$

13. Dos vagones de 20 t y 25 t se desplazan a lo largo de una vía horizontal sin rozamientos, en el mismo sentido, con ve-



locidades de  $1,2 \text{ m s}^{-1}$  y  $1,8 \text{ m s}^{-1}$ , respectivamente. Cuando chocan se enganchan y continúan moviéndose juntos. ¿Cuál es su velocidad después del choque?

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'$$

$$v' = \frac{20 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 1,2 \text{ m s}^{-1} + 25 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 1,8 \text{ m s}^{-1}}{45 \cdot 10^3 \text{ kg}} = 1,53 \text{ m s}^{-1}$$

14. Una bola de 20 g de masa rueda a  $10 \text{ m s}^{-1}$  hacia una bola de 120 g de masa que se encuentra parada.

Después del choque, la primera bola rebota con una velocidad de  $1,5 \text{ m s}^{-1}$ .

- a) ¿Qué velocidad adquiere la segunda bola?  
b) ¿En qué dirección y sentido se mueve la segunda bola después del choque?

a)  $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$

$$0,02 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m s}^{-1} + 0,12 \text{ kg} \cdot 0 = 0,02 \text{ kg} \cdot (-1,5 \text{ m s}^{-1}) + 0,12 \text{ kg} \cdot v'_2$$

$$v'_2 = 1,9 \text{ m s}^{-1}$$

- b) La segunda bola se mueve en la dirección y sentido que tenía la primera bola antes del choque.

15. ¿Por qué la fuerza gravitatoria, que es la más débil de todas las interacciones fundamentales, es la responsable de la estructura del Universo?

Porque es una fuerza atractiva de alcance infinito.

16. Cuando un muelle se alarga o se comprime vuelve a recuperar su longitud inicial. ¿Cuál de las cuatro interacciones fundamentales interviene en este fenómeno?

La interacción electromagnética.

17. ¿Qué fuerza ejerce la Tierra sobre una piedra de 430 g? ¿Y la piedra sobre la Tierra?

$$F = P = m g = 0,43 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 4,2 \text{ N. La misma.}$$

18. Calcula la fuerza gravitatoria con que se atraen dos neutrones situados en el núcleo de un átomo a una distancia de  $1,1 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ . La masa del neutrón es  $m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

$$F = G \cdot \frac{m^2}{R^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot (1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg})^2}{(1,1 \cdot 10^{-15} \text{ m})^2} = 1,54 \cdot 10^{-34} \text{ N}$$

19. Calcula el peso de una manzana de 250 g a una altura de 300 km sobre la superficie terrestre.

$$\frac{g_h}{g_o} = \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$$

$$g_h = \frac{9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot (6,38 \cdot 10^6 \text{ m})^2}{(6,68 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 8,94 \text{ m s}^{-2}$$

$$P = m g_h = 0,25 \text{ kg} \cdot 8,94 \text{ m s}^{-2} = 2,24 \text{ N}$$

20. Busca en una enciclopedia la masa y el radio de Júpiter y contesta: ¿Dónde pesa más un cuerpo, en la Tierra o en Júpiter? ¿Dónde es mayor su masa?

El peso del cuerpo es mayor en Júpiter. La masa es constante, por tanto, igual en la Tierra que en Júpiter.

$$M_J = 317,95 M_T$$

$$R_J = 11,2 R_T$$

$$g_J = 2,53 g_T$$

21. Un satélite meteorológico de masa 340 kg se encuentra en una órbita circular alrededor de la Tierra a 4500 km de altura. Calcula:

- a) La fuerza gravitatoria que la Tierra ejerce sobre él.  
b) Su velocidad orbital.

Datos: Masa de la Tierra =  $5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ; radio de la Tierra =  $6,38 \cdot 10^6 \text{ m}$ .

a)  $F = G \frac{M m}{(R_T + h)^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 340 \text{ kg}}{(6,38 \cdot 10^6 \text{ m} + 4,5 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 1,1 \cdot 10^3 \text{ N}$

b)  $G \frac{M_T m}{R^2} = \frac{m v^2}{R}$  ;  $v = \sqrt{\frac{G M_T}{R}}$  ;

$$v = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{1,09 \cdot 10^7 \text{ m}}} = 6,0 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

22. ¿Cuáles son las unidades del coeficiente de rozamiento? ¿Puede ser mayor que la unidad?

El coeficiente de rozamiento es adimensional, no tiene unidades. Puede ser mayor que la unidad.

23. Calcula la aceleración con que desciende un cuerpo al deslizarse por un plano inclinado  $25^\circ$  sobre la horizontal si el coeficiente de rozamiento cinético entre ambos es  $\mu_c = 0,35$ .

$$a = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot (\sin 25^\circ - 0,35 \cdot \cos 25^\circ)$$

$$a = 1,03 \text{ m s}^{-2}$$

24. ¿Por qué el rozamiento entre dos superficies del mismo material suele ser mayor que entre materiales diferentes? ¿Qué interacción fundamental es la responsable de la existencia de fuerzas de rozamiento?

Porque las rugosidades de las superficies en contacto son semejantes, y los salientes y entrantes de ambas superficies encajan mejor. La interacción electromagnética es la responsable de la existencia de fuerzas de rozamiento.

25. Determina el valor de todas las fuerzas que actúan sobre un bloque de 12 kg de masa apoyado sobre una superficie horizontal. El coeficiente de rozamiento cinético entre el



bloque y la superficie es 0,42. Si se le empuja con una fuerza horizontal de 75 N, ¿qué distancia recorre el bloque en 4 s partiendo del reposo?

$$P = mg = 12 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 117,6 \text{ N};$$

$$F_r = \mu P = 0,42 \cdot 117,6 \text{ N} = 49,4 \text{ N}$$

$$a = \frac{F - F_r}{m} = \frac{75 \text{ N} - 49,4 \text{ N}}{12 \text{ kg}} = 2,13 \text{ m s}^{-2};$$

$$x = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \cdot 2,13 \text{ m s}^{-2} \cdot (4 \text{ s})^2 = 17 \text{ m}$$

**26. Describe cómo determinarías experimentalmente el coeficiente estático de rozamiento entre dos superficies.**

Mediante un plano inclinado. Determinando el ángulo mínimo necesario ( $\alpha$ ) para iniciar el deslizamiento:  $\mu_e = \text{tg } \alpha$ .

**27. Un cuerpo de 5,4 kg está situado sobre un plano inclinado  $20^\circ$  sobre la horizontal. El coeficiente de rozamiento estático entre el bloque y el plano es  $\mu_e = 0,40$ . ¿Desciende el bloque por el plano? ¿Cuál es el ángulo mínimo a partir del cual se inicia el movimiento?**

$$P_x = mg \text{ sen } \alpha = 5,4 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \text{sen } 20^\circ = 18,1 \text{ N}$$

$$F_r = \mu mg \text{ cos } \alpha = 0,40 \cdot 5,4 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \text{cos } 20^\circ = 19,9 \text{ N}$$

No desciende.

$$\text{tg } \alpha = \mu_e; \text{ tg } \alpha = 0,40; \alpha = 21,8^\circ$$

**28. a) Describe la constitución de un dinamómetro.**

b) Basándote en la Ley de Hooke, explica su funcionamiento.

c) Dos dinamómetros de un mismo fabricante tienen la misma longitud y aparentemente las mismas características, pero uno de ellos puede medir fuerzas de hasta 2 N de módulo, mientras el otro sólo puede hacerlo hasta 1 N. ¿Qué se puede afirmar acerca de sus constantes elásticas?

a) Es un muelle que consta de un índice que marca sobre una escala graduada.

b) El alargamiento del muelle del dinamómetro es proporcional a la fuerza deformadora. Una vez calibrado, permite medir la fuerza que lo deforma.

c) Se puede afirmar que será mayor la constante elástica del primer dinamómetro, puesto que para conseguir el mismo alargamiento hay que aplicar sobre él una fuerza mayor.

**29. Un muelle de acero se alarga 2,4 cm al colgarle un bloque de 5 kg.**

a) ¿Cuál es el valor de la fuerza deformadora?

b) ¿Cuál es su constante elástica?

c) ¿Cuánto se alargaría al colgarle un cuerpo de 12 kg?

$$a) F = P = mg = 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 49 \text{ N}$$

$$b) k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{49 \text{ N}}{0,024 \text{ m}} = 2,04 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}$$

$$c) \Delta x = \frac{F}{k} = \frac{12 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}}{2 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}} = 0,059 \text{ m} = 5,9 \text{ cm}$$

**30. Se coloca un cuerpo de masa  $m = 59 \text{ kg}$  sobre un resorte cuya constante elástica  $k = 4,2 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}$ .**

a) ¿Cuánto vale la fuerza deformadora?

b) ¿Qué longitud se acorta el resorte?

c) ¿Qué longitud se alarga el resorte si el cuerpo se cuelga de él?

$$a) F = P = mg = 59 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 5,8 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$b) \Delta x = \frac{F}{k} = \frac{5,8 \cdot 10^2 \text{ N}}{4,2 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}} = 0,14 \text{ m}$$

c) La misma. El alargamiento depende de  $F$  y  $k$ , no de si es alargamiento o acortamiento.

**31. ¿De qué factores depende la velocidad máxima con que un vehículo puede tomar una curva horizontal sin patinar?**

Depende del coeficiente de rozamiento de los neumáticos con el suelo y del radio de la curva:

$$v = \sqrt{\mu g R}$$

**32. Un coche toma una curva de 60 m de radio en una carretera horizontal. El coeficiente de rozamiento de las ruedas con el suelo es de 0,75. ¿Con qué velocidad máxima podría tomar la curva sin derrapar?**

$$F_c = F_r; \frac{m v^2}{R} = \mu mg; \quad v = \sqrt{\mu \cdot g \cdot R} =$$

$$= \sqrt{0,75 \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 60 \text{ m}} = 21 \text{ m s}^{-1}$$

**33. ¿Influye el radio de una curva en el ángulo de peralte que debe tener?**

$$\text{Sí. } v = \sqrt{R g \text{ tg } \alpha}$$

**34. Se hace girar en un plano vertical una piedra de masa 50 g mediante una cuerda de 50 cm de longitud dando 120 vueltas por minuto. ¿Qué tensión soporta la cuerda cuando la piedra está en el punto más alto y en el más bajo de su trayectoria?**

$$F_c = P + T_1; \quad T_1 = F_c - P = m \omega^2 R - mg =$$

$$= 0,05 \text{ kg} \cdot \left(4 \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)^2 \cdot 0,5 \text{ m} - 0,05 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}$$

$$T_1 = 3,46 \text{ N}$$

$$T_2 = F_c + P = 3,95 \text{ N} + 0,49 \text{ N} = 4,44 \text{ N}$$

## ■ Problemas propuestos

### ■ Para afianzar

1. Calcula el módulo del vector  $\vec{F} = 17 \vec{u}_x - 26 \vec{u}_y \text{ N}$ . Calcula también el ángulo que forma con el eje  $Ox$ .

$$F = \sqrt{(17 \text{ N})^2 + (-26 \text{ N})^2} = 31 \text{ N}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{-26}{17} = -1,53 \quad \alpha = -57^\circ = 303^\circ$$



2. Sobre una masa  $m$  actúa una fuerza constante de 250 N durante 15 s, transmitiéndole una velocidad de  $37,5 \text{ m s}^{-1}$ . Calcula la masa  $m$  y la cantidad de movimiento de la misma al cabo de ese tiempo.

$$F t = \Delta(m v) = m v$$

$$m = \frac{F t}{v} = \frac{250 \text{ N} \cdot 15 \text{ s}}{37,5 \text{ m s}^{-1}} = 100 \text{ kg}$$

$$p = m v = 100 \text{ kg} \cdot 37,5 \text{ m s}^{-1} = 3750 \text{ kg m s}^{-1}$$

3. Calcula la fuerza que ejerce sobre el piso del ascensor un hombre de 70 kg de masa:

- a) Cuando está en reposo.  
 b) Cuando asciende a  $1 \text{ m s}^{-2}$ .  
 c) Cuando asciende a  $5 \text{ m s}^{-2}$ .  
 d) Cuando desciende a  $2 \text{ m s}^{-2}$ .

$$a) F = P = m g = 70 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 6,9 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$b) F = P + m a = m (g + a) = 70 \text{ kg} (9,8 + 1) \text{ m s}^{-2} = 7,6 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$c) F = P = 6,9 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$d) F = m (g - a) = 70 \text{ kg} (9,8 - 2) \text{ m s}^{-2} = 5,5 \cdot 10^2 \text{ N}$$

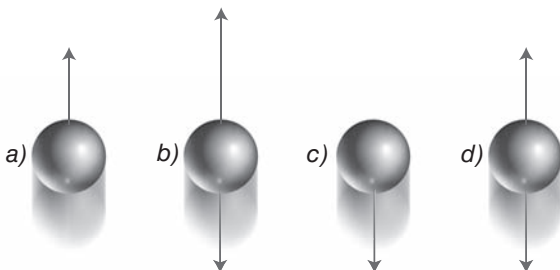
4. ¿Por qué te desplazas hacia adelante cuando el autobús en el que viajas frena bruscamente?

Según el principio de inercia, tiendes a mantener tu movimiento.

5. ¿Por qué no se anulan entre sí las fuerzas de acción y reacción si siempre son iguales y de sentido contrario?

Se aplican en cuerpos distintos.

6. Se lanza una pelota verticalmente hacia arriba. Cuando se encuentra subiendo, y considerando nulo el rozamiento con el aire, ¿cuál de los siguientes diagramas representa correctamente las fuerzas que actúan sobre la pelota?

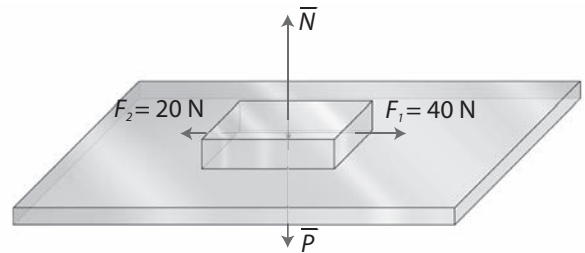


c) Sólo actúa la fuerza gravitatoria.

7. Dos imanes se atraen mutuamente. Si la masa de uno es menor que la del otro, ¿cuál experimenta una fuerza mayor? ¿Cuál de los dos se moverá con mayor velocidad?

La fuerza es igual y opuesta en uno y en otro (acción y reacción). Se mueve con mayor velocidad el imán que tiene menos masa, porque tiene más aceleración.

8. Sobre el cuerpo de la figura, cuya masa es  $m = 5 \text{ kg}$ , actúan las fuerzas que se indican. Calcula:



- a) El peso del cuerpo.  
 b) La reacción normal  $N$ .  
 c) La aceleración del cuerpo.

$$a) P = m g = 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 49 \text{ N}$$

$$b) N = P = 49 \text{ N}$$

$$c) a = \frac{\sum F}{m} = \frac{40 \text{ N} - 20 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = 4 \text{ m s}^{-2}$$

9. Una pelota de 75 g de masa llega a la pared de un frontón con una velocidad de  $16 \text{ m s}^{-1}$  y rebota con una velocidad de  $12 \text{ m s}^{-1}$ . El tiempo de contacto con la pared es de 0,03 s. Calcula:

- a) La variación que experimenta el momento lineal de la pelota.

- b) La fuerza media que actúa sobre la pelota.

$$a) \Delta p = p_2 - p_1 = m v_2 - (-m v_1) = m (v_2 + v_1) = 0,075 \text{ kg} \cdot (12 + 16) \text{ m s}^{-1} = 2,1 \text{ kg m s}^{-1}$$

$$b) F \Delta t = \Delta p \quad F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2,1 \text{ kg m s}^{-1}}{0,03 \text{ s}} = 70 \text{ N}$$

10. Para arrastrar con velocidad constante un piano de 140 kg de masa sobre un suelo horizontal hay que realizar una fuerza de 650 N. Calcula el coeficiente de rozamiento.

$$F = F_r = \mu m g; \quad 650 \text{ N} = \mu \cdot 140 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}; \quad \mu = 0,47$$

11. El muelle de un dinamómetro se alarga 3,0 cm al colgarle una masa de 100 g. ¿Cuál es su constante elástica?

$$k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{0,1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}}{0,03 \text{ m}} = 32,7 \text{ N m}^{-1}$$

12. Calcula la fuerza de atracción gravitatoria entre la Tierra y un astronauta, que con el traje espacial tiene una masa de 120 kg, que se encuentre a 20000 km de la superficie de la Tierra. ¿Cuál es el valor de  $g$  a esa altura?

Datos:  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $R_T = 6380 \text{ km}$

$$F_n = \frac{G m_1 m_2}{(R_T + h)^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 120 \text{ kg}}{(26,38 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 68,8 \text{ N}$$



$$g = \frac{G M_T}{(R_T + h)^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(26,38 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 0,573 \text{ m s}^{-2}$$

13. Tenemos un niño sentado en un trineo en una pendiente cubierta de nieve. No se desliza, pero empujando con los pies consigue poner en movimiento el trineo, y a partir de ese momento, y sin ayuda por parte del niño, desciende aumentando continuamente su velocidad. ¿Podrías dar una explicación de lo sucedido?

El coeficiente de rozamiento cinético es menor que el coeficiente de rozamiento estático.

14. ¿A qué altura sobre la Tierra debe encontrarse una nave espacial para que el valor de la aceleración de la gravedad sea  $9,00 \text{ m s}^{-2}$ ?

Datos:  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $R_T = 6380 \text{ km}$ .

$$g_h = g_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}; \quad h = \frac{R_T \sqrt{g_0}}{\sqrt{g_h}} - R_T$$

$$h = \frac{6,38 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \sqrt{9,8 \text{ m s}^{-2}}}{\sqrt{9 \text{ m s}^{-2}}} - R_T = 2,77 \cdot 10^5 \text{ m} = 277 \text{ km}$$

15. ¿Puede existir fuerza de rozamiento sobre un objeto en el que la suma de todas las demás fuerzas sea nula? Pon un ejemplo.

Sí. Un cuerpo lanzado con una determinada velocidad inicial que se desliza sobre un plano horizontal.

## ■ Para repasar

16. Un avión de 90 t que está parado arranca y alcanza la velocidad de despegue,  $144 \text{ km h}^{-1}$ , tras recorrer 1,6 km por la pista. ¿Qué fuerza, supuesta constante, han ejercido sus motores?

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2x} = \frac{(40 \text{ m s}^{-1})^2 - 0}{2 \cdot 1600 \text{ m}} = 0,5 \text{ m s}^{-2}$$

$$F = m a = 90 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m s}^{-2} = 4,5 \cdot 10^4 \text{ N}$$

17. Un automóvil ejerce una fuerza de tracción de 120 kp y arrastra un remolque con un cable. El automóvil tiene una masa de 800 kg y el remolque 1000 kg. Si se desprecian los rozamientos, calcula:

a) La aceleración del movimiento.

b) La tensión de la cuerda.

c) La velocidad del conjunto cuando, habiendo partido del reposo, haya recorrido 20 m.

$$a) a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{120 \text{ kp} \cdot 9,8 \text{ N} \cdot \text{kp}^{-1}}{1800 \text{ kg}} = 0,65 \text{ m s}^{-2}$$

$$b) T = m a = 1000 \text{ kg} \cdot 0,65 \text{ m s}^{-2} = 650 \text{ N}$$

$$c) v = \sqrt{2 a s} = \sqrt{2 \cdot 0,65 \text{ m s}^{-2} \cdot 20 \text{ m}} = 5,1 \text{ m s}^{-1}$$

18. Una madre y su hija, con masas de 60 kg y 45 kg, respectivamente, están paradas en una pista de hielo. La hija empuja a su madre horizontalmente con una fuerza de 40 N durante 0,5 s. Calcula:

a) La aceleración y la velocidad de la madre.

b) La fuerza que actúa sobre la hija, su aceleración y su velocidad.

$$a) a = \frac{F}{m} = \frac{40 \text{ N}}{60 \text{ kg}} = 0,67 \text{ m s}^{-2}$$

$$v = v_0 + a t = 0,67 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,5 \text{ s} = 0,33 \text{ m s}^{-1}$$

$$b) F = -40 \text{ N} \quad a = \frac{-40 \text{ N}}{45 \text{ kg}} = -0,89 \text{ m s}^{-2}$$

$$v = -0,89 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,5 \text{ s} = -0,44 \text{ m s}^{-1}$$

19. Un bloque de masa  $m = 6 \text{ kg}$  se encuentra en reposo sobre una superficie horizontal lisa. Al actuar sobre él una fuerza constante le transmite una aceleración de  $8,5 \text{ m s}^{-2}$ . Calcula el valor de la fuerza:

a) Si es paralela a la superficie.

b) Si forma un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal.

$$a) F = m a = 6 \text{ kg} \cdot 8,5 \text{ m s}^{-2} = 51 \text{ N}$$

b)  $F_x = m a = F \cos \alpha$

$$F = \frac{m a}{\cos \alpha} = \frac{6 \text{ kg} \cdot 8,5 \text{ m s}^{-2}}{\cos 30^\circ} = 59 \text{ N}$$

20. Una pelota de tenis de 50 g llega a un jugador con una velocidad de  $20 \text{ m s}^{-1}$ . Después de ser golpeada por el jugador sale con una velocidad doble en sentido opuesto. Si la raqueta ha ejercido una fuerza media sobre la pelota de 200 N, ¿cuánto tiempo ha estado en contacto con la raqueta?

$$F t = m v_f - m v_0$$

$$t = \frac{m (v_f - v_0)}{F} = \frac{0,05 \text{ kg} \cdot 60 \text{ m s}^{-1}}{200 \text{ N}} = 0,015 \text{ s}$$

21. Dos cuerpos de 400 y 500 g, respectivamente, cuelgan de los extremos de una cuerda inextensible y de masa despreciable que pasa por una polea que suponemos no influye en el problema (máquina de Atwood). ¿Con qué aceleración se moverán? ¿Cuál es la tensión de la cuerda?

$$a = \frac{P_1 - P_2}{m_1 + m_2} = \frac{(m_1 - m_2) g}{m_1 + m_2} = \frac{(0,5 \text{ kg} - 0,4 \text{ kg}) 9,8 \text{ m s}^{-2}}{0,9 \text{ kg}} = 1,09 \text{ m s}^{-2}$$

$$T - m_2 g = m_2 a$$

$$T = 0,4 \text{ kg} \cdot (9,8 + 1,09) \text{ m s}^{-2} = 4,36 \text{ N}$$

22. Un cuerpo de masa  $m = 3 \text{ kg}$  está situado sobre un plano inclinado  $30^\circ$  sobre la horizontal sin rozamientos.

a) Dibuja un diagrama con todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.



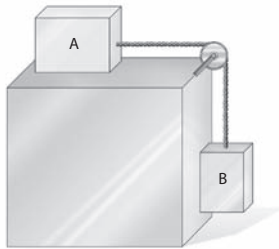


b) ¿Con qué aceleración desciende por el plano?

a) Solución gráfica no incluida.

$$b) a = \frac{F}{m} = \frac{P_x}{m} = \frac{m g \sen 30^\circ}{m} = g \cdot \sen 30^\circ = 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,5 = 4,9 \text{ m s}^{-2}$$

23. Las masas de los cuerpos A y B de la figura son 300 g y 200 g, respectivamente. Considerando que no existen rozamientos, que la cuerda es inextensible y de masa despreciable y que la polea no influye en el movimiento, calcula:



a) La aceleración del sistema.

b) La tensión de la cuerda.

$$a) a = \frac{m_B g}{m_A + m_B} = \frac{0,2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}}{0,5 \text{ kg}} = 3,9 \text{ m s}^{-2}$$

b)  $P_B - T = m_B a$

$$T = P_B - m_B a = m_B (g - a) = 0,2 \text{ kg} \cdot (9,8 - 3,9) \text{ m s}^{-2} = 1,2 \text{ N}$$

24. Dos bolas de masas  $m_1 = 30 \text{ g}$  y  $m_2 = 75 \text{ g}$  se mueven sobre una superficie horizontal lisa de forma que se pueden considerar como partículas libres sin rozamiento. Se dirigen en línea recta una hacia la otra con velocidades de 5 y 7  $\text{m s}^{-1}$ , respectivamente. Después del choque, la primera bola rebota con una velocidad de 12,1  $\text{m s}^{-1}$ . ¿Qué velocidad adquiere la segunda bola después del choque?

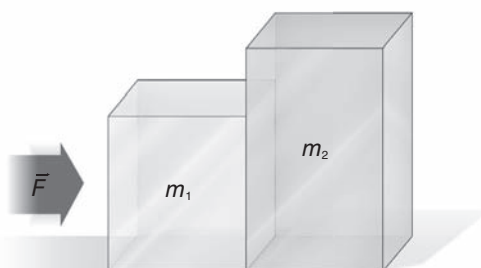
$$p_1 = m_1 v_1 + m_2 v_2 = 0,03 \text{ kg} \cdot 5 \text{ m s}^{-1} + 0,075 \text{ kg} \cdot (-7 \text{ m s}^{-1}) = -0,375 \text{ kg m s}^{-1}$$

$$p_1 = p_2$$

$$-0,375 \text{ kg m s}^{-1} = 0,03 \text{ kg} (-12,1 \text{ m s}^{-1}) + 0,075 \text{ kg} \cdot v_2'$$

$$v_2' = -0,16 \text{ m s}^{-1}$$

25. Los bloques  $m_1 = 2 \text{ kg}$  y  $m_2 = 3 \text{ kg}$  de la figura se apoyan sobre una superficie horizontal sin rozamiento. La fuerza  $F = 20 \text{ N}$  empuja al conjunto de los bloques que están en contacto. Calcula la aceleración del conjunto y las fuerzas de acción y reacción entre los bloques.



$$a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{20 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = 4 \text{ m s}^{-2}$$

$$F - T = m_1 a$$

$$T = F - m_1 a = 20 \text{ N} - 2 \text{ kg} \cdot 4 \text{ m s}^{-2} = 12 \text{ N}$$

$$T = m_2 a = 3 \text{ kg} \cdot 4 \text{ m s}^{-2} = 12 \text{ N}$$

26. Una técnica utilizada para determinar la velocidad de una bala consiste en disparar sobre un blanco de modo que ésta se incruste en él, observando el movimiento del blanco tras el choque. Supón que una bala de 17 g de masa, tras incrustarse en un blanco de 1500 g, hace que el conjunto se mueva con una velocidad de 0,64  $\text{m s}^{-1}$ . En ausencia de rozamientos, determina la velocidad de la bala antes del impacto.

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v'$$

$$v_1 = \frac{(m_1 + m_2) v'}{m_1} = \frac{1,517 \text{ kg} \cdot 0,64 \text{ m s}^{-1}}{0,017 \text{ kg}} = 57 \text{ m s}^{-1}$$

27. Un plano inclinado forma un ángulo de  $40^\circ$  sobre la horizontal. En la parte más alta se abandona un cuerpo para que baje deslizándose. Sabiendo que el coeficiente de rozamiento estático es 0,5, averigua si se deslizará.

Descenderá si  $P_x > F_r$ ;  $m g \sen \alpha > \mu m g \cos \alpha$ ;  $\text{tg } \alpha > \mu$ ;  $\text{tg } \alpha > 0,5$

Como  $\text{tg } 40^\circ = 0,84 > 0,5$ , descenderá.

28. ¿Cuál es la masa y el peso de un cuerpo de 40,0 kg en la Tierra y en la Luna?

Datos:  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $M_L = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ ;  $R_T = 6380 \text{ km}$ ;  $R_L = 1740 \text{ km}$ .

$$m_T = m_L = 40 \text{ kg}$$

$$g_T = \frac{G m_T}{R_T^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6,38 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 9,8 \text{ m s}^{-2}$$

$$g_L = \frac{G m_L}{R_L^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}}{(1,74 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 1,62 \text{ m s}^{-2}$$

$$P_T = m g_T = 40 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 392 \text{ N}$$

$$P_L = m g_L = 40 \text{ kg} \cdot 1,62 \text{ m s}^{-2} = 64,8 \text{ N}$$

29. Un ciclista toma la curva de un velódromo de 40 m de diámetro con una velocidad de 40  $\text{km h}^{-1}$ . Suponiendo que el rozamiento entre las ruedas y el suelo es despreciable, calcula el ángulo de peralte para que el ciclista no se salga de la pista.

$$\text{tg } \alpha = \frac{v^2}{R g} = \frac{(11,11 \text{ m s}^{-1})^2}{20 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}} = 0,630; \quad \alpha = 32^\circ$$

30. La longitud de un muelle aumenta 1,0 cm cuando se cuelga de él un objeto A de 1,5 kg de masa.

a) ¿Cuál es la constante elástica del muelle?

b) Cuando se cuelga otro objeto B del muelle, éste se alarga 3 cm. ¿Cuál es la masa de B?

$$a) k = \frac{F}{g} = \frac{P}{\Delta x} = \frac{1,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}}{0,01 \text{ m}} = 1470 \text{ N m}^{-1}$$



$$b) m = \frac{k \Delta x}{g} = \frac{1470 \text{ N m}^{-1} \cdot 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{9,8 \text{ m s}^{-2}} = 4,5 \text{ kg}$$

31. Una atracción de feria consiste en lanzar un trineo de 2,0 kg por una rampa ascendente que forma un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal. Si el coeficiente de rozamiento es 0,15, ¿con qué velocidad se debe lanzar para que ascienda una altura de 4,0 m?

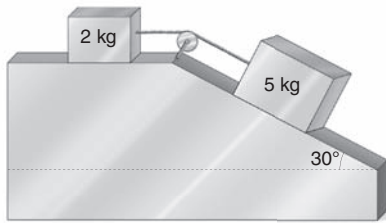
$$a = \frac{-P_x - F_r}{m} = \frac{-m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha}{m} = -g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) =$$

$$= -9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot (\sin 30^\circ + 0,15 \cdot \cos 30^\circ)$$

$$a = -6,17 \text{ m s}^{-2}; v_0 = \sqrt{-2 a x} = \sqrt{-2 \cdot (-6,17 \text{ m s}^{-2}) \cdot 4 \text{ m}} =$$

$$= 7,0 \text{ m s}^{-1}$$

32. Dados los cuerpos representados en la figura, calcula la aceleración con que se mueven y la tensión de la cuerda. El coeficiente de rozamiento es el mismo para ambos cuerpos y vale 0,200.



$$\left. \begin{aligned} m_1 g \sin 30^\circ - T - \mu m_1 g \cos 30^\circ &= m_1 a \\ T - \mu m_2 g &= m_2 a \end{aligned} \right\}$$

$$a = \frac{-m_1 g (\sin 30^\circ - \mu \cos 30^\circ) - \mu m_2 g}{m_1 + m_2}$$

$$a = \frac{5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot (\sin 30^\circ - 0,2 \cdot \cos 30^\circ) - 0,2 \cdot 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}}{7 \text{ kg}} =$$

$$= 1,73 \text{ m s}^{-2}$$

$$T = m_2 (a + \mu g) = 2 \text{ kg} \cdot (1,73 + 0,2 \cdot 9,8) \text{ m s}^{-2} = 7,38 \text{ N}$$

33. Un cuerpo de 50 kg está en reposo sobre una superficie horizontal. El coeficiente cinético de rozamiento vale 0,20 y el estático 0,50. Calcula:

- a) La fuerza de rozamiento entre el cuerpo y la superficie.  
 b) La fuerza mínima necesaria para iniciar el movimiento.  
 c) ¿Cuánto vale la fuerza de rozamiento si la fuerza horizontal aplicada es de 40 kp? En este caso, ¿cuánto vale la aceleración?
- a) El cuerpo está en reposo y no se ejerce ninguna fuerza sobre él:  $F_r = 0$   
 b)  $F = F_r = \mu_e m g = 0,50 \cdot 50 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 245 \text{ N}$   
 c) Como  $F = 40 \text{ kp} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 392 \text{ N}$ , que es mayor que 245 N, el cuerpo llevará un MRUA, y entonces:  
 $F_r = \mu_e m g = 0,2 \cdot 50 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 98 \text{ N}$   
 $a = \frac{F - F_r}{m} = \frac{40 \cdot 9,8 \text{ N} - 98 \text{ N}}{50 \text{ kg}} = 5,9 \text{ m s}^{-2}$

## ■ Para profundizar

34. Un bloque de 5 kg está sostenido por una cuerda y se eleva con una aceleración de  $2 \text{ m s}^{-2}$ .

- a) ¿Cuál es la tensión de la cuerda?  
 b) Si después de iniciado el movimiento, la tensión de la cuerda se reduce a 49 N, ¿qué clase de movimiento tendrá lugar?  
 c) Si se afloja la cuerda por completo, se observa que el bloque continúa moviéndose, recorriendo 2 m antes de detenerse. ¿Qué velocidad tenía?

$$a) T - m g = m a$$

$$T = m g + m a = m (g + a) = 5 \text{ kg} \cdot (9,8 + 2) \text{ m s}^{-2} = 59 \text{ N}$$

$$b) a = \frac{T - m g}{m} = \frac{49 \text{ N} - 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}}{5 \text{ kg}} = 0 \text{ (MRU)}$$

$$c) T = 0 \quad m g = m a \quad v^2 - v_0^2 = 2 a s$$

$$0 - v_0^2 = 2 \cdot (-9,8 \text{ m s}^{-2}) \cdot 2 \text{ m} \quad v_0 = 6,3 \text{ m s}^{-1}$$

35. Una grúa eleva un peso de 2000 kp con un cable cuya resistencia a la ruptura es 3000 kp. ¿Cuál es la máxima aceleración con que puede subir el peso?

$$T = m g + m a$$

$$a = \frac{T - m g}{m} = \frac{3000 \text{ kp} \cdot 9,8 \text{ N kp}^{-1} - 2000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}}{2000 \text{ kg}} =$$

$$= 4,9 \text{ m s}^{-2}$$

36. Una barca situada en medio de un canal, con las aguas en reposo, es arrastrada mediante dos cuerdas con las que se ejercen fuerzas de 250 N y 320 N, respectivamente. La primera cuerda forma un ángulo de  $60^\circ$  con la dirección del canal. ¿Qué ángulo debe formar la segunda cuerda con la dirección del canal si la barca se mueve paralelamente a las orillas? ¿Qué fuerza arrastra a la barca?

$$F_{1x} = F_1 \cos 60^\circ = 250 \text{ N} \cdot \cos 60^\circ = 125 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin 60^\circ = 250 \text{ N} \cdot \sin 60^\circ = 217 \text{ N}$$

$$F_{2y} = F_{1y}; \quad F_{2y} = 217 \text{ N} = F_2 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{217 \text{ N}}{320 \text{ N}} \quad \alpha = 43^\circ$$

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} = 125 \text{ N} + (320 \text{ N} \cdot \cos 43^\circ) = 359 \text{ N}$$

37. Un montacargas posee una velocidad de régimen, tanto en el ascenso como en el descenso, de  $4 \text{ m s}^{-1}$ . Tarda 1 s en adquirirla al arrancar o en detenerse por completo en las paradas. Si en el montacargas hay un peso de 800 kp y la masa del montacargas es de 1000 kg, calcula:

- a) La fuerza que ejercerá el cuerpo sobre el piso del montacargas en el instante del arranque para ascender.  
 b) La misma fuerza cuando se mueve entre pisos a velocidad constante.  
 c) La misma fuerza en el momento de detenerse durante la subida.  
 d) La tensión del cable en los tres casos anteriores.

$$a) a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{4 \text{ m s}^{-1} - 0}{1 \text{ s}} = 4 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_1 = m_1 (g + a) = 800 \text{ kg} \cdot (9,8 + 4) \text{ m s}^{-2} = 11040 \text{ N}$$



- b)  $a = 0$   
 $F_1 = m_1 g = 800 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 7840 \text{ N}$
- c)  $a = -4 \text{ m s}^{-2}$   
 $F_1 = m_1 (g + a) = 800 \text{ kg} \cdot (9,8 - 4) \text{ m s}^{-2} = 4640 \text{ N}$
- d)  $T - (P_1 + P_2) = (m_1 + m_2) a$   
 $T = (m_1 + m_2) g + (m_1 + m_2) a = (m_1 + m_2) (g + a)$   
 1)  $T = 1800 \text{ kg} \cdot (9,8 + 4) \text{ m s}^{-2} = 24840 \text{ N}$   
 2)  $T = 1800 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 17640 \text{ N}$   
 3)  $T = 1800 \text{ kg} \cdot (9,8 - 4) \text{ m s}^{-2} = 10440 \text{ N}$

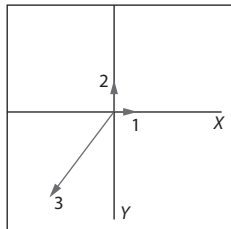
38. Una explosión rompe una roca en tres trozos. Dos de ellos, de 1 kg y 2 kg, salen despedidos en ángulo recto con una velocidad de  $12 \text{ m s}^{-1}$  y  $8 \text{ m s}^{-1}$ , respectivamente.

El tercero sale con una velocidad de  $40 \text{ m s}^{-1}$ .

a) Dibuja un diagrama que muestre la dirección y sentido de este tercer fragmento.

b) ¿Cuál es la masa de la roca?

a) El tercer fragmento de la roca sale con un ángulo de  $37^\circ$  con el eje  $OY$  negativo ( $233^\circ$ ).



- b)  $0 = 1 \cdot 12 \vec{u}_x + 2 \cdot 8 \vec{u}_y + m_3 \vec{v}_3$   
 $m_3 v_3 = \sqrt{(-12)^2 + (16)^2} = 20 \text{ kg m s}^{-1}$   
 $m_3 = \frac{20}{v_3} = \frac{20 \text{ kg m s}^{-1}}{40 \text{ m s}^{-1}} = 0,5 \text{ kg}$   
 $m_T = 3,5 \text{ kg}$

39. Halla la fuerza constante que hay que aplicar a un cuerpo de 20 kg de masa para:

- a) Transmitirle una aceleración de  $1,2 \text{ m s}^{-2}$ .  
 b) Transmitirle una velocidad de  $12 \text{ m s}^{-1}$  a los 4 s de iniciado el movimiento.  
 c) Recorrer 450 m en los primeros 15 s.  
 d) Lo mismo del c) si existe además una fuerza contraria de 35 N.

- a)  $F = m a = 20 \text{ kg} \cdot 1,2 \text{ m s}^{-2} = 24 \text{ N}$
- b)  $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{12 \text{ m s}^{-1} - 0}{4 \text{ m s}^{-1}} = 3 \text{ m s}^{-2}$   
 $F = m a = 20 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m s}^{-2} = 60 \text{ N}$
- c)  $x = 1/2 a t^2 \quad a = \frac{2x}{t^2} = \frac{2 \cdot 450 \text{ m}}{(15 \text{ s})^2} = 4 \text{ m s}^{-2}$   
 $F = m a = 20 \text{ kg} \cdot 4 \text{ m s}^{-2} = 80 \text{ N}$
- d)  $80 \text{ N} + 35 \text{ N} = 115 \text{ N}$

40. Un ascensor, cuya masa total es 729 kg, sube a una altura de 25 m. A los 2 s de arrancar adquiere una velocidad de

$1 \text{ m s}^{-1}$ . Cuando faltan 2,5 m para llegar a su destino, frena, apareciendo una aceleración negativa de  $0,2 \text{ m s}^{-2}$ . Calcula la tensión del cable:

a) En el primer segundo del movimiento.

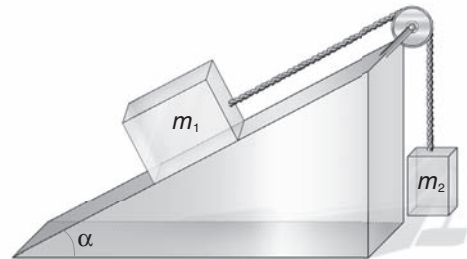
b) Cuando el ascensor recorre el último metro de la subida.

- a)  $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{1 \text{ m s}^{-1} - 0}{2 \text{ s}} = 0,5 \text{ m s}^{-2}$   
 $T = m (g + a) = 729 \text{ kg} \cdot (9,8 + 0,5) \text{ m s}^{-2} = 7,5 \cdot 10^3 \text{ N}$
- b)  $T = m (g + a) = 729 \text{ kg} \cdot (9,8 - 0,2) \text{ m s}^{-2} = 7 \cdot 10^3 \text{ N}$

41. a) Indica en qué sentido se mueve el sistema en la figura y calcula con qué aceleración.

b) ¿Qué valor tiene la tensión de la cuerda?

Datos:  $m_1 = 2,0 \text{ kg}$ ;  $m_2 = 700 \text{ g}$ ;  $\alpha = 30^\circ$ .



- a)  $m_1 g \sin \alpha - m_2 g = (m_1 + m_2) a$   
 $2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,5 - 0,7 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 2,7 \text{ kg} \cdot a$   
 $a = 1,1 \text{ m s}^{-2}$
- b)  $T - m_2 g = m_2 a$   
 $T = m_2 (g + a) = 0,7 \text{ kg} \cdot (9,8 + 1,1) \text{ m s}^{-2} = 7,6 \text{ N}$

42. Por un plano inclinado  $30^\circ$  sobre la horizontal se lanza hacia arriba un cuerpo de 5,0 kg, con una velocidad de  $10 \text{ m s}^{-1}$ , siendo el coeficiente de rozamiento cinético entre el cuerpo y el plano 0,20.

- a) ¿Cuál será la aceleración de su movimiento?  
 b) ¿Qué espacio recorre hasta que se para?  
 c) ¿Qué tiempo tarda en pararse?

- a)  $a = \frac{-P_x - F_r}{m} = \frac{-m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha}{m} =$   
 $= -g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) =$   
 $= -9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot (\sin 30^\circ + 0,2 \cdot \cos 30^\circ)$   
 $a = -6,6 \text{ m s}^{-2}$
- b)  $x = \frac{v^2 - v_0^2}{2 a} = \frac{0 - (10 \text{ m s}^{-1})^2}{2 \cdot (-6,6 \text{ m s}^{-2})} = 7,6 \text{ m}$
- c)  $t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{0 - (10 \text{ m s}^{-1})}{-6,6 \text{ m s}^{-2}} = 1,5 \text{ s}$

43. Un bloque de 5,0 kg se lanza hacia arriba a lo largo de un plano inclinado  $37^\circ$  con una velocidad inicial de  $9,8 \text{ m s}^{-1}$ . Se observa que recorre una distancia de 6,0 m y después se desliza hacia abajo hasta el punto de partida.



Calcula:

a) La fuerza de rozamiento que actúa sobre el bloque.

b) La velocidad de éste cuando vuelve a su posición inicial.

$$a) a = \frac{v^2 - v_0^2}{2x} = \frac{0 - (9,8 \text{ m s}^{-1})^2}{2 \cdot 6 \text{ m}} = -8,0 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_r = -P_x - ma = -mg \sin \alpha - ma = -m(g \sin \alpha - a) = -5 \text{ kg} \cdot (9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \sin 37^\circ - 8 \text{ m s}^{-2}) = 10,5 \text{ N}$$

$$b) a = \frac{-P_x - F_r}{m} = \frac{-mg \sin \alpha + F_r}{m} = \frac{-5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \sin 37^\circ + 10,5 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = 3,8 \text{ m s}^{-2}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot (-3,8) \cdot (-6)} = 6,8 \text{ m s}^{-1}$$

44. Un cuerpo de 2,0 kg de masa se encuentra sujeto al extremo de una cuerda de 100 cm de longitud, y al girar verticalmente describiendo una circunferencia cuando pasa por el punto más bajo, la tensión vale 100 N. Si en ese momento se rompe la cuerda:

a) ¿Con qué velocidad saldrá despedido el cuerpo?

b) ¿Cuál es la tensión de la cuerda en el punto más alto?

$$a) \frac{mv^2}{R} = T - mg; \quad v = \sqrt{\frac{TR - mgR}{m}} = \sqrt{\frac{100 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} - 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 1 \text{ m}}{2 \text{ kg}}} = 6,34 \text{ m s}^{-1}$$

b) La velocidad en el punto más alto es:

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 - 2g \cdot 2R} = \sqrt{(6,34 \text{ m s}^{-1})^2 - 2 \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 2 \text{ m}} = 1 \text{ m s}^{-1}$$

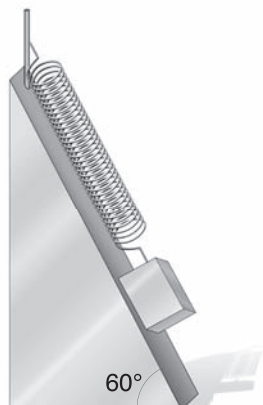
En el punto más alto:  $F_c = T + mg$ ; por tanto, como máximo:

$$F_c = mg; \quad \frac{mv_2^2}{R} = mg; \quad v_2 = \sqrt{Rg}$$

$$v_2 = \sqrt{1 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}} = 3,13 \text{ m s}^{-1}$$

Como  $v_1 < v_2$ , el cuerpo no describe la circunferencia:  $T = 0$ .

45. El bloque de la Figura 6.53, de 7 kg de masa, está apoyado sobre un plano inclinado  $60^\circ$  sobre la horizontal y sujeto por un resorte que sufre un alargamiento de 16,4 cm. ¿Cuál es la constante elástica del muelle?

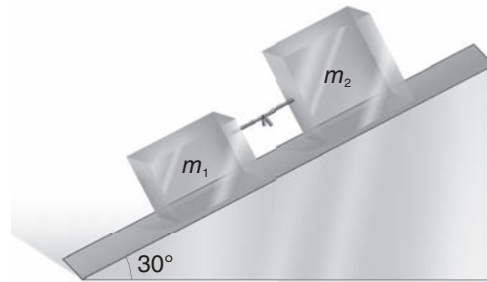


$$P_x = k \Delta x; \quad mg \sin \alpha = k \Delta x; \quad k = \frac{mg \sin \alpha}{\Delta x} = \frac{7 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \sin 60^\circ}{0,164 \text{ m}} = 3,6 \cdot 10^2 \text{ N m}^{-1}$$

46. Dos cuerpos  $m_1 = 2,0 \text{ kg}$  y  $m_2 = 3,0 \text{ kg}$  están unidos por una cuerda de masa despreciable, según se representa en la figura. Si los respectivos coeficientes de rozamiento son 0,20 y 0,40, calcula:

a) La aceleración del sistema.

b) La tensión de la cuerda.



$$a) a = \frac{P_{x1} + P_{x2} + F_{r1} + F_{r2}}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 g \sin \alpha + m_2 g \sin \alpha - \mu_1 m_1 g \cos \alpha - \mu_2 m_2 g \cos \alpha}{m_1 + m_2} = \frac{2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \sin 30^\circ + 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \sin 30^\circ - 0,2 \cdot 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \cos 30^\circ - 0,4 \cdot 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \cos 30^\circ}{5 \text{ kg}} = 2,18 \text{ m s}^{-2}$$

$$b) T + m_2 g \sin \alpha - \mu_2 m_2 g \cos \alpha = m_2 a$$

$$T = m_2 a + \mu_2 m_2 g \cos \alpha - m_2 g \sin \alpha$$

$$T = 3 \text{ kg} \cdot 2,18 \text{ m s}^{-2} + 0,4 \cdot 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \cos 30^\circ - 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \sin 30^\circ = 2,02 \text{ N}$$

47. ¿A qué velocidad tienen que pasar los ciclistas por una curva, de radio 40 m y peraltada  $60^\circ$ , en una competición si utilizan un tipo de rueda que elimina por completo el rozamiento lateral? Si existiera ese tipo de rueda, ¿se podría utilizar para mejorar el comportamiento de un ciclista en el Tour de Francia?

$$v = \sqrt{Rg \operatorname{tg} \alpha} = \sqrt{40 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \operatorname{tg} 60^\circ} = 26 \text{ m s}^{-1}$$

No. Las curvas no tienen el peralte adecuado como en el caso calculado y, al no rozar, sería imposible tomar las curvas.

48. Un bloque de madera de 3 kg está situado sobre un plano inclinado  $5^\circ$  sobre la horizontal. El coeficiente de rozamiento entre el bloque y el plano es 0,5. ¿Con qué velocidad descenderá el bloque por el plano a los 5 s de iniciado el movimiento? ¿Te da una velocidad negativa?



$$P_x = m g \sin \alpha = 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \sin 5^\circ = 2,6 \text{ N}$$

$$F_{r \text{ máx}} = \mu m g \cos \alpha = 0,5 \cdot 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \cos 5^\circ = 14,6 \text{ N};$$

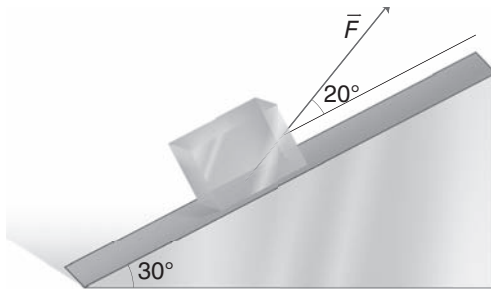
$$F_r = 2,6 \text{ N}$$

No desciende. El valor de la fuerza de rozamiento es igual al de  $P_x$ , no puede ser mayor.

49. Un cuerpo de 12,5 kg de masa asciende por el plano inclinado de la figura al aplicarle la fuerza  $F = 122 \text{ N}$ . El coeficiente de rozamiento cinético vale 0,48. Calcula:

a) La aceleración del cuerpo.

b) El tiempo que tarda en recorrer 18,2 m.



$$a) F_x = P_x - F_r = m a$$

$$F \cos 20^\circ - m g \sin 30^\circ - \mu m g \cos 30^\circ = m a$$

$$a = \frac{F}{m} \cos 20^\circ - g (\sin 30^\circ + \mu \cos 30^\circ) =$$

$$= \frac{122 \text{ N}}{12,5 \text{ kg}} \cdot 0,94 - 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot (0,5 + 0,48 \cdot 0,87) =$$

$$= 9,17 \text{ m s}^{-2} - 8,99 \text{ m s}^{-2} = 0,18 \text{ m s}^{-2}$$

$$b) x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow \text{como } x_0 = 0 \text{ y } v_0 = 0,$$

$$x = \frac{1}{2} a t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2x}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 18,2 \text{ m}}{0,18 \text{ m s}^{-2}}} = 14,2 \text{ s}$$

## Cuestiones básicas

- Una pelota que está en reposo se sitúa a una altura de 2 m sobre el suelo y después se sube hasta una altura de 10 m.
  - ¿De qué tipo es la energía de la pelota?
  - ¿En qué posición tiene mayor energía?
    - Energía potencial.
    - A 10 m de altura.
- Un coche circula por una carretera horizontal a una velocidad de 72 km/h, acelera hasta alcanzar una velocidad de 90 km/h y después frena hasta pararse.
  - ¿Cuándo tiene mayor energía?
  - ¿De qué tipo es la energía del coche?
  - ¿Cuál es el valor de la energía cinética del coche cuando se para?
  - ¿Por qué no varía su energía potencial gravitatoria?
    - Cuando tiene mayor velocidad, a 90 km/h.
    - El coche tiene energía cinética.
    - Con una velocidad de 0 m/s, su energía es de 0 J.
    - El movimiento es en la horizontal y no hay variación en la altura.

- Describe las transformaciones energéticas que se producen cuando una pila eléctrica hace funcionar una bombilla.

La energía química de la pila crea un campo eléctrico que da una energía cinética a los electrones del cable. La resistencia del material conductor hace que el filamento de la bombilla gane temperatura hasta emitir energía lumínica.

- Describe las transformaciones energéticas que se producen cuando un automóvil está en movimiento.

La energía química que se encuentra almacenada en el combustible se convierte en cinética de los gases en la explosión en el cilindro y después en mecánica que consigue mover las ruedas.

- Si se duplica la velocidad de un cuerpo, ¿qué le sucede a su energía cinética?

Se cuadruplica ya que  $E_c = 1/2 m v^2$ .

- Un objeto de 5 kg tiene una energía cinética de 250 J. Calcula la velocidad con que se mueve.

La velocidad se obtiene a partir de la fórmula de la energía cinética:

$$v = \sqrt{\frac{2 E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 250 \text{ J}}{5 \text{ kg}}} = 10 \text{ m s}^{-1}$$

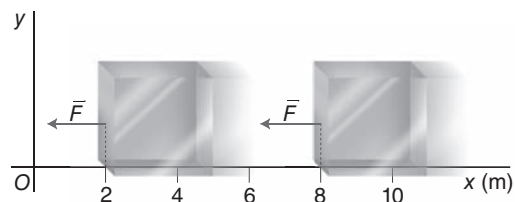
- Ordena de mayor a menor la energía potencial gravitatoria de los siguientes cuerpos:

- Cuerpo de 200 kg apoyado en el suelo.
- Objeto de 5 kg situado a una altura de 15 m.

- Cuerpo de 80 kg a 1,5 m de altura sobre el suelo.
  - Objeto de 8 kg a 25 m de altura.
  - Cuerpo de 6 kg situado a una altura de 35 m.
- a) 0 J < b) 735 J < c) 1176 J < d) 1960 J < e) 2058 J.

## Actividades

- El cuerpo de la Fig. 7.9, sobre el que actúa la fuerza  $\vec{F}$ , se desplaza desde el punto (8,0) m hasta el punto (2,0) m. El trabajo realizado por la fuerza  $\vec{F}$  es igual a 60 J.
  - ¿Cuál es el signo de la fuerza y el desplazamiento? ¿Por qué el trabajo es positivo?
  - ¿Cuánto vale el módulo de  $\vec{F}$ ?



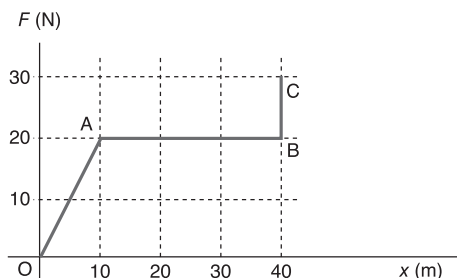
- El trabajo es positivo porque la fuerza y el desplazamiento son negativos.

$$b) F = \frac{W}{\Delta x} = \frac{60 \text{ J}}{-6 \text{ m}} = -10 \text{ N}; \quad \vec{F} = -10 \vec{u}_x \text{ N}$$

- Una grúa levanta un paquete de ladrillos de 500 kg a una altura de 30 m y después desplaza la carga horizontalmente 10 m. ¿Qué trabajo mecánico realiza en cada movimiento?

- $P = mg = 500 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 4900 \text{ N}$   
 $W = Fh = 4900 \text{ N} \cdot 30 \text{ m} = 1,47 \cdot 10^5 \text{ J}$
- $W = F \Delta x \cos \alpha = 500 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 10 \text{ m} \cdot \cos 90^\circ = 0$

- La fuerza aplicada a un cuerpo varía según el gráfico de la Fig. 7.10.



- ¿Qué trabajo realiza la fuerza en cada tramo?
- ¿Cuánto vale el trabajo total?

$$a) W_{OA} = \frac{1}{2} 10 \text{ m} \cdot 20 \text{ N} = 100 \text{ J}$$

$$W_{AB} = 20 \text{ N} \cdot 30 \text{ m} = 600 \text{ J}$$

$$W_{BC} = 0$$

$$b) W_{TOTAL} = 100 \text{ J} + 600 \text{ J} = 700 \text{ J}$$



4. Para elevar un cuerpo con una velocidad constante de  $2,5 \text{ m s}^{-1}$  se necesita un motor de 3 CV de potencia. ¿Cuál es el peso del cuerpo?

$$P = Fv; F = \frac{P}{v} = \frac{3 \text{ CV} \cdot 735,5 \text{ W/CV}}{2,5 \text{ m s}^{-1}} = 883 \text{ N} = 90 \text{ kp}$$

5. Un motor de 18 CV eleva un montacargas de 500 kg a 50 m de altura en 25 s. Calcula el trabajo realizado, la potencia útil y el rendimiento.

La fuerza motriz que realiza el trabajo es igual al peso del cuerpo.

El trabajo realizado es igual al trabajo útil:

$$W_u = F \Delta x = m g h = 500 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 50 \text{ m} = 2,45 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Potencia útil:

$$P_u = \frac{W_u}{t} = \frac{2,45 \cdot 10^5 \text{ J}}{25 \text{ s}} = 9,8 \cdot 10^3 \text{ W}$$

Rendimiento:

$$\eta = \frac{P_u}{P_m} = \frac{9,8 \cdot 10^3 \text{ W}}{18 \text{ CV} \cdot 735,5 \text{ W CV}^{-1}} = 0,74 = 74\%$$

6. ¿Puede ser negativa la energía cinética?

No, porque el módulo de la velocidad está elevado al cuadrado y la masa siempre es positiva.

7. Si la energía cinética de un cuerpo se mantiene constante, ¿cuánto vale el trabajo realizado sobre el cuerpo?

El trabajo es nulo si no varía tampoco ninguna de las otras energías asociadas al cuerpo.

8. Se lanza un cuerpo de 2,4 kg por una superficie horizontal y se detiene tras recorrer 4 m. Si el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y la superficie es 0,35, ¿con qué velocidad se lanzó el cuerpo?

$$F_r = \mu m g = 0,35 \cdot 2,4 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 8,2 \text{ N};$$

$$W_r = F_r \Delta x = -8,2 \text{ N} \cdot 4 \text{ m} = -32,8 \text{ J}$$

$$E_{c1} + W_r = E_{c2}; \quad \frac{1}{2} \cdot 2,4 \text{ kg} \cdot v^2 - 32,8 \text{ J} = 0; \quad v = 5,2 \text{ m s}^{-1}$$

9. El consumo de agua de una ciudad es de  $4,2 \cdot 10^3 \text{ m}^3$  diarios, siendo necesario elevarla a unos depósitos situados a 85 m por encima del río donde tiene lugar la captación. Sin tener en cuenta otras consideraciones, calcula:

a) El trabajo diario que hay que realizar.

b) La potencia de las bombas que elevan el agua.

$$a) m = Vd = 4,2 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ kg m}^{-3} = 4,2 \cdot 10^6 \text{ kg}$$

$$W = E_p = m g h = 4,2 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 85 \text{ m} = 3,5 \cdot 10^9 \text{ J}$$

$$b) P = \frac{W}{t} = \frac{3,5 \cdot 10^9 \text{ J}}{86400 \text{ s}} = 4,05 \cdot 10^4 \text{ W} = 55 \text{ CV}$$

10. Un muelle se alarga 4 cm cuando se cuelga de él un cuerpo de 24 kg de masa. ¿Qué trabajo habría que realizar para comprimirlo 12 cm a partir de su posición de equilibrio?

$$F = m g = 24 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 235 \text{ N};$$

$$k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{235 \text{ N}}{0,04 \text{ m}} = 5,88 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}$$

$$W = E_{pE} = \frac{1}{2} k x^2 = \frac{1}{2} 5,88 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1} \cdot (0,12 \text{ m})^2 = 42,3 \text{ J}$$

11. Si, al alargar un muelle, su energía potencial elástica es positiva, ¿será negativa al comprimirlo?

También es positiva, porque el acortamiento está elevado al cuadrado.

12. Una pelota de 65 g de masa golpea la pared de un frontón con una velocidad de  $25 \text{ m s}^{-1}$  y rebota con velocidad de  $22 \text{ m s}^{-1}$ . ¿Se conserva la energía mecánica de la pelota? Si no es así, ¿qué cantidad de energía cinética ha perdido?

$$E_{c1} = \frac{1}{2} \cdot 0,065 \text{ kg} \cdot (25 \text{ m s}^{-1})^2 = 20,3 \text{ J}$$

$$E_{c2} = \frac{1}{2} \cdot 0,065 \text{ kg} \cdot (-22 \text{ m s}^{-1})^2 = 15,7 \text{ J}$$

No se conserva la energía mecánica.

$$\text{Energía cinética perdida: } 20,3 \text{ J} - 15,7 \text{ J} = 4,6 \text{ J}$$

13. El péndulo de la Fig. 7.21, de 1 m de longitud, se desplaza un ángulo de  $12^\circ$  de su posición vertical de equilibrio, por lo que oscila de un lado a otro. Si se desprecia el rozamiento con el aire, calcula su velocidad cuando pasa por el punto más bajo de su trayectoria.

$$h = 1 - 1 \cdot \cos 12^\circ = 1 - 0,98 = 0,02 \text{ m}$$

$$v = \sqrt{2 g h} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,02 \text{ m}} = 0,63 \text{ m s}^{-1}$$

14. Un cuerpo de 3 kg de masa inicia el deslizamiento por un plano inclinado desde un punto situado a 4 m de altura sobre el suelo. Su energía cinética, cuando llega al suelo, es de 102 J.

a) ¿Se ha conservado su energía mecánica?

b) ¿Cuánto vale el trabajo de rozamiento?

$$a) E_{m1} = 0 + m g h_1 = 3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 4 \text{ m} = 117,6 \text{ J}$$

$$E_{m2} = 0 + E_{c1} = 102 \text{ J}. \text{ No se conserva la energía mecánica.}$$

$$b) W_r = E_{m2} - E_{m1} = 102 \text{ J} - 117,6 \text{ J} = -15,6 \text{ J}$$

15. Un bloque de 5 kg resbala a lo largo de un plano de 4 m de longitud y  $30^\circ$  de inclinación sobre la horizontal. Si el coeficiente de rozamiento es 0,25, calcula:

a) El trabajo de rozamiento.

b) La energía potencial gravitatoria del bloque cuando está situado en lo alto del plano.

c) La energía cinética y la velocidad del bloque al final del plano.

$$a) F_r = \mu m g \cos \alpha = 0,25 \cdot 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \cos 30^\circ = 10,6 \text{ N}$$

$$W_r = F_r \Delta x = -10,6 \text{ N} \cdot 4 \text{ m} = -42,4 \text{ J}$$

$$b) E_p = mgh = 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 2 \text{ m} = 98 \text{ J}$$

$$c) E_p + W_r = E_c; \quad E_c = 98 \text{ J} - 42,4 \text{ J} = 55,6 \text{ J}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 55,6 \text{ J}}{5 \text{ kg}}} = 4,7 \text{ m s}^{-1}$$

**16. ¿Qué cantidad de energía se libera cuando se convierte en energía 1 g de materia?**

De acuerdo con la teoría de la relatividad de Einstein, la relación entre masa y energía es la siguiente:

$$E = m c^2 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1})^2 = 9 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

**17. ¿Por qué se dice que el calor es una energía de peor calidad, menos útil, que el trabajo?**

Sólo una parte de la energía térmica puede transformarse en otras energías. Aunque la cantidad total de energía es constante, parece que pierde paulatinamente su capacidad para producir trabajo. La energía se degradará continuamente, convertida en energía térmica inutilizable y cada vez habrá menos energía útil.

**18. Haz un breve comentario acerca de la llamada muerte térmica del Universo.**

Respuesta libre.

## ■ Problemas propuestos

### ■ Para afianzar

**1. Una vagoneta se encuentra en una vía recta horizontal. Calcula el trabajo mecánico en los siguientes casos:**

a) Se ejerce una fuerza constante de 50 N sobre la vagoneta en la dirección de la vía sin que la vagoneta se mueva.

b) Se ejerce una fuerza de 180 N en la dirección de la vía y se recorren 12 m.

c) Se empuja la vagoneta con una fuerza de 200 N que forma un ángulo de  $30^\circ$  con la vía, de modo que recorre 25 m.

$$a) W = 0$$

$$b) W = 180 \text{ N} \cdot 12 \text{ m} = 2160 \text{ J}$$

$$c) W = 200 \text{ N} \cdot 25 \text{ m} \cdot \cos 30^\circ = 4330 \text{ J}$$

**2. ¿Qué trabajo se realiza cuando se desplaza un cuerpo a velocidad constante sobre una superficie horizontal sin rozamiento?**

Nulo, porque  $F = 0$ .

**3. ¿Puede ser negativa la energía cinética de un cuerpo? ¿Y la potencial gravitatoria?**

La energía cinética no puede ser negativa porque el módulo de la velocidad está elevado al cuadrado. La energía potencial gravitatoria sí depende del nivel de referencia elegido.

**4. Cuando un cuerpo en movimiento choca contra un muelle va perdiendo velocidad hasta que se detiene. ¿Qué sucede con su energía cinética?**

Se transforma en energía potencial elástica.

**5. ¿Qué trabajo mecánico realiza una persona de 60,0 kg cuando sube a una altura de 10,0 m? ¿Qué fuerza ejerce?**

$$W = Fh = 588 \text{ N} \cdot 10 \text{ m} = 5880 \text{ J}$$

$$F = P = mg = 60 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 588 \text{ N}$$

**6. Una grúa desplaza horizontalmente con MRU un contenedor de 400 kg de masa una distancia de 20 m sin que haya rozamientos. ¿Qué trabajo realiza?**

$$W = 400 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 20 \text{ m} \cdot \cos 90^\circ = 0$$

**7. ¿Qué trabajo hay que realizar para elevar un cuerpo de 20,0 kg desde una altura de 10,0 m sobre el suelo hasta una altura de 25,0 m? ¿Qué fuerza hay que realizar?**

$$W = F(h_2 - h_1) = 196 \text{ N} \cdot (25 - 10) \text{ m} = 2940 \text{ J}$$

$$F = P = mg = 20 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 196 \text{ N}$$

**8. Desde una altura de 14 m se lanza verticalmente hacia arriba una pelota de 45 g con una velocidad de  $15 \text{ m s}^{-1}$ . Calcula:**

a) Su energía mecánica cuando alcanza la máxima altura y cuando se encuentra a una altura de 8,0 m sobre el suelo.

b) La velocidad con que llega al suelo.

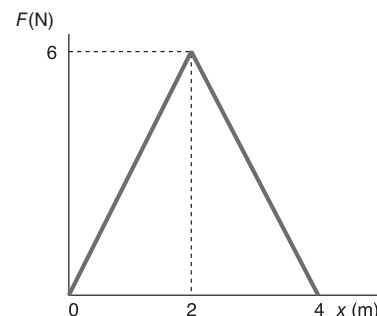
$$a) E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2} \cdot 0,045 \text{ kg} \cdot (15 \text{ m s}^{-1})^2 + 0,045 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 14 \text{ m} = 11 \text{ J. Es la misma.}$$

$$b) v = \sqrt{\frac{2 E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 11 \text{ J}}{0,045 \text{ kg}}} = 22 \text{ m s}^{-1}$$

**9. ¿Qué altura máxima puede alcanzar una pelota de masa  $m$  lanzada verticalmente hacia arriba desde el suelo con una velocidad de  $12 \text{ m s}^{-1}$ ?**

$$E_c = E_{p_f}; \quad \frac{1}{2} m v_1^2 = m g h_f; \quad h_f = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{(12 \text{ m s}^{-1})^2}{2 \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2}} = 7,3 \text{ m}$$

**10. Calcula gráficamente el trabajo realizado por una fuerza que varía de la forma que representa la Fig. 7.27 al desplazar un móvil a lo largo de los 4 m iniciales.**



$$W = \frac{1}{2} 4 \text{ m} \cdot 6 \text{ N} = 12 \text{ J}$$



11. Calcula el trabajo de rozamiento desprendido en forma de calor por un objeto de masa 150 kg que se desliza 12,0 m por el suelo de una nave industrial con el que tiene un coeficiente de rozamiento 0,25. ¿Y si el suelo estuviera inclinado exactamente 5°?

$$W_1 = \mu m g \Delta x = 0,25 \cdot 150 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 12 \text{ m} = 4410 \text{ J} = 4,41 \text{ kJ}$$

$$W_2 = \mu m g \cos \alpha \Delta x = 0,25 \cdot 150 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \cos 5^\circ \cdot 12 \text{ m} = 4390 \text{ J} = 4,39 \text{ kJ}$$

12. ¿Qué potencia tiene que ejercer una máquina que levanta 1000 kg de mineral a una velocidad media de 5,0 m s<sup>-1</sup>?

$$P = Fv = 1000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 5 \text{ m s}^{-1} = 4,9 \cdot 10^4 \text{ W} = 49 \text{ kW}$$

13. ¿Cuánto vale la energía cinética de un automóvil de masa 800 kg que se mueve a 35 m s<sup>-1</sup>?

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 800 \text{ kg} \cdot (35 \text{ m s}^{-1})^2 = 4,9 \cdot 10^5 \text{ J}$$

14. ¿Qué cantidad de energía se encuentra almacenada en un muelle de constante k = 625 N m<sup>-1</sup> que se encuentra comprimido 45 cm?

$$E_{pe} = \frac{1}{2} k x^2 = \frac{1}{2} \cdot 625 \text{ N m}^{-1} \cdot (0,45 \text{ m})^2 = 63 \text{ J}$$

## ■ Para repasar

15. Calcula la energía producida en un año por un parque eólico de 20 MW de potencia media. Expresa el resultado en kW h.

$$E = Pt = 20 \cdot 10^6 \text{ W} \cdot (365 \cdot 24 \cdot 3600) \text{ s} = 6,3 \cdot 10^{14} \text{ J} = 1,75 \cdot 10^8 \text{ kW h}$$

16. Un saltador de pértiga de 72 kg de masa sobrepasa el listón cuando está colocado a 6,05 m.

a) ¿Cuál es su energía potencial gravitatoria en ese instante?

b) ¿Con qué velocidad llega a la colchoneta cuya superficie superior está situada a 75 cm del suelo?

a)  $E_p = mgh = 72 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 6,05 \text{ m} = 4270 \text{ J} = 4,3 \text{ kJ}$

b)  $E_m = E_c + E_p; \quad 4270 \text{ J} = \frac{1}{2} 72 \text{ kg} \cdot v^2 + 72 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,75 \text{ m}; \quad v = 10,2 \text{ m s}^{-1}$

17. Al colgar un cuerpo de 5,00 kg de un muelle vertical se produce un alargamiento de 12,5 cm. Calcula:

a) La constante elástica del muelle.

b) La energía potencial elástica almacenada.

a)  $P = mg = 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 49 \text{ N};$

$$k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{49 \text{ N}}{0,125 \text{ m}} = 392 \text{ N m}^{-1}$$

b)  $E_e = \frac{1}{2} k x^2 = \frac{1}{2} \cdot 392 \text{ N m}^{-1} \cdot (0,125 \text{ m})^2 = 3,1 \text{ J}$

18. Una bala de 20 g de masa atraviesa una pared de 12 cm de anchura. La bala incide en la pared con una velocidad de 250 m s<sup>-1</sup> y sale con una velocidad de 120 m s<sup>-1</sup>. ¿Qué resistencia media (fuerza de rozamiento) opone la pared?

$$W = E_{cf} - E_{ci} = F \Delta x; \quad F = \frac{\frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2)}{\Delta x} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 0,02 \text{ kg} \cdot (120^2 - 250^2) \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}}{0,12 \text{ m}} = -4 \cdot 10^3 \text{ N}$$

19. Se lanza un cuerpo a lo largo de un plano horizontal con una velocidad inicial de 5,0 m s<sup>-1</sup>. El coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y el plano es 0,30. ¿Qué distancia recorre hasta pararse?

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m (5 \text{ m s}^{-1})^2 = 12,5 \cdot m \text{ J}$$

$$F_r = \mu mg = 0,3 \cdot m \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 2,94 \cdot m \text{ J}$$

$$E_c = W_r; \quad 12,5 \cdot m = 2,94 \cdot m \cdot \Delta x; \quad \Delta x = \frac{12,5 \cdot m}{2,94 \cdot m} = 4,25 \text{ m}$$

20. Un cuerpo de 10,0 kg resbala a lo largo de un plano inclinado 30° sobre la horizontal. La longitud del plano es de 7,0 m y el coeficiente de rozamiento 0,30.

Calcula:

a) El trabajo de rozamiento.

b) La energía mecánica del cuerpo cuando está en reposo en lo alto del plano.

c) La energía cinética y la velocidad del cuerpo al final del plano.

a)  $F_r = \mu mg \cos \alpha = 0,3 \cdot 10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \cos 30^\circ = 25,5 \text{ N}$   
 $W_r = -F_r \cdot \Delta x = -25,5 \text{ N} \cdot 7 \text{ m} = -178 \text{ J}$

b)  $h = 7 \text{ m} \cdot \sin 30^\circ = 3,5 \text{ m};$

$$E_m = E_p = mgh = 10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 3,5 \text{ m} = 343 \text{ J}$$

c)  $E_c = E_p + W_r = 343 \text{ J} - 178 \text{ J} = 165 \text{ J}$

$$v = \sqrt{\frac{2 E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 165 \text{ J}}{10 \text{ kg}}} = 5,7 \text{ m s}^{-1}$$

21. Un camión de 30 t se mueve con una aceleración constante de 1,2 m s<sup>-2</sup> sobre una superficie horizontal en la que la fuerza de rozamiento tiene un valor constante de 9 · 10<sup>3</sup> N. ¿Qué trabajo realiza el motor del camión al recorrer 100 m?

$$F = ma + F_r = 30 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 1,2 \text{ m s}^{-2} + 9 \cdot 10^3 \text{ N} = 4,5 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$W = F \Delta x = 4,5 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot 100 \text{ m} = 4,5 \cdot 10^6 \text{ J}$$

22. Un bloque de 5,0 kg desciende desde el reposo por un plano inclinado 30° con la horizontal. La longitud del plano es 10 m y el coeficiente de rozamiento, 0,10. Halla la pérdida de energía a causa del rozamiento y la velocidad del bloque en la base del plano inclinado.

$$F_r = \mu mg \cos \alpha = 0,1 \cdot 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \cos 30^\circ = 4,24 \text{ N}$$

$$W_r = -F_r \cdot \Delta x = -4,24 \text{ N} \cdot 10 \text{ m} = -42,4 \text{ J}$$

$$E_i + W_r = E_f; \quad E_{c_i} = 0; \quad h = l \cdot \sin \alpha = 10 \text{ m} \cdot 0,5 = 5 \text{ m}$$

$$E_{p_i} = m g h = 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 5 \text{ m} = 245 \text{ J}$$

$$E_f = E_i + W_r = 245 \text{ J} + (-42,4 \text{ J}) = 203 \text{ J}$$

$$E_f = E_{c_f} = \frac{1}{2} m v^2; \quad v = \sqrt{\frac{2 E_f}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 203 \text{ J}}{5 \text{ kg}}} = 9,0 \text{ m s}^{-1}$$

## Para profundizar

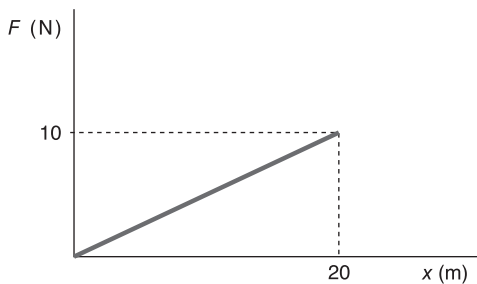
23. Un automóvil de 1,4 t inicia el ascenso de una cuesta con una velocidad de 36 km h<sup>-1</sup>. Cuando se ha elevado a una altura vertical de 20 m sobre la base de la rampa alcanza una velocidad de 25 m s<sup>-1</sup>, invirtiendo para ello un tiempo de 40 s. Calcula:

- a) El aumento experimentado por la energía mecánica del coche.  
b) La potencia media del motor necesaria para suministrar esa energía.

$$a) \Delta E_m = E_{c_f} + E_{p_f} - (E_{c_i} + E_{p_i}) = \frac{1}{2} \cdot 1,4 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot (25 \text{ m s}^{-1})^2 + 1,4 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 20 \text{ m} - \frac{1}{2} \cdot 1,4 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot (10 \text{ m s}^{-1})^2 = 6,4 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$b) P = \frac{\Delta E_m}{t} = \frac{6,4 \cdot 10^5 \text{ J}}{40 \text{ s}} = 1,6 \cdot 10^4 \text{ W} = 16 \text{ kW}$$

24. Una masa de 3,0 kg se mueve inicialmente con una velocidad de 5 m s<sup>-1</sup>. Sobre ella empieza a actuar una fuerza en la dirección y sentido de su movimiento que varía a lo largo del recorrido de la forma que indica la Fig. 7.28. ¿Cuánto valdrá su velocidad cuando haya recorrido 20 m?



$$W = \frac{1}{2} (\text{base}) \cdot (\text{altura}) = \frac{1}{2} 20 \text{ m} \cdot 10 \text{ N} = 100 \text{ J}$$

$$W = \Delta E_c = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$100 \text{ J} = \frac{1}{2} 3 \text{ kg} \cdot v_f^2 - \frac{1}{2} 3 \text{ kg} \cdot (5 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$v_f = 9,6 \text{ m s}^{-1}$$

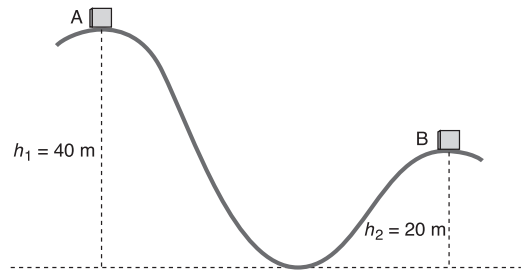
25. Un bloque de 25,0 kg de masa se desplaza sobre una superficie horizontal con una velocidad constante de 8,0 m s<sup>-1</sup>. El coeficiente de rozamiento del cuerpo con el plano es 0,20.

¿Qué trabajo realiza la fuerza aplicada al cuerpo si recorre 4,0 m en su misma dirección?

$$F_r = \mu m g = 0,2 \cdot 25 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 49 \text{ N}$$

$$W = F \Delta x = 49 \text{ N} \cdot 4 \text{ m} = 196 \text{ J}$$

26. En la cima de la montaña rusa de la Fig. 7.29 el coche con sus ocupantes (masa total 1000 kg) está a una altura del suelo de 40 m y lleva una velocidad de 5,0 m s<sup>-1</sup>. Suponiendo que no hay rozamientos, calcula la energía cinética del coche cuando está en la segunda cima, que tiene una altura de 20 m.

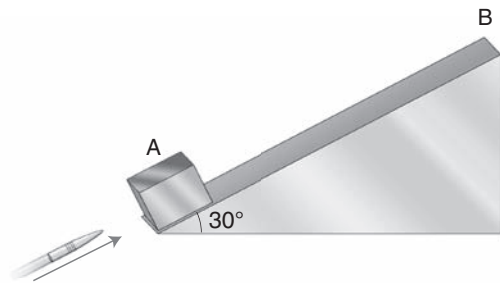


$$E_{m_A} = E_{m_B}; \quad E_{c_A} + E_{p_A} = E_{c_B} + E_{p_B}$$

$$E_{c_B} = \frac{1}{2} m v_A^2 + m g h_1 - m g h_2$$

$$E_{c_B} = \frac{1}{2} m v_A^2 + m g (h_1 - h_2) = \frac{1}{2} \cdot 1000 \text{ kg} \cdot (5 \text{ m s}^{-1})^2 + 1000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} (40 - 20) \text{ m} = 2,1 \cdot 10^5 \text{ J}$$

27. Sobre un bloque de madera de 2 kg, que se encuentra al comienzo de un plano inclinado 30° (Fig. 7.30) se dispara un proyectil de 100 g con una velocidad de 100 m s<sup>-1</sup> incrustándose en él. Si el coeficiente de rozamiento entre el bloque y el plano es 0,10, calcula la distancia que recorre el bloque sobre el plano.



$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v; \quad v = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} = \frac{0,1 \text{ kg} \cdot 100 \text{ m s}^{-1}}{2,1 \text{ kg}} = 4,76 \text{ m s}^{-1}$$

$$E_{m_A} + W_r = E_{m_B}; \quad h_B = x \cdot \sin 30^\circ$$

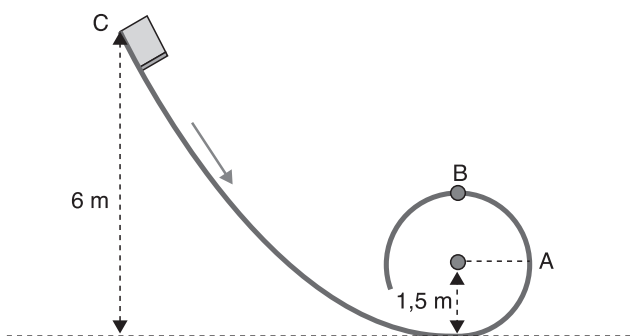
$$\frac{1}{2} m v_A^2 - \mu m g \cos \alpha \cdot x = m g h_B = m g x \sin \alpha$$

$$\frac{1}{2} v_A^2 - g x \sin \alpha = \mu g x \cos \alpha$$

$$x = \frac{\frac{1}{2} v_A^2}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} =$$

$$= \frac{0,5 \cdot (4,76 \text{ m s}^{-1})^2}{9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,5 + 0,1 \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,866} = 2 \text{ m}$$

28. Un cuerpo se desliza desde el reposo sin rozamiento por una vía en forma de rizo, como indica la Fig. 7.31.



Calcula:

- La velocidad del cuerpo cuando pasa por el punto A.
- La velocidad del cuerpo cuando pasa por el punto B.
- ¿Desde qué altura se debe dejar caer el cuerpo para que al pasar por el punto B la fuerza centrípeta sea igual al peso del cuerpo?

$$a) E_{mC} = E_{mA}; \quad mgh_C = mgh_A + \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$v_A = \sqrt{2g(h_C - h_A)}$$

$$v_A = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot (6 - 1,5) \text{ m}} = 9,4 \text{ m s}^{-1}$$

$$b) E_{mC} = E_{mB}; \quad mgh_C = mgh_B + \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$v_B = \sqrt{2g(h_C - h_B)}$$

$$v_B = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot (6 - 3) \text{ m}} = 7,7 \text{ m s}^{-1}$$

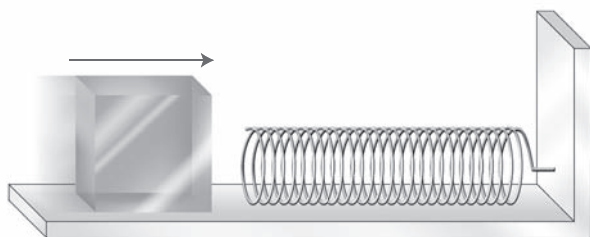
$$c) F_c = mg; \quad \frac{mv_B^2}{R} = mg; \quad v_B^2 = Rg$$

$$E_{mh} = E_{mB}; \quad mgh = mgh_B + \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$gh = gh_B + \frac{1}{2}Rg$$

$$h = h_B + \frac{1}{2}R = 3 \text{ m} + \frac{1}{2} \cdot 1,5 \text{ m} = 3,75 \text{ m}$$

29. Un bloque de 5,0 kg choca con una velocidad de 10 m s<sup>-1</sup> contra un muelle de constante elástica k = 25 N m<sup>-1</sup>. El coeficiente de rozamiento entre el bloque y la superficie horizontal es 0,20 (Fig. 7.32). Calcula la longitud que se comprime el muelle.



$$E_{m_0} + W_r = E_{m_f}; \quad \frac{1}{2}mv_0^2 - \mu mgx = \frac{1}{2}kx^2$$

$$\frac{1}{2} \cdot 25 \text{ N m}^{-1} \cdot x^2 - \frac{1}{2} \cdot 5 \text{ kg} \cdot (10 \text{ m s}^{-1})^2 + 0,2 \cdot 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot x = 0$$

$$12,5x^2 + 9,8x - 250 = 0; \quad x = 4,1 \text{ m}$$

30. Se lanza verticalmente hacia arriba un cuerpo de 225 g con una velocidad de 100 m s<sup>-1</sup> y vuelve al punto de partida con una velocidad de 95 m s<sup>-1</sup>. Calcula la fuerza media de rozamiento con el aire si alcanzó una altura de 495 m.

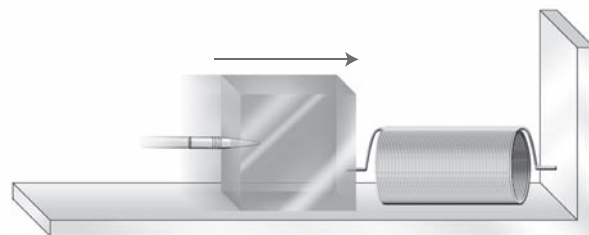
$$\Delta E_m = W_r = F_r \cdot 2h; \quad F_r = \frac{\Delta E_m}{2h} = \frac{E_{c_f} - E_{c_i}}{2h} =$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \cdot 0,225 \text{ kg} \cdot (95 \text{ m s}^{-1})^2 - \frac{1}{2} \cdot 0,225 \text{ kg} \cdot (100 \text{ m s}^{-1})^2}{2 \cdot 495 \text{ m}} =$$

$$F_r = -0,11 \text{ N}$$

31. Un bloque de madera está unido al extremo de un resorte como indica la Fig. 7.33. Contra el bloque de 1,00 kg se dispara horizontalmente un proyectil de 200 g con una velocidad de 100 m s<sup>-1</sup> quedando incrustado en el bloque. Si la constante elástica del muelle vale k = 200 N m<sup>-1</sup>, calcula:

- La velocidad con que inicia el movimiento el sistema bloque-proyectil después del impacto.
- La longitud que se comprime el muelle.



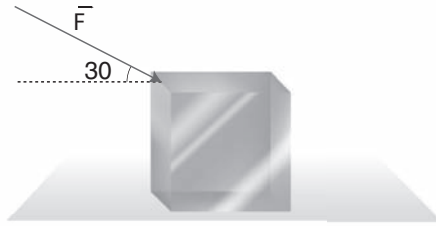
$$a) m_1v_1 = (m_1 + m_2)v; \quad v = \frac{m_1v_1}{m_1 + m_2} = \frac{0,2 \text{ kg} \cdot 100 \text{ m s}^{-1}}{1,2 \text{ kg}} = 16,7 \text{ m s}^{-1}$$

$$b) \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 = \frac{1}{2}kx^2; \quad x = \sqrt{\frac{(m_1 + m_2)v^2}{k}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1,2 \text{ kg} \cdot (16,7 \text{ m s}^{-1})^2}{200 \text{ N m}^{-1}}} = 1,29 \text{ m}$$

32. Un bloque de 50 kg es empujado por una fuerza que forma un ángulo de 30°, como se indica en la Fig. 7.34. El cuerpo se mueve con aceleración constante de 0,50 m s<sup>-2</sup>. Si el coeficiente de rozamiento cinético entre el bloque y el suelo es 0,20, calcula:

- El módulo de la fuerza aplicada.
- El trabajo realizado por esta fuerza cuando el bloque se desplaza 20 m.
- La energía cinética del bloque cuando se ha desplazado la distancia anterior.



$$\begin{aligned}
 a) \quad & F \cos 30^\circ - \mu (mg + F \sin 30^\circ) = ma \\
 & 0,866 F - 0,2 (50 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} - 0,2 \cdot 0,5 F) = \\
 & = 50 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m s}^{-2} \\
 & F = 161 \text{ N} \\
 b) \quad & W = F \Delta x \cos \alpha = 161 \text{ N} \cdot 20 \text{ m} \cdot \cos 30^\circ = 2,8 \text{ kJ} \\
 c) \quad & E_c = \frac{1}{2} m v^2 = m a \Delta x = 50 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m s}^{-2} \cdot 20 \text{ m} = 500 \text{ J}
 \end{aligned}$$

33. Se tiene un plano inclinado  $60^\circ$  respecto a la horizontal cuya longitud es de 10 m. ¿Qué velocidad paralela al plano debe comunicarse a un cuerpo para que éste llegue a la parte superior del plano inclinado con velocidad nula? El coeficiente de rozamiento vale 0,100.

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{2} m v_1^2 + W_r &= m g h; \quad \frac{1}{2} m v_1^2 - \mu m g \cos \alpha x = m g h \\
 \frac{v_1^2}{2} &= \mu g \cos \alpha \cdot x + g x \sin \alpha \\
 v_1 &= \sqrt{2 g x (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} \\
 v_1 &= \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 10 \text{ m} \cdot (0,1 \cdot \cos 60^\circ + \sin 60^\circ)} = \\
 &= 13,4 \text{ m s}^{-1}
 \end{aligned}$$

34. Un coche tiene una potencia de 125 CV y una masa de 1250 kg. El libro del usuario comenta que la velocidad máxima que puede mantener en llano es de 205 km h<sup>-1</sup>. Si lo lleváramos a un mundo ideal donde no hubiera rozamiento con el aire, ¿cuál sería la velocidad máxima que podría alcanzar el coche si su coeficiente de rozamiento con el suelo es 0,020?

$$\begin{aligned}
 P &= 125 \text{ CV} \cdot 735,5 \frac{\text{W}}{\text{CV}} = 91940 \text{ W} \\
 F_r &= \mu m g = 0,02 \cdot 1250 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 245 \text{ N} \\
 P &= F v; \quad v = \frac{P}{F} = \frac{91940 \text{ W}}{245 \text{ N}} = 375 \text{ m s}^{-1} = 1350 \text{ km h}^{-1}
 \end{aligned}$$

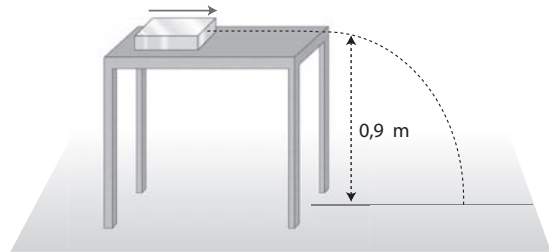
35. Un automóvil de 750 kg necesita una potencia de 20 CV para mantener una velocidad constante de 60 km h<sup>-1</sup> por una carretera horizontal. Calcula:

- a) La fuerza de rozamiento que se opone al movimiento.  
 b) La potencia que necesita este automóvil para subir con la misma velocidad una pendiente que forma un ángulo de  $5,7^\circ$  con la horizontal, suponiendo que la fuerza de rozamiento es la misma que en el tramo horizontal.

$$\begin{aligned}
 a) \quad & \sum \vec{F} = 0; \quad F = F_r; \quad F = \frac{P}{v} = \frac{20 \text{ CV} \cdot 735,5 \text{ W/CV}}{16,7 \text{ m s}^{-1}} = 880 \text{ N} \\
 b) \quad & F = F_r + F_x = 880 \text{ N} + m g \sin \alpha = 880 \text{ N} + \\
 & + 750 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \sin 5,7^\circ = 1610 \text{ N} \\
 & P = F v = 1610 \text{ N} \cdot 16,7 \text{ m s}^{-1} = 26900 \text{ W} = 36,6 \text{ CV}
 \end{aligned}$$

36. Un objeto de masa 250 g se lanza con velocidad de 3,2 m s<sup>-1</sup> sobre una mesa horizontal (Fig. 7.35). El extremo de la mesa está a una distancia de 1,4 m y el coeficiente de rozamiento cinético entre el objeto y la mesa es 0,21.

- a) Explica si el objeto caerá o no al suelo.  
 b) En caso afirmativo, y suponiendo que la altura de la mesa sobre el suelo es de 0,9 m, ¿a qué distancia de la mesa caerá?



$$a) \quad E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,25 \text{ kg} \cdot (3,2 \text{ m s}^{-1})^2 = 1,3 \text{ J}$$

$$F_r = \mu m g = 0,21 \cdot 0,25 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} = 0,52 \text{ N}$$

$$W_r = -F_r \Delta x = -0,52 \text{ N} \cdot 1,4 \text{ m} = -0,72 \text{ J}$$

Como  $E_c > W_r$ , el objeto sí cae al suelo.

$$b) \quad E_{c_{\text{final}}} = 1,3 \text{ J} - 0,72 \text{ J} = 0,58 \text{ J}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,58 \text{ J}}{0,25 \text{ kg}}} = 2,2 \text{ m s}^{-1}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,9 \text{ m}}{9,8 \text{ m s}^{-2}}} = 0,43 \text{ s}$$

$$x = v_1 t = 2,2 \text{ m s}^{-1} \cdot 0,43 \text{ s} = 0,95 \text{ m}$$

## ■ Cuestiones básicas

1. Indica si los siguientes sistemas son homogéneos o heterogéneos: un bloque de hielo, agua y aceite contenidos en un vaso, agua y alcohol en un frasco, un trozo de bronce, aire en un globo y agua de mar en un cubo.

Bloque de hielo (homogéneo), agua y aceite contenidos en un vaso (heterogéneo), agua y alcohol en un frasco (homogéneo), un trozo de bronce (homogéneo), aire en un globo (homogéneo), agua de mar en un cubo (homogéneo).

2. Aplicando la Teoría cinético-molecular, explica qué se dilatará más fácilmente, un sólido, un líquido o un gas.

Un gas.

3. ¿Cuál es el factor determinante del aumento de la energía cinética de las partículas de un cuerpo?

La temperatura.

4. Indica cuáles de las siguientes afirmaciones son correctas:

- a) Cuando un sistema material cambia de estado se modifica su volumen.  
 b) Cuando un sistema material cambia de estado aumenta su masa.  
 c) Cuando un sólido se funde pesa más.  
 d) Las partículas de los líquidos ejercen entre sí fuerzas de interacción mayores que las de los sólidos.

a) Cierto. b) Falso. c) Falso. d) Falso.

5. Explica por qué los globos explotan al llegar a cierta altura.

A medida que suben baja la presión exterior y por tanto al ser mayor la interior el globo se dilata hasta que explota.

6. ¿Cuál crees que es la diferencia entre los llamados gases ideales y los reales?

La existencia de fuerzas de interacción entre las partículas de los gases reales, fuerzas que no se consideran en los gases ideales.

7. Indica cuáles de las siguientes afirmaciones son ciertas:

- a) Cuando se aumenta la temperatura de un recipiente cerrado en el que existe un gas, la presión interior disminuye.  
 b) Cuando se aumenta la presión en el interior de un recipiente que contiene una sustancia gaseosa su volumen también aumenta.  
 c) Cuando disminuye el volumen de un gas mantenido a presión constante la temperatura también disminuye.

a) Falso.

b) Cierto si el recipiente no está cerrado o puede dilatarse, en caso contrario falso.

c) Cierto.

8. Ordena de forma creciente en volumen las siguientes cantidades de sustancias, todas medidas en las mismas condiciones de presión y temperatura: 1 mol de vapor de agua, 2,3 moles de amoníaco, 0,5 moles de cloruro de hidrógeno,  $3 \cdot 10^{20}$  moléculas de oxígeno.

$3 \cdot 10^{20}$  moléculas de oxígeno < 0,5 moles de cloruro de hidrógeno < 1 mol de vapor de agua < 2,3 moles de amoníaco.

9. Indica cuál es la afirmación correcta para un sistema en el que manteniendo el volumen constante se duplica la presión:

- a) Se duplica la temperatura.  
 b) La temperatura baja a la mitad.  
 c) No varía la temperatura.

a) Se duplica la temperatura.

10. Indica cuál es la afirmación correcta para un sistema en el que manteniendo la temperatura constante se duplica el volumen:

- a) Se duplica la presión.  
 b) La presión baja a la mitad.  
 c) No varía la presión.

b) La presión baja a la mitad.

11. El valor de la constante de los gases es de 0,082 atm L mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>. ¿Puedes calcular su valor en J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>?

8,314 J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>.

## ■ Actividades

1. Tenemos un cuerpo A a una temperatura  $T_1$  y un cuerpo B a una temperatura  $T_2$ . Sabiendo que  $T_1 < T_2$  explica si en algún caso es posible que las moléculas del cuerpo A tengan más energía cinética que las del B.

El que un cuerpo esté más frío o más caliente que otro sólo depende de su temperatura, y ésta a su vez de la energía cinética promedio de las partículas que la constituyen. Es decir, esta energía cinética promedio que es proporcional a la temperatura será menor en el cuerpo más frío.

Una vez vista la necesidad de tener en cuenta la masa, podemos comprender que el cociente entre la cantidad de calor que se aporta y el producto de la masa de sustancia que tenemos y el incremento de la temperatura que se produce es constante y distinto para cada sustancia concreta, por lo que llegamos a la expresión de una constante que es específica para cada sustancia y a la que llamamos calor específico.

2. Transforma la ecuación  $Q = C \Delta T = m c_e (T_f - T_0)$  adecuadamente, para que sea aplicable a sistemas en que intervienen moles.

Expresa el calor específico del hierro (véase Tabla 8.1) en J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>.

$$Q = C \Delta T = m c_e (T_f - T_i) = n M_{\text{mol}} c_e (T_f - T_i) = n C_{\text{molar}} (T_f - T_i)$$

$$C_{\text{molar}} = c_e M_{\text{mol}} = 440 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 56 \cdot 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1} = 24,6 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

3. Se tiene una muestra de 120 g de plata y otra también de 120 g de hierro. Inicialmente están a 25 °C y se les transfieren 200 J de energía calorífica. ¿Alcanzarán la misma temperatura al final del proceso? Si entonces se ponen en contacto, ¿se producirán transferencias energéticas en forma de calor?

No alcanzarán la misma temperatura, puesto que las capacidades caloríficas de ambos son distintas. Dado que la de la plata es menor, la temperatura que alcance será mayor, por lo que posteriormente, si se ponen en contacto, ésta cederá calor al hierro hasta conseguir el equilibrio térmico.

4. Una determinada masa de gas oxígeno ocupa un volumen de 2 L a 298 K y 1,2 atm de presión. Se la calienta hasta alcanzar 348 K a presión constante. Calcula su densidad al inicio y al final del experimento.

La densidad es la relación entre la masa y el volumen; aunque la primera no cambia, el segundo sí lo hace durante el experimento.

$$pV = nRT; pV = (m/M_{\text{mol}})RT; m/V = p M_{\text{mol}}/RT; d = p M_{\text{mol}}/RT$$

$$d_{\text{inicial}} = 1,2 \text{ atm} \cdot 32 \text{ g mol}^{-1}/0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 298 \text{ K} = 1,6 \text{ g/L}$$

$$d_{\text{final}} = 1,2 \text{ atm} \cdot 32 \text{ g mol}^{-1}/0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 348 \text{ K} = 1,3 \text{ g/L}$$

5. Calcula la presión que ejercen  $12,044 \cdot 10^{23}$  partículas de un gas en un recipiente de 3 litros de capacidad que está a 25 °C de temperatura.

$$12,044 \cdot 10^{23} \text{ partículas} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ partículas}} = 2 \text{ moles}$$

$$pV = nRT; p \cdot 3 \text{ L} = 2 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot (25 + 273) \text{ K}$$

$$p = 16,3 \text{ atm}$$

6. Demuestra que la atm L es una unidad de trabajo y calcula a cuántos julios equivale.

$$1 \text{ atm L} = 1 \text{ atm} \cdot 101300 \text{ N m}^{-2} \text{ atm}^{-1} \cdot 1 \text{ L} \cdot 1 \text{ dm}^3 \text{ L}^{-1} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ dm}^{-3} = 101,3 \text{ N m} = 101,3 \text{ J}$$

7. Comprueba de forma gráfica y numérica si el trabajo es o no función de estado a partir de la evolución de un sistema que está inicialmente a 1,5 atm y ocupa un volumen de 6 L cuando:

- a) Triplicas su presión a volumen constante en una primera etapa, y en una segunda, divides entre tres su volumen a presión constante.  
b) Divides por tres su volumen a presión constante en una primera etapa y triplicas su presión a volumen constante en una segunda.

Las situaciones inicial y final son las mismas, pero dado que las etapas se desarrollan por caminos distintos, el trabajo total desarrollado será distinto:

a) 1.ª etapa:  $p_1 = 1,5 \text{ atm}; p_2 = 4,5 \text{ atm}; V_1 = 6 \text{ L}; V_2 = 6 \text{ L}$   
 $W = -p \Delta V = 0$   
 2.ª etapa:  $p_2 = 4,5 \text{ atm}; p_3 = 1,5 \text{ atm}; V_2 = 6 \text{ L}; V_3 = 2 \text{ L}$

$$W = -p \Delta V = -4,5 \text{ atm} \cdot (2 \text{ L} - 6 \text{ L}) = (-4,5 \text{ atm} \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa atm}^{-1}) \cdot (-4 \text{ L} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ L}^{-1}) = +1823,4 \text{ J}$$

$$W_{\text{total}} = 0 + 1823,4 = 1823,4 \text{ J}$$

b) 1.ª etapa:  $p_1 = 1,5 \text{ atm}; p_2 = 1,5 \text{ atm}; V_1 = 6 \text{ L}; V_2 = 2 \text{ L}$   
 $W = -p \Delta V = -1,5 \text{ atm} \cdot (2 \text{ L} - 6 \text{ L}) = (-1,5 \text{ atm} \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa atm}^{-1}) \cdot (-4 \text{ L} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ L}^{-1}) = +607,8 \text{ J}$

2.ª etapa:  $p_2 = 1,5 \text{ atm}; p_3 = 4,5 \text{ atm}; V_2 = 2 \text{ L}; V_3 = 2 \text{ L}$   
 $W = -p \Delta V = 0$

$$W_{\text{total}} = 607,8 \text{ J} + 0 \text{ J} = 607,8 \text{ J}$$

8. Indica la variación que experimenta la energía interna de un sistema en los siguientes casos:

- a) Sistema cerrado que realiza un trabajo a expensas de la totalidad del calor que recibe por transferencia.  
b) Sistema cerrado de paredes fijas que transfiere calor al entorno.  
c) Sistema adiabático sobre el que se realiza un trabajo.  
d) Sistema adiabático que realiza un trabajo sobre el entorno.

- a) Si el calor recibido se invierte totalmente en realizar trabajo,  $\Delta U = 0$ .  
b) Como el sistema es de paredes fijas,  $\Delta V = 0$ , por lo que no puede realizar trabajo, el calor emitido se realiza a expensas de la energía interna:  $\Delta U = -Q$ .  
c) En un sistema adiabático no hay intercambios de calor con el exterior, es decir,  $Q = 0$ , por lo que si el sistema recibe energía en forma de trabajo, su energía interna deberá aumentar en una cantidad igual:  $\Delta U = +W$ .  
d) Siguiendo el mismo razonamiento anterior, en este caso el sistema disminuye su energía interna en una cantidad igual al trabajo realizado:  $\Delta U = -W$ .

9. En un proceso isobárico se transfieren a un sistema 3 000 calorías, mientras que éste realiza un trabajo de 2,5 kJ. Calcula la variación que experimenta su energía interna.

$$\Delta U = Q_p + W; \Delta U = (3000 \text{ cal} \cdot 4,18 \text{ J cal}^{-1}) + (-2500 \text{ J}) = 10040 \text{ J}$$

10. Un recipiente cerrado de paredes fijas que contiene 2 moles de oxígeno experimenta un aumento térmico de 30 °C. Calcula la energía suministrada al sistema ( $c_v = 648 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ).

En una transformación isocórica  $\Delta U = Q_v = m c_v (T_f - T_0)$  por lo que:

$$\Delta U = Q_v = 2 \text{ moles } O_2 \cdot (0,032 \text{ kg de } O_2/1 \text{ mol de } O_2) \cdot 648 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 30 \text{ K} = 1,24 \text{ kJ}$$

11. Un sistema lleva a cabo un trabajo de expansión de 450 J mediante una transformación isotérmica. Indica el calor que absorbe o emite este sistema.

Isotérmicamente implica  $\Delta U = 0$  por lo que:

$$0 = Q + W; 0 = Q - 450 \text{ J}; Q = 450 \text{ J}$$

Al ser positivo es calor que se toma del entorno.

12. En la transformación adiabática de un gas, la variación de su energía interna ha sido de 50 J. Indica qué tipo de evolución ha experimentado este sistema gaseoso.

En una transformación adiabática  $\Delta U = W$  por lo que si la variación de energía interna ha sido de 50 J, tendremos  $\Delta U = 50 \text{ J} = W$ , y al ser positivo deducimos que el gas ha experimentado un trabajo de compresión de 50 J.

## Problemas propuestos

### Para afianzar

1. ¿Cuántas kilocalorías cederá un cuerpo de 200 g de masa y calor específico  $440 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  al disminuir su temperatura en  $20^\circ\text{C}$ ?

$$Q = m c_e \Delta T = 0,2 \text{ kg} \cdot 440 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 20 \text{ K} = 1760 \text{ J};$$

$$Q = 1760 \text{ J} \cdot 0,24 \cdot 10^{-3} \text{ kcal J}^{-1} = 0,42 \text{ kcal}$$

2. Comunicamos la misma cantidad de calor a dos cuerpos distintos de igual masa y que están a la misma temperatura. Explica en qué cuerpo aumentará más la temperatura.

$Q = m c_e (T_f - T_i)$ ;  $T_f = T_i + Q/m c_e$ , de donde se deduce que el cuerpo cuyo calor específico sea menor aumentará más el cociente, posteriormente la suma y por ende la temperatura final.

3. Indica cuáles de las siguientes afirmaciones referidas al calor son ciertas:

- a) Los cuerpos que están calientes poseen calor.
- b) El calor es debido a la energía cinética que poseen las partículas del sistema.
- c) Podrá existir calor cuando exista diferencia de temperatura entre dos sistemas en contacto.
- d) Las sustancias cuyo calor específico sea elevado se calientan despacio y se enfrían también despacio.

La primera es falsa puesto que los cuerpos no poseen calor, lo transmiten (el calor es un tránsito de energía).

La segunda es falsa puesto que el calor no depende de las energías cinéticas moleculares.

La tercera es cierta puesto que el calor es energía que fluye entre dos sistemas que estando en contacto tengan inicialmente distinta temperatura.

La cuarta es cierta. El calor específico (y la capacidad calorífica) se puede considerar como la inercia que un cuerpo tiene a una variación térmica. Un elevado valor de estas magnitudes denota la necesidad de altos valores de tránsito de calor para alterar su temperatura.

Cuando un cuerpo toma calor aumentan sus movimientos traslacionales, rotacionales, vibracionales, interacciones intermoleculares, etc. Por ello los cuerpos que deban distribuir su calor entre todas estas situaciones alterarán difícilmente su temperatura ya que ésta sólo depende de la variación de energía cinética. Así, sometidos al mismo tipo de foco calorífico, el agua tardará más tiempo en alterar su temperatura (pues además de

movimientos traslacionales tiene otros tipos de movimientos) que un trozo de hierro cuyo movimiento principal traslacional es el de vibración.

4. ¿En cuál de los siguientes casos la Termodinámica puede explicar lo que ocurre?

- a) Un cuerpo que cae desde 10 m hasta el suelo.
  - b) Una máquina de vapor que mueve un tren.
  - c) Un papel que arde y se transforma en cenizas y gases de combustión.
  - d) Sale vapor de una olla a presión cuando la calentamos en la cocina.
  - e) Se ve movimiento en el agua de un cazo al ponerlo al fuego.
- b) El caso de la máquina de vapor.  
d) Sale vapor de una olla a presión...

5. A la unidad que representa la energía «de frío» que es capaz de suministrar un aparato de aire acondicionado le llamamos frigoría. ¿Qué es lo que ocurre realmente en una habitación donde funciona un aparato de potencia 2200 frigorías/hora?

Que transmite hacia el exterior 2200 calorías cada hora; por tanto, la energía interna de la habitación disminuye y con ella la temperatura.

6. Calcula el trabajo que se podrá realizar con el calor producido en la combustión de 200 kg de carbón si el poder calorífico del carbón es de  $9 \cdot 10^3 \text{ kcal kg}^{-1}$  y de este calor sólo se aprovecha el 40%.

$$W = 200 \text{ kg} \cdot \frac{9000 \text{ kcal}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1000 \text{ cal}}{1 \text{ kcal}} \cdot \frac{4,1868 \text{ J}}{1 \text{ cal}} \cdot \frac{40 \text{ J aprovechados}}{100 \text{ J producidos}} = 3 \cdot 10^9 \text{ J aprovechados}$$

7. Un gas se expande a presión constante de 5,1 atm, pasando su volumen de 12 L a 18 L. Calcula el trabajo de expansión.

$$W = -p \Delta V = -5,1 \text{ atm} \cdot (18 \text{ L} - 12 \text{ L}) = -30,6 \text{ atm L}$$

$$W = -30,6 \text{ atm L} \cdot 101,3 \text{ J (atm L)}^{-1} = -3100 \text{ J}$$

El signo negativo indica que es un trabajo de expansión.

8. Sobre un sistema ejercemos un trabajo de 837 kJ. Si éste no varía su energía interna, ¿cuántas calorías obtendremos en forma de calor desprendido?

$$W = Q = 837 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot 0,24 \text{ cal J}^{-1} = 2,01 \cdot 10^5 \text{ cal}$$

9. Una máquina recibe 5270 kJ de calor y cede un trabajo de 0,075 kW h. ¿Cuánto varía su energía interna?

$$Q = +5270 \text{ kJ positivo porque es calor recibido por el sistema}$$

$$W = -0,075 \text{ kW h} \cdot 10^3 \text{ W kW}^{-1} \cdot 1 \text{ J s W}^{-1} \cdot 3600 \text{ s h}^{-1} \cdot 10^{-3} \text{ kJ J}^{-1} = -270 \text{ kJ}$$

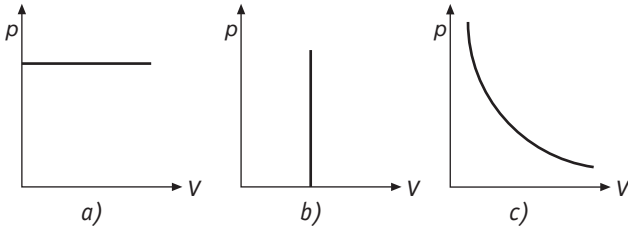
$$\cdot 10^{-3} \text{ kJ J}^{-1} = -270 \text{ kJ}$$

negativo porque es trabajo cedido por el sistema

$$\Delta U = Q + W = 5270 \text{ kJ} - 270 \text{ kJ} = 5000 \text{ kJ}$$

10. Representa en un diagrama  $p$ - $V$  cómo sería la línea que describe un proceso:

- Isobárico.
- Isocórico.
- Isotérmico.



11. Un sistema que contiene 2,1 moles de gas oxígeno evoluciona isocóricamente mediante la emisión de calor bajando su temperatura en 15 °C. Calcula la variación que experimenta su energía interna.

Por ser proceso isocórico  $\Delta U = Q$

$$c_v = 648 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1} \cdot 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1} = 20,7 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$Q = n c_v (T_2 - T_1) = 2,1 \text{ mol} \cdot 20,7 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} (-15 \text{ K}) = -652 \text{ J}$$

De donde  $\Delta U = -652 \text{ J}$

12. Del calor que se transmite a un sistema, 180 kJ se emplean en realizar un trabajo de expansión, existiendo una presión exterior de 4,50 atm. Calcula la variación de volumen experimentada por el sistema.

$$W_{\text{exp}} = -p \Delta V$$

$$-180 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot (1 \text{ atm L}/101,3 \text{ J}) = -4,5 \text{ atm} \cdot \Delta V \Rightarrow \Delta V = 395 \text{ L}$$

13. Un recipiente contiene 40,0 g de gas oxígeno. Mediante una expansión adiabática, su temperatura pasa de 35 °C a 15 °C a presión constante. Calcula:

- El trabajo de expansión realizado.
- La variación de su energía interna.

$$W = \Delta U = n C_v \Delta T = 40,0 \text{ g O}_2 \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot \frac{648 \text{ J}}{1 \text{ kg de O}_2 \cdot 1^\circ \text{C}} \cdot (15^\circ \text{C} - 35^\circ \text{C}) = -518,4 \text{ J}$$

Aplicando el primer principio de la termodinámica,  $\Delta U = Q + W$  y dado que  $Q = 0$  por ser un proceso adiabático,  $\Delta U = W = -518,4 \text{ J}$

Es necesario obtener el calor específico a volumen constante de la tabla de calores específicos que aparecen en el libro de texto.

14. Calcula la eficacia de una máquina térmica cuyo foco caliente está a 250 °C y el foco frío a 40 °C.

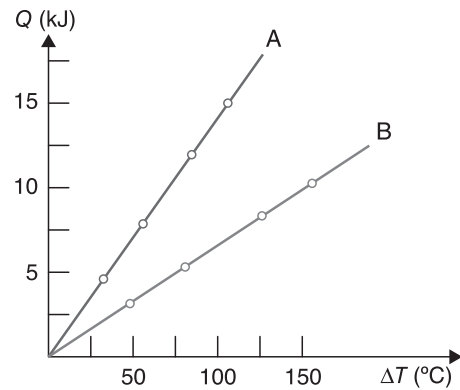
La eficacia es el rendimiento de la máquina térmica. Viene dado por el incremento de temperaturas, en relación con el foco caliente:

$$\rho = (T_c - T_f)/T_c = (523 \text{ K} - 313 \text{ K})/523 \text{ K} = 0,40$$

Es decir, la eficacia de esta máquina es del 40%.

## Para repasar

15. La gráfica de la Fig. 8.11 muestra la variación térmica experimentada por dos cuerpos metálicos que se calientan de manera uniforme. Sabiendo que sus masas son  $m_A = 162 \text{ g}$  y  $m_B = 112 \text{ g}$ , calcula el calor específico de cada uno.



Se calcula la pendiente de cada recta:  $m = \Delta Q/\Delta T \Rightarrow m(A) = (20 - 5) \text{ kJ}/(373 - 273) \text{ K} = 15 \text{ kJ}/100 \text{ K} = 0,15 \text{ kJ K}^{-1}$

$$m(B) = (12,5 - 5)/(398 - 273) = 7,5 \text{ kJ}/125 \text{ K} = 0,06 \text{ kJ K}^{-1}$$

$$c_e(A) = Q/m_A \Delta T = m_{(A)}/m_A$$

$$c_e(A) = 0,15 \text{ kJ K}^{-1}/0,162 \text{ kg} = 0,93 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$c_e(B) = Q/m_B \Delta T = m_{(B)}/m_B$$

$$c_e(B) = 0,06 \text{ kJ K}^{-1}/0,112 \text{ kg} = 0,54 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

16. Se tienen 3,5 g de oxígeno en un recipiente de 2 L a 20 °C. La presión atmosférica es de 0,97 atm y la temperatura exterior igual a la interior.

- Si se abre el recipiente, ¿entra o sale gas?
- Calcula la cantidad de oxígeno que sale o aire que entra hasta alcanzarse el equilibrio.
- Halla la temperatura que debería tener el oxígeno del recipiente para que al abrirlo ni entrara ni saliera gas.

$$a) pV = nRT \Rightarrow p \cdot 2 \text{ L} = (3,5 \text{ g}/32 \text{ g mol}^{-1}) \cdot 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 293 \text{ K} \Rightarrow p = 1,3 \text{ atm}$$

Como  $p(\text{int}) > p(\text{ext})$  sale el oxígeno hasta que se igualan presiones.

$$b) 0,97 \text{ atm} \cdot 2 \text{ L} = (m/32 \text{ g mol}^{-1}) \cdot 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 293 \text{ K} \Rightarrow m = 2,6 \text{ g de O}_2 \text{ quedan dentro.}$$

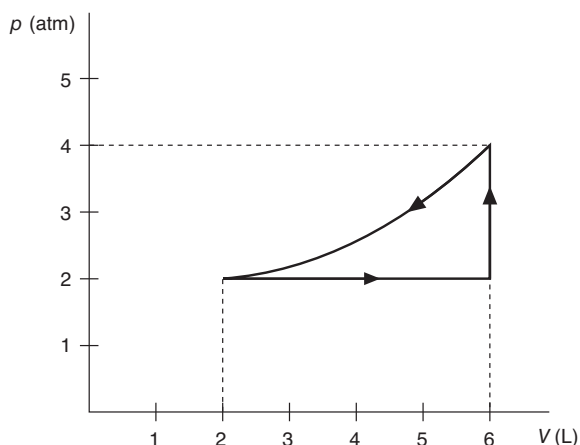
Por tanto, el oxígeno que sale es:  $3,5 \text{ g} - 2,6 \text{ g} = 0,9 \text{ g}$

$$c) 0,97 \text{ atm} \cdot 2 \text{ L} = (3,5 \text{ g}/32 \text{ g mol}^{-1}) \cdot 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot T \Rightarrow 216 \text{ K}$$

Es decir, el recipiente debería estar a  $-57^\circ \text{C}$  para que al abrirlo ni entrase ni saliese gas.

17. Dibuja el diagrama  $p$ - $V$  para un gas que se expande isobáricamente hasta triplicar su volumen, evoluciona luego isocóricamente hasta duplicar su presión y después se comprime isotérmicamente hasta volver a su volumen inicial.





No se puede. Si en la primera parte del proceso se triplica el volumen y en la segunda se duplica la presión, el producto  $pV$  se ha multiplicado por 6. Por la ecuación de los gases perfectos  $pV = nRT$  esto implica que la temperatura (en kelvin) es seis veces mayor, por lo que no podemos volver al punto inicial a través de un proceso isotérmico.

18. Calcula el volumen final que ocupa un mol de un gas, inicialmente a  $0^\circ\text{C}$ , si realiza un trabajo de 495 J cuando se expande isobáricamente en un laboratorio donde la presión atmosférica vale 740 mm de Hg.

$$pV = nRT; \quad 740/760 \text{ atm} \cdot V = 1 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{K}^{-1} \cdot 273 \text{ K}; \quad V = 23 \text{ L}$$

$$W = 495 \text{ J} / (101,3 \text{ J/atm L}) = 4,89 \text{ atm L}$$

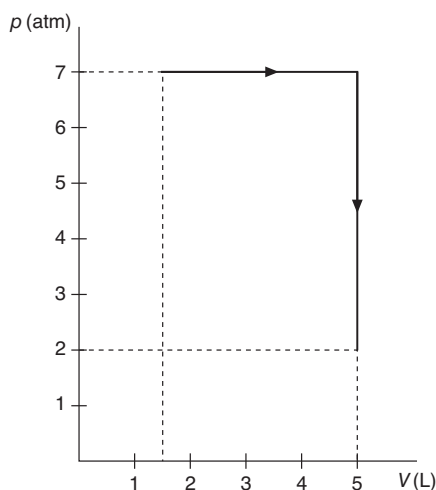
$$W = -p \Delta V; \quad 4,89 \text{ atm L} = -740/760 \text{ atm} (V_f - 23 \text{ L}) \Rightarrow V_f = 28 \text{ L}$$

19. Un gas ideal se encuentra a una presión de 7 atm ocupando un volumen de 1,5 L a  $20^\circ\text{C}$ . Dibuja en un diagrama  $p$ - $V$  las siguientes variaciones:

- Expansión isobárica hasta alcanzar un volumen de 5 L.
- Transformación isocórica alcanzando una presión de  $2,026 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ .

a) La línea parte del punto de  $p = 7 \text{ atm}$  y  $V = 1,5 \text{ L}$  llegando al punto de  $V = 5 \text{ L}$ .

b)  $2,026 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot (1 \text{ atm} / 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}) = 20 \text{ atm}$



20. Determina el calor intercambiado por un sistema en los siguientes casos:

- Se comprime adiabáticamente entre 1,7 atm y  $6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .
- Se comprime isotérmicamente recibiendo una energía en forma de trabajo de 6,2 kJ.
- Realiza una transformación isocórica en la que su energía interna aumenta en 2 kcal.

a)  $Q = 0$  porque el proceso es adiabático.

b)  $0 = Q + W$  porque el proceso es isotérmico  $\Rightarrow Q = -W = -6,2 \text{ kJ}$

c)  $\Delta U = Q$  porque el proceso es isocórico  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow Q = 2000 \text{ cal} \cdot (4,1868 \text{ J/cal}) = 8374 \text{ J} = 8,4 \text{ kJ}$$

21. ¿Cuánta masa de agua a  $20^\circ\text{C}$  se necesita añadir a un cazo para conseguir que en 5 min exactos rompa a hervir ( $T_e = 100^\circ\text{C}$ ), si el rendimiento de la cocina donde se calienta es del 40%?

Datos: la cocina tiene 2000 W de potencia calorífica;

$$c_{eH_2O} = 1 \text{ cal g}^{-1} \text{K}^{-1}.$$

$$P = W/t \Rightarrow W = Pt = 2000 \text{ W} \cdot 300 \text{ s} = 6 \cdot 10^5 \text{ J};$$

$$W_{\text{real}} = 0,4 \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ J} = 2,4 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$W = Q = 2,4 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot 0,24 \text{ cal J}^{-1} = m c_e \Delta t = m \cdot 1,00 \text{ cal g}^{-1} \text{K}^{-1} \cdot 80 \text{ K} \Rightarrow m = 720 \text{ g} = 0,72 \text{ kg}$$

22. ¿Cuánto vale  $c_v$  para el nitrógeno si 16,8 g de este gas desprenden 250 J al descender su temperatura  $20^\circ\text{C}$  sin variar el volumen?

$$Q = m c_v (T_2 - T_1)$$

$$-250 \text{ J} = 16,8 \text{ g} \cdot c_v \cdot (-20 \text{ K}); \quad c_v = 0,74 \text{ J g}^{-1} \text{K}^{-1}$$

23. Se calientan 50 g de gas nitrógeno, que están a 1,2 atm de presión, desde  $30^\circ\text{C}$  a  $80^\circ\text{C}$ . Calcula:

- La variación de volumen experimentada por el gas.
- El trabajo realizado por el gas.
- El calor absorbido.
- La variación de su energía interna.

a)  $pV = nRT; \quad 1,2 \text{ atm} \cdot V = (50 \text{ g} / 28 \text{ g mol}^{-1}) \cdot 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{K}^{-1} \cdot 303 \text{ K} \Rightarrow V = 37 \text{ L}$   
 $V/T = V'/T' \Rightarrow 37 \text{ L} / 303 \text{ K} = V' / 353 \text{ K} \Rightarrow V' = 43,1 \text{ L}$   
 $\Delta V = 43,1 \text{ L} - 37 \text{ L} = 6,1 \text{ L}$

b)  $W = -p \Delta V = -1,2 \text{ atm} \cdot 6,1 \text{ L} = -7,3 \text{ atm L}$   
 $W = -7,3 \text{ atm L} \cdot (101,3 \text{ J/atm L}) = -740 \text{ J} = -7,4 \cdot 10^2 \text{ J}$

c)  $Q = m c_p \Delta T = 50 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 1036,5 \text{ J kg}^{-1} \text{K}^{-1} \cdot (353 \text{ K} - 303 \text{ K}) = 2591,2 \text{ J} = 2,6 \text{ kJ}$

d)  $\Delta U = Q + W = 2591,2 \text{ J} - 741,5 \text{ J} = 1849,8 \text{ J} = 1,9 \text{ kJ}$

24. Calcula el calor intercambiado por un gas ideal en los siguientes casos:

- Cuando realiza una expansión adiabática.
- Cuando se comprime isotérmicamente mediante un trabajo de 300 J.

c) Cuando experimenta una transformación isocórica en la que su energía interna aumenta en 5 kJ.

- a) Una expansión adiabática tiene  $Q = 0$   
 b) Una expansión isotérmica tiene  $\Delta U = 0 \Rightarrow \Rightarrow 0 = Q + W$ ;  $Q = -W = -300 \text{ J}$   
 c) Una expansión isocórica tiene  $W = 0 \Rightarrow \Delta U = Q$ ; es decir,  $Q = 5 \text{ kJ}$

## Para profundizar

25. Dos recipientes unidos entre sí están separados por una pared que puede retirarse. El primero contiene 10 L de gas nitrógeno a 20 °C y 1 atm de presión, mientras que el segundo contiene 30 L de gas oxígeno a 20 °C y 0,7 atm. Determina:

- a) El número de moles y moléculas de cada recipiente.  
 b) La presión del sistema si se quita la pared que los separa.  
 c) ¿Hacia dónde hay mayor movimiento de moléculas?
- a)  $n(\text{N}_2) = pV/RT = 1 \text{ atm} \cdot 10 \text{ L} / 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 293 \text{ K} = 0,42 \text{ mol}$   
 moléculas ( $\text{N}_2$ ) = moles  $\cdot N_A = 0,42 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ moléculas mol}^{-1} = 2,5 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$   
 $n(\text{O}_2) = p'V'/RT' = 0,7 \text{ atm} \cdot 30 \text{ L} / 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 293 \text{ K} = 0,87 \text{ mol}$   
 moléculas ( $\text{O}_2$ ) = moles  $\cdot N_A = 0,87 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ moléculas mol}^{-1} = 5,2 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$   
 b)  $p_T = n_T RT/V_T = (0,42 + 0,87) \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 293 \text{ K} / (10 \text{ L} + 30 \text{ L}) = 0,78 \text{ atm}$   
 c) Se moverán más las moléculas de nitrógeno hacia el recipiente del oxígeno que al revés.

26. Una botella de acero de 10 L contiene aire. La presión exterior es de 760 mm de Hg y se supone que al calentarse la botella no se dilata apreciablemente. Sabiendo que la densidad del aire en condiciones normales es de 1,293 g/L, calcula:

- a) La cantidad de aire que contiene sabiendo que su temperatura es de 0 °C y que su presión es de 1140 mm de Hg.  
 b) Sin abrir la botella se calienta a 100 °C. ¿Cuál será ahora su presión interior?  
 c) Se mantiene la temperatura en 100 °C y se abre la botella. ¿Qué masa de aire entra o sale?  
 d) Se cierra de nuevo la botella y se enfría a la temperatura inicial. ¿Cuál será ahora la presión interior?

- a)  $pV = (m/M_m) RT$ ;  $d = m/V = p M_m/RT$   
 $M_m$  (medio) del aire =  $V_{\text{molar}} \cdot d = 22,4 \text{ L} \cdot 1,293 \text{ g/L}$ ;  $M_m = 28,96 \text{ g}$   
 $m = pV M_m/RT = (1140/760) \text{ atm} \cdot 10 \text{ L} \cdot 28,96 \text{ g} / 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 273 \text{ K}$ ;  $m = 19,4 \text{ g}$   
 b)  $p/T = p'/T' \Rightarrow (1140/760) \text{ atm} / 273 \text{ K} = p'/373 \text{ K}$ ;  $p' = 2,1 \text{ atm}$

$$c) pV = (m/M_m) RT \Rightarrow 1 \text{ atm} \cdot 10 \text{ L} = (m/28,96 \text{ g/mol}) \cdot 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 373 \text{ K}; \quad m = 9,5 \text{ g}$$

Por tanto, sale aire:

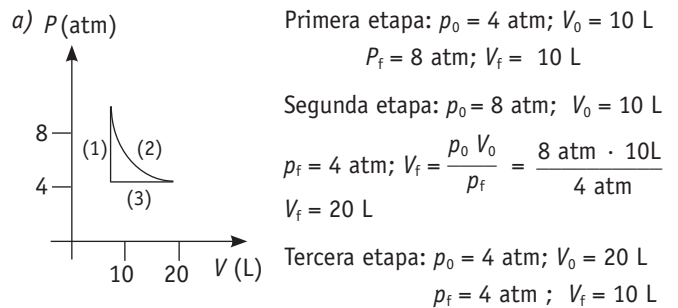
$$m' (\text{sale}) = 19,4 \text{ g} - 9,5 \text{ g} = 9,9 \text{ g}$$

$$d) p \cdot 10 \text{ L} = (9,5/28,96 \text{ mol}) \cdot 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 273 \text{ K}$$

$$p = 7,3 \text{ atm}$$

27. Tenemos 2 moles de un gas ideal ocupando un volumen de 10 litros a una presión de 4 atm, en un pistón. En una primera etapa, se calientan, a volumen constante, hasta que su presión se eleva hasta 8 atm. A continuación, en una segunda etapa, se produce una expansión a temperatura constante hasta que la presión es la inicial, 4 atm. Por último, en una tercera etapa, se reduce su volumen, a presión constante, hasta su volumen inicial de 10 L.

- a) Represente en un diagrama p-V las tres transformaciones, indicando el término con que se representa cada una y si ha absorbido calor del medio ambiente o lo ha cedido.  
 b) ¿Cuál ha sido el trabajo total realizado por el gas en el ciclo?



La primera etapa es una transformación isocórica en donde se produce un calentamiento externo, tal y como dice el enunciado, luego el sistema absorbe calor del medio. Como toda transformación isocórica, al no haber variación del volumen, no hay trabajo:  $W = 0$ . La segunda etapa es una transformación isotérmica en donde se produce un aumento de volumen que en este caso se produce a expensas del calor del sistema ( $0 = Q + W$ ), luego el sistema también absorbe calor para producir el trabajo de expansión. En el tercer caso se trata de una compresión isobárica por lo que el sistema cede calor. En esta etapa, y como en una compresión isobárica la temperatura final es menor que la inicial, la variación de energía interna es negativa. Como se produce una compresión, el trabajo es positivo, ya que se realiza sobre el sistema. Como  $\Delta U = \Delta Q + W$ , para que tengamos un  $\Delta U$  negativo con un  $W$  positivo es necesario que  $\Delta Q$  sea muy negativo.

- b) Como se trata de un ciclo, tenemos que sumar los trabajos que se realizan a lo largo de los tres procesos:

$$W_1 = 0;$$

$$W_2 = -nRT \ln \frac{V_f}{V_0} = -pV \ln \frac{V_f}{V_0} = -4 \cdot 20 \cdot 101,3 \cdot \ln 2 = -5617 \text{ J}$$

$$W_3 = 40 \text{ atm L} = 4041,2 \text{ J}$$

$$W_T = 0 + (-5617) + 4041 = -1576 \text{ J}; \text{ realiza un trabajo de } 1576 \text{ J}$$

28. Calcula la variación de energía interna que tiene lugar cuando se evaporan 30 g de agua a 20 °C y presión normal.

(Calor de vaporización del agua a 20 °C = 580 cal g<sup>-1</sup>.)

$$\text{Volumen inicial} = m/d = 30 \text{ g}/1 \text{ g cm}^{-3} = 30 \text{ cm}^3 = 30 \cdot 10^{-3} \text{ L}$$

$$\text{Volumen final} = nRT/p = 30 \text{ g} \cdot 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 293 \text{ K} / 18 \text{ g mol}^{-1} \cdot 1 \text{ atm} = 40,04 \text{ L}$$

$$\Delta V = 40,04 \text{ L} - 0,03 \text{ L} = 40,01 \text{ L}$$

$$W = -p \Delta V = -1 \text{ atm} \cdot 40,01 \text{ L} = -40,01 \text{ atm L}$$

$$W = 40,01 \text{ atm dm}^3 \cdot 101300 \text{ N m}^{-2} \text{ atm}^{-1} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ dm}^{-3} = -4053 \text{ J}$$

$$Q = 30 \text{ g} \cdot 580 \text{ cal g}^{-1} \cdot 4,18 \text{ J cal}^{-1} = 72732 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q + W = 72732 \text{ J} - 4053 \text{ J} = 68679 \text{ J} = 6,9 \cdot 10^5 \text{ J}$$

29. Se enfrían 20 g de gas helio a presión normal de 75 °C hasta 15 °C. Calcula:

a) La variación de volumen que experimenta.

b) El trabajo que experimenta el sistema.

c) El calor emitido.

d) La variación de su energía interna.

$$a) pV = nRT; \quad 1 \text{ atm} \cdot V = (20 \text{ g}/4 \text{ g mol}^{-1}) \cdot 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 348 \text{ K} \Rightarrow V = 142,7 \text{ L}$$

$$V/T = V'/T' \Rightarrow 142,7 \text{ L}/348 \text{ K} = V'/288 \text{ K} \Rightarrow V' = 118,1 \text{ L}$$

$$\Delta V = 118,1 \text{ L} - 142,7 \text{ L} = -24,6 \text{ L}$$

$$b) W = -p \Delta V = -1 \text{ atm} \cdot (-24,6) \text{ L} = 24,6 \text{ atm L}$$

$$W = 24,6 \text{ atm L} \cdot (101,3 \text{ J/atm L}) = 2492 \text{ J} = 2,4 \text{ kJ}$$

$$c) Q = m c_p \Delta T = 20 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 5225 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (288 \text{ K} - 348 \text{ K}) = -6270 \text{ J} = -6,3 \text{ kJ}$$

$$d) \Delta U = Q + W = -6270 \text{ J} + 2492 \text{ J} = -3778 \text{ J} = -3,8 \text{ kJ}$$

30. Calcula qué temperatura final tendrá 1 mol de oxígeno si su energía interna aumenta 1,23 kJ cuando se expande por proceso isobárico desde 27 °C.

Datos:  $c_p(\text{O}_2) = 911,2 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

$$\Delta U = Q_p + W = m c_p \Delta T - p(V_f - V_i) = m c_p \Delta T - n R \Delta T$$

$$1,23 \cdot 10^3 \text{ J} = 0,032 \text{ kg} \cdot 911,2 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot \Delta T - 1 \text{ mol} \cdot 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = 59 \text{ K}$$

$$\Delta T = (T_f - T_i); \quad 59 \text{ K} = T_f - 300 \text{ K} \Rightarrow T_f = 359 \text{ K}$$

$$T = 359 \text{ K} - 273 = 86 \text{ °C}$$

31. Un mol de gas perfecto ( $p_0 = 1 \text{ atm}$ ,  $T_0 = 273 \text{ K}$ ) está contenido en el interior de un cilindro, provisto de un pistón. Se comprime el gas isotérmicamente hasta una presión de 3 atm. Determine:

a) El volumen final del gas.

b) El trabajo realizado (¿contra el sistema o por el sistema?).

c) El incremento de energía interna que sufre el gas.

Datos:  $C_v = 5 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ;  $1 \text{ atm} = 101300 \text{ Pa}$ ;  $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

a) Un mol de cualquier gas en condiciones normales ( $p_0 = 1 \text{ atm}$ ,  $T_0 = 273 \text{ K}$ ) ocupa un volumen de 22,4 L, por tanto:

$$p_i V_i = p_f V_f; \quad 1 \text{ atm} \cdot 22,4 \text{ L} = 3 \text{ atm} \cdot V_f; \quad V_f = 7,5 \text{ L}$$

b) Es un trabajo contra el sistema (y por tanto positivo) por ser de compresión:

$$W = -n R T \ln \frac{V_2}{V_1} = -1 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 273 \text{ K} \cdot \ln \frac{7,5 \text{ L}}{22,4 \text{ L}} = 24,5 \text{ atm L}$$

$$W = 24,5 \text{ atm L} \cdot \frac{101,3 \text{ J}}{1 \text{ atm L}} = 2481,9 \text{ J}$$

c) En todo proceso isoterma  $\Delta U = 0$

32. Una cierta cantidad de gas ideal se encuentra en un estado inicial de equilibrio termodinámico, a partir del cual se le puede someter a dos procesos alternativos, suministrándole la misma cantidad de calor  $Q$ . En uno de ellos el suministro se hace a volumen constante y en el otro a presión constante. ¿En cuál de los dos la temperatura final será mayor?

En un proceso isocórico se cumple que  $Q = \Delta U$ , es decir, todo el calor se emplea en producir una variación de la energía interna, que a su vez sólo depende de la temperatura, mientras que en un proceso isobárico se cumple que  $Q = \Delta U - W$ , es decir, el calor se emplea en modificar la energía interna y en producir un trabajo. Por tanto, la variación de energía interna será menor en este caso y con ello la temperatura alcanzada también.

33. Medio mol de un gas ideal monoatómico ocupa un volumen de 2 litros a la temperatura de 300 K. Se le somete a un proceso a presión constante, durante el cual se le suministra el calor  $Q = 210 \text{ cal}$ . Determine:

a) La temperatura del estado final.

b) El volumen del estado final.

c) La variación de su energía interna.

d) El trabajo realizado por el gas.

a) En un proceso isobárico se cumple que:  $Q = n c_p (T_f - T_0)$  y como se trata de un gas ideal monoatómico,  $c_p = 5 R$ , reemplazando queda:

$$210 \text{ cal} \cdot \frac{4,18 \text{ J}}{1 \text{ cal}} = 0,5 \text{ mol} \cdot \frac{5}{2} \cdot 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{K mol}} \cdot (T_f - 300 \text{ K}) \cdot \frac{101,3 \text{ J}}{1 \text{ atm L}}$$

$$\text{De donde: } T_f = 385 \text{ K}$$

b) Calcularemos la presión:

$$p V_0 = n R T_0 \Rightarrow p \cdot 2 \text{ L} = 0,5 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 300 \text{ K}; \quad p = 6,15 \text{ atm}$$

Luego aplicamos a las condiciones finales:

$$p V_f = n R T_f \Rightarrow 6,15 \text{ atm} \cdot V_f = 0,5 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 385 \text{ K}; \quad V_f = 2,57 \text{ L}$$

c) En un proceso isobárico se cumple que:  $\Delta U = n c_v (T_f - T_0)$  y como se trata de un gas ideal monoatómico  $c_v = \frac{3}{2} R$ , reemplazando queda:

$$\Delta U = 0,5 \text{ mol} \cdot \frac{3}{2} \cdot 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{K mol}} \cdot (385 \text{ K} - 300 \text{ K}) \cdot \frac{101,3 \text{ J}}{1 \text{ atm L}}$$

$$\Rightarrow \Delta U = 529,6 \text{ J}$$

$$d) \Delta U = Q + W; \text{ de donde } W = 529,6 \text{ J} - 210 \text{ cal} \cdot \frac{4,18 \text{ J}}{1 \text{ cal}} = -349,6 \text{ J}$$

**34. Dos moles de un gas ideal se comprimen de forma adiabática desde la temperatura  $T_1 = 300 \text{ K}$ . Se sabe que para ello ha sido necesario emplear el trabajo de  $800 \text{ J}$ . Determina:**

**a) La variación de su energía interna.**

**b) La temperatura final.**

**Datos:** Calor molar del gas a volumen constante  $c_v = 5 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

a) Para este proceso se cumple que:  $\Delta U = W$ , como nos dicen que se trata de una compresión, el trabajo es suministrado desde el exterior por lo que es positivo, así que:  $\Delta U = 800 \text{ J}$ .

b) En este caso también se cumple que:

$$\Delta U = n c_v (T_f - T_0) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 800 \text{ J} = 2 \text{ mol} \cdot 5 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot \frac{4,18 \text{ J}}{1 \text{ cal}} (T_f - 300 \text{ K})$$

$$\text{De donde } T_f = 319,1 \text{ K}$$

## Cuestiones básicas

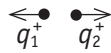
1. Dos cargas  $q_1^+ = 2$  microcoulombios y  $q_2^+ = 2 \cdot 10^{-5}$  C distan entre sí 10 cm.

a) ¿Se atraen o repelen?

b) ¿Con qué fuerza lo hacen?

- a) Las cargas indicadas en la figura se repelen porque ambas son del mismo signo.

Esta fuerza está representada en el diagrama siguiente:



- b) El valor de esta fuerza de repulsión viene determinado por la Ley de Coulomb.

Antes de aplicar dicha ley, expresamos todos los datos en SI:

$$q_1 = 2 \mu\text{C} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}; q_2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

$$r = 10 \text{ cm} = 10^{-1} \text{ m}; r^2 = 10^{-2} \text{ m}^2$$

Sustituyendo estos valores en la Ley de Coulomb, obtenemos el valor de la fuerza de interacción:

$$F = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}/10^{-2} \text{ m}^2 = 36 \text{ N}$$

2. Dos cargas idénticas situadas a 20 cm se repelen con una fuerza de 36 N. ¿Qué valor tienen las cargas?

Utilizando la fórmula  $F = K q_1 q_2/d^2$ :

$$36 \text{ N} = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2} \cdot q^2/(0,2 \text{ m})^2$$

$$\text{de donde } q = \sqrt{\frac{36 \text{ N} \cdot 0,04 \text{ m}^2}{9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}}} = 1,26 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

3. Un amperímetro conectado a un circuito marca 0,75 A. ¿Qué carga pasa por el circuito en una hora?

$$q = I t = 0,75 \text{ A} \cdot 3600 \text{ s} = 2700 \text{ C}$$

4. Teniendo en cuenta la Ley de Ohm, ¿cuál de estas afirmaciones es cierta?

a) Si aumenta la resistencia, la intensidad es mayor.

b) Si aumenta la tensión, la intensidad es mayor.

c) Si disminuye la resistencia, disminuye la intensidad.

Es correcta la afirmación b), porque la intensidad es proporcional a la tensión.

5. ¿Qué diferencia de potencial desarrolla una batería si en una bombilla de 25 ohmios origina una corriente de 0,8 amperios?

Aplicamos la Ley de Ohm:

$$V = R I = 20 \Omega \cdot 0,8 \text{ A} = 16 \text{ V}$$

6. Una bombilla tiene la siguiente inscripción: 60 W, 220 V. ¿Qué intensidad de corriente pasa por la bombilla cuando está encendida? ¿Qué resistencia tiene la bombilla?

- a) De la expresión  $P = V I$ , despejamos la intensidad de la corriente:

$$I = P/V = 600 \text{ W}/220 \text{ V} = 0,27 \text{ A}$$

- b) La resistencia se obtiene de la Ley de Ohm:

$$R = V/I = 220 \text{ V}/0,27 \text{ A} = 815 \Omega$$

7. Una lámpara de 100 W de potencia ha estado encendida durante media hora. ¿Qué energía eléctrica ha consumido? Da el resultado en julios y en kilovatios hora.

Para hallar la energía consumida utilizamos la expresión:

$$W = P t = 100 \text{ W} \cdot 1800 \text{ s} = 180000 \text{ J}$$

$$180000 \text{ J} \cdot 1 \text{ kW h}/3600000 \text{ J} = 0,05 \text{ kW h}$$

8. ¿Cuánto costará tener encendida una bombilla de 100 W durante 20 minutos si el kW h cuesta 0,1 €?

Para hallar la energía consumida utilizamos la expresión:

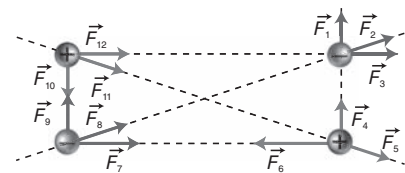
$$W = P t = 100 \text{ W} \cdot 1200 \text{ s} = 120000 \text{ J}$$

$$120000 \text{ J} \cdot 1 \text{ kW h}/3600000 \text{ J} = 0,033 \text{ kW h}$$

$$0,033 \text{ kW h} \cdot 0,1 \text{ €/1 kW h} = 0,0033 \text{ €}$$

## Actividades

1. Observa la Fig. 9.8 e indica qué fuerzas están mal dibujadas.



Por un error en el dibujo, las fuerzas  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_3$ ,  $\vec{F}_8$  y  $\vec{F}_{11}$  deben tener sentido contrario al indicado en la figura.

2. Si la distancia entre dos cargas se duplica, la fuerza de interacción:

a) No se modifica.

b) Se reduce a la mitad.

c) Se reduce a la cuarta parte.

d) Se hace cuatro veces mayor.

De acuerdo con la Ley de Joule, la fuerza es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Por tanto, si la distancia se duplica, la fuerza se reduce a la cuarta parte, y es verdadera la afirmación c).

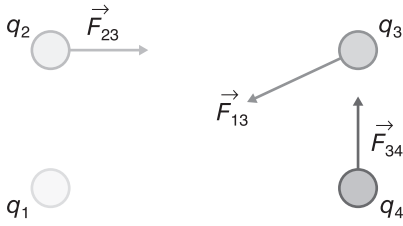
3. De acuerdo con la Fig. 9.9, indica qué afirmaciones son falsas:

a) Las cargas  $q_3$  y  $q_4$  son del mismo signo.

b) Las cargas  $q_2$  y  $q_4$  tienen el mismo signo.

c) Las cargas  $q_1$  y  $q_4$  son del mismo signo.

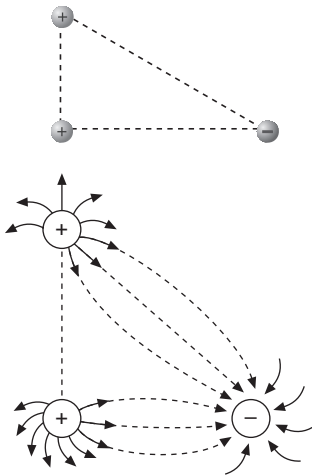
d) Las cargas  $q_1$  y  $q_2$  son de signo contrario.



De acuerdo con las fuerzas dibujadas, las cargas  $q_2$  y  $q_3$  tienen signo contrario, porque se atraen. Por la misma razón la carga  $q_4$  tiene signo contrario a la carga  $q_3$ . Por tanto, las cargas  $q_2$  y  $q_4$  tienen el mismo signo y la carga  $q_1$  tendrá signo contrario a  $q_3$ . Es decir, las cargas  $q_1$ ,  $q_2$  y  $q_4$  tienen el mismo signo. En consecuencia:

- La afirmación a) es falsa.
- La afirmación b) es verdadera.
- La afirmación c) es verdadera.
- La afirmación d) es falsa.

4. Dada la distribución de carga que se indica en la Fig. 9.16 dibuja, en el plano del triángulo, el esquema de las líneas del campo eléctrico.

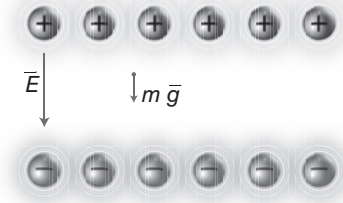


5. Cuando dos cargas del mismo signo se separan entre sí, ¿aumenta o disminuye el potencial? ¿Cómo varía el potencial si las cargas anteriores se aproximan?

Cuando dos cargas del mismo signo se separan entre sí el trabajo de repulsión lo realiza el campo eléctrico a costa de su energía potencial que disminuye. Si queremos aproximarlas, el trabajo de aproximación lo debe realizar una fuerza exterior. Este trabajo exterior aumenta la energía potencial del sistema.

6. Una gotita de aceite que pesa  $1,9 \cdot 10^{-15}$  N está en equilibrio (Fig. 9.22) en un campo eléctrico uniforme de intensidad  $6,0 \cdot 10^3$  N/C.

- a) ¿Qué carga tiene la gota?
- b) ¿Cuántos electrones tiene en exceso?



Para que haya equilibrio se debe cumplir:  $E q = m g$

$$a) q = \frac{m g}{E} = \frac{1,9 \cdot 10^{-15} \text{ N}}{6,0 \cdot 10^3 \text{ N/C}} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$b) n = \frac{q}{e} = \frac{3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C/e}} = 2 \text{ electrones}$$

7. ¿Las lámparas y electrodomésticos de tu casa están conectados en serie o en paralelo? Da tres razones para justificar tu respuesta.

Están conectadas en paralelo.

- Cada aparato está conectado a la misma tensión de 220 V. Que es la tensión total del circuito.
- Cada aparato funciona independientemente de que los demás estén o no funcionando.
- Si un aparato se apaga o se funde, los demás no se apagan.

8. Los circuitos A y B de la Fig. 9.33 están formados por una batería y dos bombillas iguales.

Señala la afirmación correcta en cada caso:

- a) Las bombillas están en serie en A y en B.
- b) Las bombillas están en paralelo en A y en B.
- c) Están en serie en B y en paralelo en A.
- d) Están en serie en A y en paralelo en B.
- e) Las bombillas lucen más en A.
- f) Lucen más en B.
- g) Lucen con la misma intensidad en A y en B.

Si se afloja una bombilla en cada circuito, la otra bombilla:

- a) Se apaga en A, pero sigue luciendo en B.
- b) Se apaga en A y en B.
- c) Se apaga en B, pero sigue luciendo en A.
- d) Sigue luciendo en A y en B.

Son correctas las afirmaciones:

- d), puesto que las bombillas están en serie en A y en paralelo en B.
- f), las bombillas lucen más en B, porque están conectadas en paralelo.

Si se afloja una bombilla se apagan las demás que estén en serie con ella y seguirán luciendo las que estén en paralelo con la bombilla apagada.

- a), se apaga en A pero sigue luciendo en B.

9. ¿Qué resistencia debes conectar en serie con otra de  $10 \Omega$  a una tensión de 120 V para que por el circuito pase una

corriente de 2,5 A? ¿Qué caída de tensión se produce en cada resistencia?

$$\text{La resistencia total debe valer } R = \frac{V}{I} = \frac{120 \text{ V}}{2,5 \text{ A}} = 48 \text{ } \Omega$$

Se debe conectar, pues, una resistencia:  
 $R = 48 \text{ } \Omega - 10 \text{ } \Omega = 38 \text{ } \Omega$

Caída de tensión:

$$V_1 = R_1 I = 38 \text{ } \Omega \cdot 2,5 \text{ A} = 95 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 I = 10 \text{ } \Omega \cdot 2,5 \text{ A} = 25 \text{ V}$$

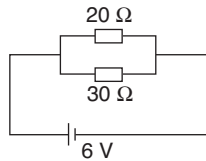
10. Dos resistencias de 20  $\Omega$  y 30  $\Omega$  se conectan en paralelo a una batería de 6 V.

a) Dibuja el circuito.

b) Halla la resistencia equivalente.

c) Calcula la intensidad en cada resistencia.

a)



$$b) \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{20 \text{ } \Omega} + \frac{1}{30 \text{ } \Omega} = \frac{5}{60 \text{ } \Omega}$$

$$R = 12 \text{ } \Omega$$

$$c) I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{6 \text{ V}}{20 \text{ } \Omega} = 0,3 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{6 \text{ V}}{30 \text{ } \Omega} = 0,2 \text{ A}$$

11. Una plancha de 500 W ha estado encendida durante 20 minutos.

a) ¿Qué energía en julios y en kW h ha consumido en la plancha?

b) ¿Cuántas calorías ha irradiado en ese tiempo?

$$a) W = 500 \text{ W} \cdot 1200 \text{ s} = 6 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$W = 0,5 \text{ kW} \cdot 1/3 \text{ h} = 0,17 \text{ kW h}$$

$$b) Q = 6 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot 0,24 \text{ cal/J} = 1,4 \cdot 10^5 \text{ cal}$$

12. Una batería de 12,0 V de fem y 2,0  $\Omega$  de resistencia interna se conecta a una resistencia de 18  $\Omega$ . Calcula:

a) La intensidad de la corriente en el circuito.

b) La caída de tensión en la resistencia externa y en la interna.

c) La energía suministrada por la batería en 1 min.

$$a) I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{12,0 \text{ V}}{20 \text{ } \Omega} = 0,6 \text{ A}$$

$$b) V_R = RI = 18 \text{ } \Omega \cdot 0,6 \text{ A} = 10,8 \text{ V}$$

$$V_r = rI = 2 \text{ } \Omega \cdot 0,6 \text{ A} = 1,2 \text{ V}$$

$$c) W = \varepsilon I t = 12 \text{ V} \cdot 0,6 \text{ A} \cdot 60 \text{ s} = 432 \text{ J} = 4,3 \cdot 10^2 \text{ J}$$

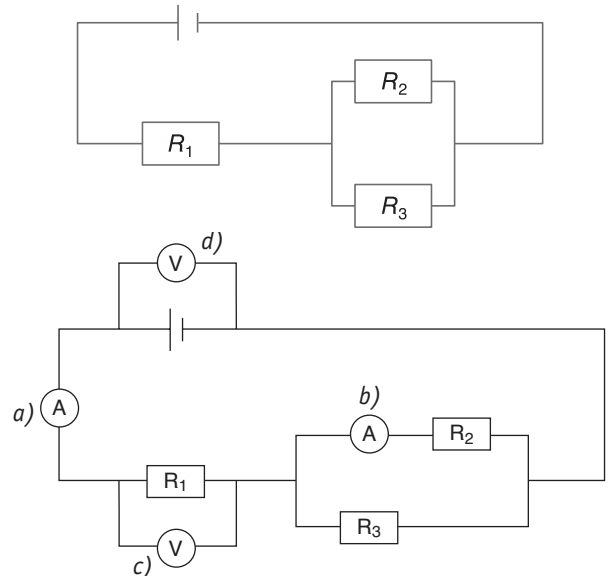
13. Copia el circuito de la Figura 9.43 e intercala en él los aparatos de medida que te permitan calcular:

a) La  $I$  que pasa por  $R_1$ .

c) La  $V$  en  $R_1$ .

b) La  $I$  que pasa por  $R_2$ .

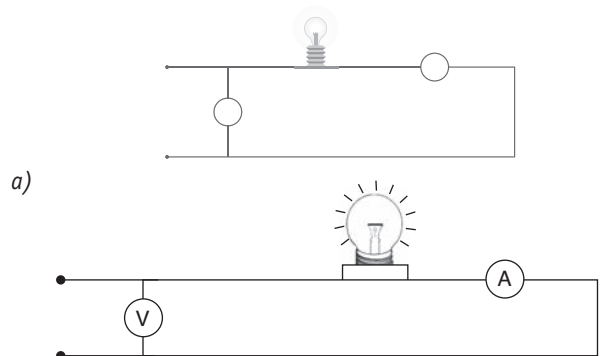
d) La  $V$  total del circuito.



14. En la Figura 9.44 se muestra una bombilla con un amperímetro y un voltímetro debidamente conectados:

a) Identifica ambos aparatos de medida colocando A en el amperímetro y V en el voltímetro.

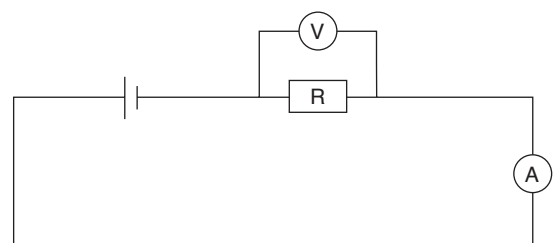
b) Si el amperímetro señala 1,25 A y el voltímetro marca 300 V, ¿cuánto vale la resistencia de la bombilla? ¿Qué potencia consume?



$$b) R = \frac{300 \text{ V}}{1,25 \text{ A}} = 240 \text{ } \Omega$$

$$P = VI = 300 \text{ V} \cdot 1,25 \text{ A} = 375 \text{ W}$$

15. Dibuja el esquema del circuito de la Fig. 9.41.



## Problemas propuestos

### Para afianzar

1. ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son falsas?

- La Constante de Coulomb vale  $9 \cdot 10^9$  y no tiene unidades.
- La Constante de Coulomb se mide en  $\text{N m}^2/\text{C}^2$ .
- La Constante de Coulomb representa la fuerza de interacción entre dos cargas de un culombio cada una de ellas situadas a un metro de distancia.
- La Constante de Coulomb en el SI se mide en  $\text{N m}^2/\text{C}^2$ .

Son falsas las afirmaciones a) y b). Porque la constante de Coulomb sí tiene unidades que dependen del sistema elegido.

En el SI las unidades de esta constante son:  $\text{N m}^2/\text{C}^2$ . Por tanto, son correctas las respuestas c) y d).

2. Teniendo en cuenta la Ley de Ohm, ¿qué proposición es verdadera?

- Si aumenta el valor de la resistencia, la intensidad de la corriente aumenta.
- Si aumenta la tensión de la batería, aumenta la intensidad de la corriente.
- Si disminuye el valor de la resistencia, disminuye la intensidad.
- Si aumenta el valor de la resistencia, disminuye la intensidad.

Según la Ley de Ohm, la intensidad de la corriente es directamente proporcional al valor de la tensión, e inversamente proporcional al valor de la resistencia. De acuerdo con esto, son verdaderas las afirmaciones b) y d).

3. Indica si hay alguna afirmación falsa en los siguientes enunciados:

- Los amperímetros se intercalan siempre en el circuito.
- Los voltímetros se conectan entre los puntos cuya tensión se quiere medir.
- Los amperímetros se conectan en paralelo y los voltímetros en serie.
- Los voltímetros se conectan en paralelo.

Es falsa la afirmación c). Lo correcto sería lo contrario.

4. Calcula el valor del campo eléctrico a 5,5 m de distancia de una carga de  $1,8 \mu\text{C}$ .

$$E = K \frac{q}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{1,8 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(5,5 \text{ m})^2} = 5,4 \cdot 10^2 \text{ N/C}$$

5. Calcula la fuerza que actúa sobre una carga de  $12 \mu\text{C}$  que se encuentra 15 cm al sur de una carga de  $-42 \mu\text{C}$  y 25 cm al oeste de otra carga de  $63 \mu\text{C}$ . ¿Hacia dónde se ve impulsada?

$$|F_{12}| = K \frac{|q_1| |q_2|}{d_{12}^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{42 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 12 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{225 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 2 \cdot 10^2 \text{ N hacia el norte.}$$

$$|F_{23}| = K \frac{|q_2| |q_3|}{d_{23}^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} \cdot$$

$$\cdot \frac{12 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 63 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{625 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 1,1 \cdot 10^2 \text{ N hacia el oeste}$$

$$\text{Fuerza resultante } |F| = \sqrt{F_{12}^2 + F_{23}^2} = 2,3 \cdot 10^2 \text{ N}$$

6. En un dibujo que representa las líneas de fuerza de un campo eléctrico se observa que ninguna de las líneas que salen de la carga A llega a la carga B. ¿Qué conclusión podemos sacar de este hecho?

Las cargas son del mismo signo. Las líneas de fuerza salen de la carga positiva y llegan a la carga negativa.

7. ¿Cuánto varía el potencial eléctrico de una carga positiva que se desplaza 50 cm por la acción de un campo eléctrico uniforme de intensidad 24 N/C?

El trabajo realizado por el campo es igual a la disminución de la energía potencial:

$$Er = -\Delta V; \quad \Delta V = -Er = -24 \text{ N/C} \cdot 0,5 \text{ m} = -12 \text{ V}$$

8. ¿Qué cantidad de carga eléctrica ha pasado en un minuto por un conductor por el que circula una corriente de 0,15 A?

De la definición de intensidad de corriente se deduce que:

$$Q = It = 0,15 \text{ A} \cdot 60 \text{ s} = 9 \text{ C}$$

9. ¿Cuál es la resistencia de un conductor por el que pasa una corriente de 3,1 A cuando se le somete a una diferencia de potencial de 220 V?

$$\text{Aplicamos la Ley de Ohm: } R = \frac{V}{I} = \frac{220 \text{ V}}{3,1 \text{ A}} = 71 \Omega$$

10. Calcula cuánto vale la resistencia equivalente a tres resistencias de  $20 \Omega$  cuando se asocian:

a) En serie.

b) En paralelo.

$$\text{a) En serie } R = R_1 + R_2 + R_3 = 60 \Omega$$

$$\text{b) En paralelo } R = \frac{R_1}{3} = \frac{20 \Omega}{3} = 6,7 \Omega$$

11. Calcula las calorías desprendidas en 10 minutos por un calentador eléctrico de resistencia  $320 \Omega$  sometido a una diferencia de potencial de 220 V.

$$\text{Cal} = \frac{V^2}{R} t = 0,24 \text{ cal/J} = \frac{(220 \text{ V})^2}{320 \Omega} \cdot 600 \text{ s} \cdot 0,24 \text{ cal/J} = 22 \text{ kcal}$$

12. ¿Qué potencia tiene la resistencia del problema anterior?

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(220 \text{ V})^2}{320 \Omega} = 151 \text{ W}$$



13. Calcula la resistencia interna de una pila ( $\varepsilon = 1,5 \text{ V}$ ) si, al conectarse a una resistencia de  $20 \Omega$  suministra una corriente de  $70 \text{ mA}$  de intensidad.

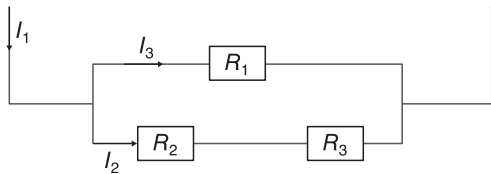
Aplicamos la Ley de Ohm general:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \rightarrow r = \frac{\varepsilon - R I}{I} = \frac{1,5 \text{ V} - 20 \Omega \cdot 0,07 \text{ A}}{0,07 \text{ A}} = 1,4 \Omega$$

## ■ Para repasar

14. Un circuito está formado por tres resistencias iguales conectadas como indica la Figura 9.50:

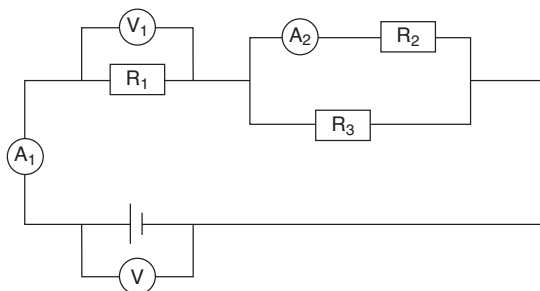
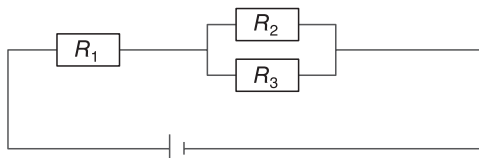
- Ordena las intensidades  $I_1$ ,  $I_2$  e  $I_3$  de mayor a menor.
- Escribe la relación matemática entre dichas corrientes.
- ¿Qué relación existe entre  $I_2$  e  $I_3$ ?



$I_1$  es la corriente mayor porque representa la corriente total. Esta corriente se deriva en el punto A. Además,  $I_3 > I_2$ , porque  $R_1 < R_2 + R_3$ , y de acuerdo con la Ley de Ohm. Por tanto, se cumple:

- $I_1 > I_3 > I_2$
  - $I_1 = I_2 + I_3$
  - $I_3 = 2 I_2$
15. Copia el circuito de la Figura 9.51 intercalando los aparatos de medida que te permitan calcular:

- La corriente que pasa por  $R_1$ .
- La corriente que pasa por  $R_2$ .
- La tensión en  $R_1$ .
- La tensión total del circuito.



- El amperímetro  $A_1$  permite calcular la corriente que pasa por  $R_1$ .
- El amperímetro  $A_2$  permite calcular la corriente que pasa por  $R_2$ .

- El voltímetro  $V_1$  permite calcular la caída de tensión en  $R_1$ .
- El voltímetro  $V$  permite calcular la tensión total del circuito.

16. El potencial eléctrico a una cierta distancia de una carga puntual es de  $600 \text{ V}$  y el campo eléctrico es  $200 \text{ N/C}$ :

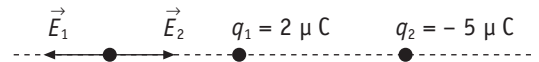
- ¿Cuál es la distancia a la carga puntual?
- ¿Cuál es el valor de la carga?

De las expresiones  $E = \frac{K q}{d^2}$  y  $V = \frac{K q}{d}$  se obtiene la relación entre la intensidad de campo y el potencial:  $V = E d$

$$a) d = \frac{V}{E} = \frac{600 \text{ V}}{200 \text{ N/C}} = 3 \text{ m}$$

$$b) \text{ El valor de la carga será } q = \frac{V d}{K} = \frac{600 \text{ V} \cdot 3 \text{ m}}{9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$$

17. Se tienen dos cargas eléctricas puntuales de  $2 \mu\text{C}$  y  $5 \mu\text{C}$  (esta última tiene signo negativo) separadas una distancia de  $10 \text{ cm}$ , calcula el campo y el potencial a  $20 \text{ cm}$  en línea recta del lado exterior de la carga positiva.



$$|\vec{E}_1| = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2} = 4,5 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

$$|\vec{E}_2| = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{9 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2} = 5 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

$$|\vec{E}_2| - |\vec{E}_1| = 5 \cdot 10^5 \text{ N/C} - 4,5 \cdot 10^5 \text{ N/C} = 5 \cdot 10^4 \text{ N/C}$$

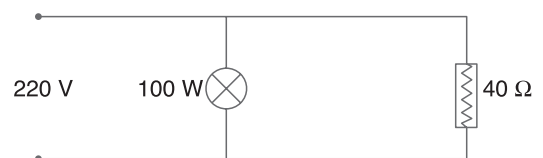
$$V = V_1 + V_2 = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} \cdot \left( \frac{2,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{2 \cdot 10^{-1} \text{ m}} - \frac{5 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{3 \cdot 10^{-1} \text{ m}} \right) = -6 \cdot 10^4 \text{ V}$$

18. Dos cargas eléctricas de  $2,0 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  y  $-3,0 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  están colocadas, respectivamente, en los puntos  $P_1 (3, 0)$  y  $P_2 (0, 1)$ . Las coordenadas están expresadas en metros. Calcula el potencial en el punto  $P_3 (2, 2)$ .

$$V = V_1 + V_2 = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} \cdot \left( \frac{2,0 \cdot 10^{-8} \text{ C}}{2,24 \text{ m}} - \frac{3,0 \cdot 10^{-8} \text{ C}}{2,24 \text{ m}} \right) = -40 \text{ V}$$

$$d = \sqrt{4 + 1} = \sqrt{5} = 2,24 \text{ m}$$

19. En tu casa tienes instalados una bombilla de  $100 \text{ W}$  y un calentador de  $40 \Omega$  (Fig. 9.52).



- ¿Cómo están conectados?
- ¿Qué corriente pasa por la lámpara?

- c) ¿Qué corriente pasa por el calentador?  
 d) ¿A qué tensión está conectado cada aparato?  
 e) ¿Qué potencia desarrolla el calentador?

a) En paralelo.

$$b) I = \frac{P}{V} = \frac{100 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 0,5 \text{ A}$$

$$c) I = \frac{V}{R} = \frac{220 \text{ V}}{40 \Omega} = 5,5 \text{ A}$$

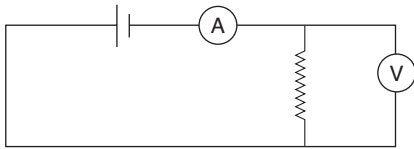
d) Cada aparato está conectado a 220 V, porque están en paralelo.

$$e) P = RI^2 = 40 \Omega \cdot (5,5 \text{ A})^2 = 1,2 \cdot 10^3 \text{ W}$$

20. Un circuito está formado por una fuente de tensión (un enchufe), una resistencia, un amperímetro y un voltímetro. Cuando el voltímetro marca 2,1, 4,2, 6,3 y 8,4 V, el amperímetro marca, respectivamente, 0,23, 0,45, 0,68 y 0,90 A.

- a) Dibuja el circuito.  
 b) ¿Se cumple la Ley de Ohm?  
 c) ¿Cuánto vale la resistencia?

a)



b) Se cumplirá la Ley de Ohm si  $\frac{V}{I} = \text{cte.}$

$$\frac{2,1}{0,23} = \frac{4,2}{0,45} = \frac{6,3}{0,68} = \frac{8,4}{0,90} \approx 9$$

c) Por tanto, sí se cumple la Ley de Ohm, la constante de proporcionalidad representa la resistencia. Luego,  $R = 9 \Omega$ .

21. Una resistencia de  $40 \Omega$  a 220 V ha tardado 10 minutos en elevar la temperatura de 2 L de agua desde  $20^\circ\text{C}$  hasta  $90^\circ\text{C}$ . ¿Cuánto vale el rendimiento de la resistencia?

Datos: 2 L de agua para elevar su temperatura de 20 a  $90^\circ\text{C}$  necesitan 140 000 calorías.

$$\text{Energía útil } W = 140\,000 \text{ cal} \cdot 4,1868 \text{ J/cal} = 586\,152 \text{ J}$$

$$\text{Energía consumida: } W = \frac{V}{R} t = \frac{(220 \text{ V})^2}{40 \Omega} \cdot 600 \text{ s} = 726\,000 \text{ J}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{586\,152 \text{ J}}{726\,000 \text{ J}} \cdot 100\% = 81\%$$

22. Lo que nosotros pagamos a la compañía que nos suministra la corriente eléctrica es:

- a) La cantidad de electricidad que nos proporciona.  
 b) La tensión de nuestros enchufes.  
 c) La energía que consumen nuestros aparatos.

Elige la respuesta correcta y aplícala al siguiente caso: si una bombilla de 100 W ha estado encendida durante 15 horas, ¿cuánto habrá costado su consumo si el kW h se paga a 0,0792 €?

Pagamos la energía que consumen nuestros aparatos.

$$W = Pt = 0,1 \text{ kW} \cdot 15 \text{ h} = 1,5 \text{ kW h}$$

El costo de esta energía es:

$$1,5 \text{ kW h} \cdot 0,0792 \text{ €/kW h} = 0,12 \text{ €}$$

23. Una vivienda tiene instalados los siguientes aparatos: un frigorífico de 500 W, un televisor de 100 W, una lavadora de 1200 W, un lavavajillas de 1500 W, una plancha de 1000 W, un horno microondas de 625 W, una aspiradora de 800 W, una cadena musical de 200 W, una batidora de 500 W, 10 bombillas de 60 W y 5 bombillas de 100 W cada una. Calcula:

a) La potencia total instalada.

b) Qué tanto por ciento de la potencia anterior se puede conectar simultáneamente, sin que salten los automáticos, si se tienen contratados 3000 W.

c) Si el dueño de la vivienda tiene encendida durante 5 horas diarias el 10% de la potencia instalada, ¿a cuánto ascenderá el recibo de la luz al cabo de dos meses, suponiendo que el kW h se paga a 0,0792 €?

a) Potencia total instalada

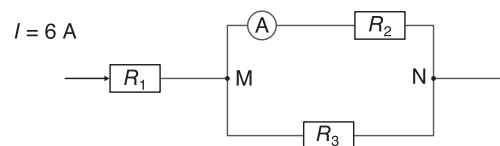
$$500 \text{ W} + 100 \text{ W} + 1200 \text{ W} + 1500 \text{ W} + 1000 \text{ W} + 625 \text{ W} + 800 \text{ W} + 200 \text{ W} + 500 \text{ W} + 600 \text{ W} + 500 \text{ W} = 7525 \text{ W}$$

$$b) \frac{3000 \text{ W} \cdot 100\%}{7525 \text{ W}} = 40\%$$

c) Costo de la energía consumida:

$$0,752 \text{ kW} \cdot 300 \text{ h} \cdot 0,0792 \text{ €/kW h} = 18,06 \text{ €}$$

24. Dado el circuito de la Fig. 9.53, donde  $R_1 = 40,0 \Omega$ ;  $R_2 = 30,0 \Omega$  y  $R_3 = 20,0 \Omega$ :



a) ¿Cuánto vale la resistencia total del circuito?

b) ¿Qué caída de tensión hay entre los puntos M y N?

c) ¿Cuánto marcará el amperímetro A?

d) ¿Qué cantidad de calor desprende la resistencia  $R_3$  en un minuto?

e) ¿Qué potencia consume el circuito?

Resistencia equivalente a  $R_2$  y  $R_3$

$$R_{MN} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{30,0 \Omega \cdot 20,0 \Omega}{50,0 \Omega} = 12,0 \Omega$$

a) Resistencia equivalente del circuito:  $R_e = R_1 + R_{MN} = 52,0 \Omega$

b)  $V_{MN} = IR_{MN} = 6 \text{ A} \cdot 12,0 \Omega = 72,0 \text{ V}$

c) Intensidad que pasa por  $R_2$ :

$$I_2 = \frac{V_{MN}}{R_2} = \frac{72,0 \text{ V}}{30,0 \Omega} = 2,40 \text{ A}$$

$$d) \frac{V_{MN}^2}{R_3} \cdot t \cdot \frac{1 \text{ cal}}{4,1868 \text{ J}} = \frac{(72,0 \text{ V})^2}{20,0 \Omega} \cdot 60 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ cal}}{4,18 \text{ J}} = 3,73 \cdot 10^3 \text{ cal}$$

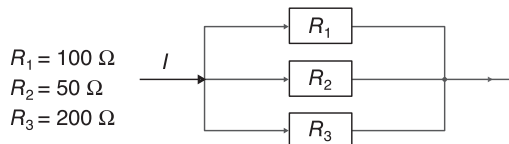
$$e) P = RI^2 = 52,0 \Omega \cdot 36 \text{ A}^2 = 1,87 \cdot 10^3 \text{ W}$$

25. En el circuito de la Figura 9.54, conectado a 200 V, se muestran tres resistencias en paralelo. Calcula:

a) La resistencia total del circuito.

b) La corriente que pasa por  $R_2$  y  $R_3$ .

c) La corriente  $I$ .



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{100 \Omega} + \frac{1}{50 \Omega} + \frac{1}{200 \Omega} = \frac{7}{200 \Omega}$$

$$R = \frac{200 \Omega}{7} = 29 \Omega$$

$$b) I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{200 \text{ V}}{50 \Omega} = 4,0 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{200 \text{ V}}{200 \Omega} = 1,0 \text{ A}$$

$$c) \text{ Teniendo en cuenta que } I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{200 \text{ V}}{100 \Omega} = 2 \text{ A}$$

$$\text{La corriente total será } I = I_1 + I_2 + I_3 = 7,0 \text{ A}$$

26. El voltímetro  $V$  de la Fig. 9.55 marca 45 V. Si las resistencias valen  $R_1 = 15,0 \Omega$ ;  $R_2 = 45,0 \Omega$ ;  $R_3 = 30,0 \Omega$  y  $R_4 = 100,0 \Omega$ , calcula:

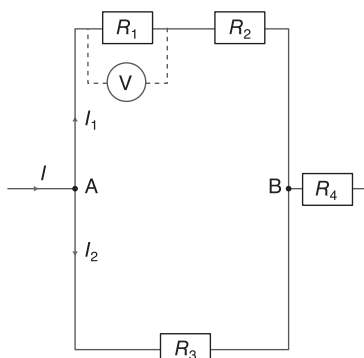
a) ¿Cuánto vale  $I_1$ ?

b) ¿Cuánto vale la diferencia de potencial entre A y B?

c) ¿Qué corriente pasa por  $R_3$ ?

d) ¿Cuánto vale la corriente total  $I$ ?

e) ¿Cuánto vale la resistencia equivalente del circuito?



a) El voltímetro mide la caída de tensión en  $R_1$ . De acuerdo con la Ley de Ohm:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{45 \text{ V}}{15,0 \Omega} = 3,0 \text{ A}$$

b) Hallamos la resistencia total atravesada por  $I_1$

$$R = R_1 + R_2 = 60,0 \Omega$$

Diferencia de potencial entre A y B:

$$V_{AB} = R \cdot I_1 = 60,0 \Omega \cdot 3,0 \text{ A} = 180 \text{ V}$$

$$c) I_2 = \frac{V_{AB}}{R_3} = \frac{180 \text{ V}}{30,0 \Omega} = 6,0 \text{ A}$$

$$d) \text{ Corriente total } I = I_1 + I_2 = 9,0 \text{ A}$$

e) La resistencia equivalente a  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  se puede hallar aplicando la Ley de Ohm:

$$R_{AB} = \frac{V_{AB}}{I} = \frac{180 \text{ V}}{9,0 \text{ A}} = 20,0 \Omega$$

Luego la resistencia total del circuito será:

$$R_T = R_{AB} + R_4 = 20,0 \Omega + 100,0 \Omega = 120,0 \Omega$$

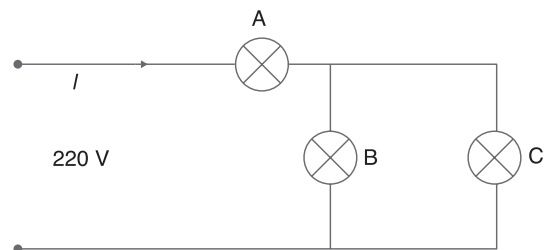
27. Un circuito está formado por tres lámparas: A de 60,0 W y B y C de 100,0 W, conectadas a una tensión de 220 V (Fig. 9.56).

a) ¿Cuánto vale la corriente que pasa por la lámpara A?

b) ¿Qué corriente pasa por las lámparas B y C?

c) ¿A qué tensión está conectada cada lámpara?

d) ¿Cuánto vale la resistencia de cada lámpara?



Potencia total del circuito:

$$P = P_A + P_B + P_C = 60,0 \text{ W} + 100,0 \text{ W} + 100,0 \text{ W} = 260,0 \text{ W}$$

a) La corriente que pasa por A coincide con la corriente total:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{260,0 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 1,18 \text{ A} \Rightarrow 1,2 \text{ A}$$

b) Las lámparas B y C están conectadas en paralelo. Y al ser iguales se reparten la corriente a partes iguales  $I_B = I_C = 0,6 \text{ A}$

$$c) \text{ Tensión de cada lámpara: } V_A = \frac{P_A}{I_A} = \frac{60,0 \text{ W}}{1,2 \text{ A}} = 50 \text{ V}$$

$$V_B = V_C = \frac{P_B}{I_B} = \frac{100 \text{ W}}{0,6 \text{ A}} = 167 \text{ V}$$

d) La resistencia de cada lámpara la podemos calcular a partir de

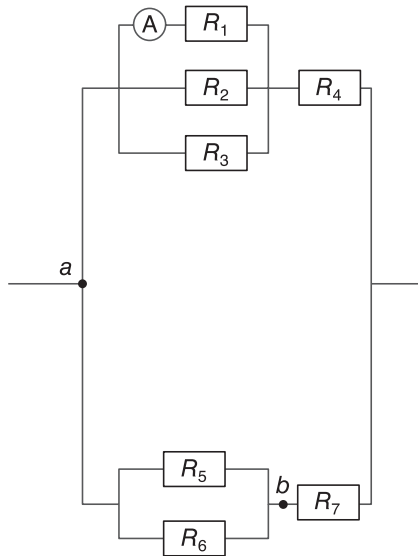
$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$R_A = \frac{V_A^2}{P_A} = \frac{(50 \text{ V})^2}{60 \text{ W}} = 41,6 \Omega$$

$$R_B = R_C = \frac{(167 \text{ V})^2}{100 \text{ W}} = 279 \Omega$$

28. Calcula la resistencia equivalente del circuito de la Figura 9.57. ¿Cuál es la diferencia de potencial entre los puntos  $a$  y  $b$  sabiendo que el amperímetro  $A$  marca una corriente de  $0,5$  A?

Datos:  $R_1 = 8 \Omega$ ;  $R_2 = 16 \Omega$ ;  $R_3 = 16 \Omega$ ;  $R_4 = 20 \Omega$ ;  $R_5 = 9 \Omega$ ;  $R_6 = 18 \Omega$ ;  $R_7 = 6 \Omega$ .



a) Resistencia equivalente a  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{8 \Omega} + \frac{1}{16 \Omega} + \frac{1}{16 \Omega} = \frac{2 + 1 + 1}{16 \Omega} = \frac{4}{16 \Omega}$$

$$R' = \frac{16 \Omega}{4} = 4 \Omega$$

Resistencia correspondiente a la 1.ª derivación:

$$R'' = R' + R_4 = 24 \Omega$$

b) Resistencia de la segunda derivación

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} = \frac{1}{9 \Omega} + \frac{1}{18 \Omega} = \frac{3}{18 \Omega}$$

$$R = 6 \Omega ; R''' = R + R_7 = 12 \Omega$$

Resistencia total del circuito:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R''} + \frac{1}{R'''} = \frac{1}{24 \Omega} + \frac{1}{12 \Omega} = \frac{3}{24 \Omega}$$

$$R_T = 8 \Omega$$

La tensión en  $R'$  coincide con la tensión en  $R_1$ ;  $V' = R' I' = R_1 I = 8 \Omega \cdot 0,5 \text{ A} = 4 \text{ V}$

La corriente que pasa por la 1.ª derivación será:

$$I' = \frac{V'}{R'} = \frac{4 \text{ V}}{4 \Omega} = 1 \text{ A}$$

La caída de tensión en la 1.ª derivación:

$$V'' = R'' I' = 24 \Omega \cdot 1 \text{ A} = 24 \text{ V}$$

Esta caída de tensión coincide con la caída de tensión en la 2.ª derivación. Por tanto, la corriente que circula por esta parte del circuito será:

$$I = \frac{V''}{R'''} = \frac{24 \text{ V}}{12 \Omega} = 2 \text{ A}$$

De acuerdo con esto la caída de tensión entre los puntos  $a$ ,  $b$  será:

$$V_{ab} = R I = 6 \Omega \cdot 2 \text{ A} = 12 \text{ V}$$

SOLUCIONARIO  
GUÍA DIDÁCTICA

### ■ Actividad de refuerzo pág. 32

Diferencia, entre las siguientes sustancias (supón que no están combinadas con impurezas ni otro tipo de sustancias), cuáles son puras, incluyendo si se trata de elementos o compuestos: agua, latón, cobre, azúcar, amoníaco, hierro, gas oxígeno, gas dióxido de carbono, aire, sal, azufre, acero, una botella de plástico, mercurio y bronce.

#### Solución:

Son elementos el cobre, el hierro, el oxígeno, el azufre y el mercurio. Compuestos el agua (H<sub>2</sub>O), azúcar (sacarosa), amoníaco (NH<sub>3</sub>), gas dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sal (NaCl) y la botella de plástico (PET). Mezclas serían el latón, el aire, el acero y el bronce.

### ■ Actividad de refuerzo pág. 37

Basándote en la siguiente lista:

$^{16}_8\text{O}^{2-}$ ;  $^{19}_9\text{F}^{-}$ ;  $^3_1\text{H}^{+}$ ;  $^{14}_7\text{N}^{3-}$ ;  $^{14}_6\text{C}_5$ ;  $^{27}_{13}\text{Al}^{3+}$ ; contesta cuáles son el número atómico, la carga iónica, el número másico y el número de átomos presentes.

	$^{16}_8\text{O}^{2-}$	$^{19}_9\text{F}^{-}$	$^3_1\text{H}^{+}$	$^{14}_6\text{C}_5$	$^{14}_7\text{N}^{3-}$	$^{27}_{13}\text{Al}^{3+}$
Número atómico	8	9	1	6. No es obligatorio que lo sepan.	7	13
Carga iónica	2-	1-	1+	0	3-	3+
Número másico	16	19	3	14	14	27
Número de átomos presentes	1	2	1	5	1	2

### ■ Actividad de refuerzo pág. 38

Calcula el número de protones, neutrones, electrones, número atómico y número másico de todas las especies siguientes:

$^{235}\text{U}^{6+}$ , Br ( $Z = 35$ ;  $A = 80$ ),  $\text{Zn}^{2+}$  ( $Z = 30$ ;  $A = 65$ ) y un elemento con carga negativa con el mismo número de neutrones y de electrones y con número atómico 9.

#### Solución:

U: 92 protones (por su posición en el Sistema Periódico), 143 neutrones ( $235 - 92$ ), 86 electrones (protones - electrones = +6) y  $Z = 92$ ,  $A = 235$ .

Br: 35 protones (por  $Z$ ), 45 neutrones ( $80 - 35$ ), 35 electrones (protones - electrones = 0),  $Z = 35$  y  $A = 80$ .

$\text{Zn}^{2+}$ : 30 protones (por  $Z$ ), 35 neutrones ( $65 - 30$ ), 28 electrones (protones - electrones = +2),  $Z = 30$  y  $A = 65$ .

X: 9 protones (por  $Z$ ), 10 electrones (protones - electrones = -1), 10 neutrones (igual que electrones),  $Z = 9$  y  $A = 19$  (protones + neutrones).

### ■ Actividad de refuerzo pág. 39

Basándote en la siguiente lista:

$^{16}_8\text{O}^{2-}$ ;  $^{19}_9\text{F}^{-}$ ;  $^3_1\text{H}^{+}$ ;  $^{14}_6\text{C}$ ;  $^{14}_7\text{N}^{3-}$ ;  $^{27}_{13}\text{Al}^{3+}$ , contesta cuántos protones, neutrones y electrones tienen cada uno de los átomos indicados.

Solución:

	$^{16}_8\text{O}^{2-}$	$^{19}_9\text{F}^{-}$	$^3_1\text{H}^{+}$	$^{14}_6\text{C}$	$^{14}_7\text{N}^{3-}$	$^{27}_{13}\text{Al}^{3+}$
Número de protones	8	9	1	6	7	13
Número de neutrones	8	10	2	8	7	14
Número de electrones	10	10	0	6	10	10

### ■ Actividad de refuerzo pág. 40

El platino se presenta en la Naturaleza con 6 isótopos distintos:  $^{190}\text{Pt}$  (0,02%),  $^{192}\text{Pt}$  (0,78%),  $^{194}\text{Pt}$  (32,97%),  $^{195}\text{Pt}$  (33,83%),  $^{196}\text{Pt}$  (25,24%) y  $^{198}\text{Pt}$  (7,16%). Si suponemos que la masa de cada isótopo coincide con su número másico, calcula la masa atómica del platino.

Solución:

$$\frac{0,02 \cdot 190 + 0,78 \cdot 192 + 32,97 \cdot 194 + 33,83 \cdot 195 + 25,24 \cdot 196 + 7,16 \cdot 198}{100} = 195,11$$

### ■ Actividad de refuerzo pág. 40

Calcula la abundancia relativa de los dos isótopos de cloro,  $^{37}\text{Cl}$  y  $^{35}\text{Cl}$ , sabiendo que la masa atómica relativa del cloro es 35,5.

Solución:

Del 100 % total de abundancia del cloro, podemos considerar que hay un  $x$  % de Cloro-37 y un  $(100 - x)$  % de Cloro-35 por lo que:

$$\frac{37 \cdot x + 35 \cdot (100 - x)}{100} = 35,5 \Leftrightarrow 37 \cdot x + 35 \cdot (100 - x) = 35,5 \cdot 100 \Leftrightarrow 37x + 3500 - 35x = 3550 \Leftrightarrow 2x = 50 \Leftrightarrow x = 25\%$$

Hay un 25 % de Cloro-37 y un 75 % de Cloro-35.

### ■ Actividad de refuerzo pág. 41

Calcula la longitud de onda de una radiación electromagnética de frecuencia  $6,2 \cdot 10^{14}$  Hz. Halla su periodo y el número de ondas por metro.

Solución:

Como  $c = \lambda \nu$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{6,2 \cdot 10^{14} \text{ Hz}} = 4,8 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{6,2 \cdot 10^{14} \text{ Hz}} = 1,6 \cdot 10^{-15} \text{ s}$$

$$k = \frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c} = \frac{1}{4,8 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 2,1 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$$

## Actividad de refuerzo pág. 42

Para completar el cálculo de la energía asociada a una onda, podemos utilizar la siguiente actividad:

Calcula la frecuencia de una onda que transporta una energía de  $10^{-19}$  J. Calcula también su longitud de onda.

**Solución:**

Aplicando la ecuación  $E = h \nu$  y despejando,  $\nu$  obtenemos:

$$\nu = \frac{E}{h} = \frac{10^{-19} \text{ J}}{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s}} = 1,51 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$\lambda = c/\nu$ , por lo que  $\lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}/1,51 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = 1,99 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ .

## Actividades de refuerzo pág. 43

1. Tenemos un láser que emite  $3,5 \cdot 10^{20}$  fotones de longitud de onda  $1,2 \cdot 10^{-8} \text{ m}$  cada segundo. ¿Qué tipo de radiación es? ¿Qué energía emite el láser en un segundo? ¿Qué potencia tiene el láser? Calcula también el periodo y el número de ondas de la radiación del láser. Datos:  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ .

**Solución:**

Como  $c = \lambda \nu$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,2 \cdot 10^{-8} \text{ m}} = 2,5 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$$

Pertenece a la zona del espectro ultravioleta.

$$E = h \nu = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 2,5 \cdot 10^{16} \text{ Hz} = 1,7 \cdot 10^{-17} \text{ J}$$

$$E_T = n E = 3,5 \cdot 10^{20} \cdot 1,7 \cdot 10^{-17} \text{ J} = 5,8 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$P = E/t = 5,8 \cdot 10^3 \text{ J}/1 \text{ s} = 5,8 \cdot 10^3 \text{ W} = 5,8 \text{ kW}$$

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{2,5 \cdot 10^{16} \text{ Hz}} = 4 \cdot 10^{-17} \text{ s}$$

$$k = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{1,2 \cdot 10^{-8} \text{ m}} = 8,3 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$

2. Una linterna tiene una potencia luminosa de 2 W (2 julios cada segundo). Si sabemos que emite una luz amarilla de longitud de onda  $5,9 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ , ¿cuántos fotones emite en un minuto? Calcula el periodo, la frecuencia y el número de ondas de la radiación emitida. Datos:  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ .

Como  $c = \lambda \nu$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{5,9 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 5,1 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

La energía de la onda será:

$$E = h \nu = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 5,1 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = 3,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

La energía total emitida por la linterna será:

$$E_T = P t = 2 \text{ W} \cdot 60 \text{ s} = 120 \text{ J}$$

$$n = E_T/E = 120 \text{ J}/3,4 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3,5 \cdot 10^{20} \text{ fotones}$$

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{5,1 \cdot 10^{14} \text{ Hz}} = 2 \cdot 10^{-15} \text{ s}$$

$$k = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{5,9 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 1,7 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$$

## Actividad de refuerzo pág. 45

Calcula a qué nivel llegará un electrón en el átomo de hidrógeno, sabiendo que parte del nivel fundamental  $n = 1$ , cuando se le excita con radiación de frecuencia  $3,09 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ .

Datos:  $R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

**Solución:**

Como  $c = \lambda \nu$  y  $\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$  tenemos que:

$$\frac{\nu}{c} = R \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \text{ de donde } n_2 = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{n_1^2} - \frac{\nu}{c R}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{1} - \frac{3,09 \cdot 10^{15} \text{ Hz}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}}}} \approx 4$$

Si se ve que puede ser interesante, se les puede comentar a partir de este problema que observen que la frecuencia, y por lo tanto la energía, se pueden relacionar también directamente con los niveles energéticos con las siguientes fórmulas:

$$\nu = c R \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \text{ y } E = h \nu = h c R \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = R' \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

donde  $R' = h c R = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J} = 13 \cdot 6 \text{ eV}$

Estas fórmulas deberían empezar a utilizarlas, puesto que desde la Universidad se recomienda para cursos posteriores su uso en las Pruebas de Acceso, en vez de la fórmula habitual del número de ondas (inversa de la longitud de onda).

## Actividades de refuerzo pág. 47

1. El sodio presenta un par de rayas en su espectro de emisión (una de longitud de onda  $5896 \text{ \AA}$  y otra en  $5890 \text{ \AA}$ ). Calcula la energía a la que equivale cada una, en julios y en electronvolts. Datos:  $c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ;  $h = 6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$  y  $1 \text{ eV} = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

**Solución:**

Como  $c = \lambda \nu$

$$\nu_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{5,896 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 5,085 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

La energía de la primera onda será:

$$E_1 = h \nu_1 = 6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 5,085 \cdot 10^{14} \text{ Hz} =$$

$$= 3,369 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 2,103 \text{ eV}$$

$$\nu_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{5,896 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 5,090 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

La energía de la segunda onda será:

$$E_2 = h \nu_2 = 6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 5,090 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = 3,373 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 2,105 \text{ eV}$$

2. Calcula la energía asociada al salto electrónico en el átomo de hidrógeno entre el nivel 4 y el 8.

Datos:  $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ;  $R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$  y  $h = 6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ .

Solución:

Aplicando la ecuación empírica propuesta por Rydberg:

$$k = R (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$$

$$k = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} \cdot (1/4^2 - 1/8^2) = 5,142 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1}$$

Como  $k = 1/\lambda$  y  $\nu = c/\lambda$ , queda:

$$\nu = c k = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} \cdot 5,142 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1} = 1,542 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$E = h \nu = 6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 1,542 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = 1,022 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0,638 \text{ eV}$$

## Actividad de refuerzo pág. 49

Halla las configuraciones electrónicas teóricas de todos los elementos cuyo número atómico es múltiplo de 5 hasta el 100. Pon, cuando lo sepas, el símbolo del elemento.

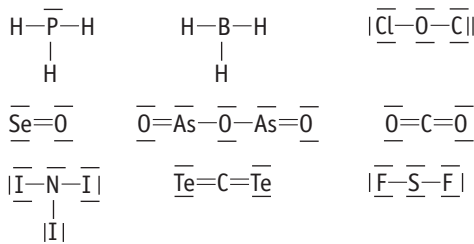
- 5 - B:  $1s^2 2s^2 p^1$
- 10 - Ne:  $1s^2 2s^2 p^6$
- 15 - P:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^3$
- 20 - Ca:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 4s^2$
- 25 - Mn:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^5 4s^2$
- 30 - Zn:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2$
- 35 - Br:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^5$
- 40 - Zr:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^2 5s^2$
- 45 - Rh:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^7 5s^2$
- 50 - Sn:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^{10} 5s^2 p^2$
- 55 - Cs:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^{10} 5s^2 p^6 6s^1$
- 60 - Nd:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^{10} f^4 5s^2 p^6 6s^2$
- 65 - Tb:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^{10} f^9 5s^2 p^6 6s^2$
- 70 - Yb:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^{10} f^{14} 5s^2 p^6 6s^2$
- 75 - Re:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^{10} f^{14} 5s^2 p^6 d^5 6s^2$
- 80 - Hg:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^{10} f^{14} 5s^2 p^6 d^{10} 6s^2$
- 85 - At:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^{10} f^{14} 5s^2 p^6 d^{10} 6s^2 p^5$
- 90 - Th:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^{10} f^{14} 5s^2 p^6 d^{10} f^2 6s^2 p^6 7s^2$
- 95 - Am:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^{10} f^{14} 5s^2 p^6 d^{10} f^7 6s^2 p^6 7s^2$
- 100 - Fm:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^{10} f^{14} 5s^2 p^6 d^{10} f^{12} 6s^2 p^6 7s^2$

## Actividad de refuerzo pág. 56

Dibuja la estructura de Lewis de los siguientes compuestos:

$\text{PH}_3$ ,  $\text{BH}_3$ ,  $\text{Cl}_2\text{O}$ ,  $\text{SeO}$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NI}_3$ ,  $\text{CF}_4$  y  $\text{SF}_2$ .

Solución:



## Actividades de refuerzo pág. 57

1. Indica la estructura de Lewis del óxido de arsénico (III), razonándola.

Solución:

La fórmula es  $\text{As}_2\text{O}_3$ . Indicaremos en el cuadro siguiente los datos:

Elemento	Capa de valencia	Electrones de valencia	Capacidad máxima
As	$4s^2 4p^3$	5	8
O	$2s^2 2p^4$	6	8

Electrones de valencia disponibles:

$$A = 5 \cdot 2 + 6 \cdot 3 = 28$$

Capacidad total de la capa de valencia:

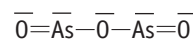
$$N = 8 \cdot 2 + 8 \cdot 3 = 40$$

Electrones compartidos:

$$N - A = 40 - 28 = 12 \text{ (seis enlaces)}$$

Electrones restantes:  $28 - 12 = 16$  (ocho pares).

Ahora distribuimos los electrones adecuadamente sobre los átomos, colocados con la mayor simetría posible:



Observa que alrededor de cada átomo hay 8 electrones. Como propios se mantienen los 6 iniciales de los oxígenos y los 5 alrededor de cada arsénico.

Si hubiésemos puesto los tres oxígenos en medio y unido los dos arsénicos a los tres oxígenos, también valdría, pero la figura está tan torsionada que no se corresponde con la molécula real.

2. Indica la estructura de Lewis del yoduro de nitrógeno (III), razonándola.

Solución:

La fórmula es  $\text{NI}_3$ . Indicaremos en el cuadro siguiente los datos:

Elemento	Capa de valencia	Electrones de valencia	Capacidad máxima
N	$2s^2 2p^3$	5	8
I	$5s^2 5p^5$	7	8

Electrones de valencia disponibles:

$$A = 5 \cdot 1 + 7 \cdot 3 = 26$$

Capacidad total de la capa de valencia:

$$N = 8 \cdot 1 + 8 \cdot 3 = 32$$

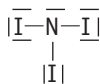


Electrones compartidos:

$$N - A = 32 - 26 = 6 \text{ (tres enlaces)}$$

Electrones restantes:  $26 - 6 = 20$  (diez pares).

Ahora distribuimos los electrones adecuadamente sobre los átomos, colocados con la mayor simetría posible:



Observa que alrededor de cada átomo hay 8 electrones. Como propios se mantienen los 5 iniciales del nitrógeno y los 7 alrededor de cada yodo.

## Actividad de refuerzo pág. 58

Indica la estructura de Lewis del ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

**Solución:**

Indicaremos en el cuadro siguiente los datos:

Elemento	Capa de valencia	Electrones de valencia	Capacidad máxima
S	$3s^2 3p^4$	6	8
O	$2s^2 2p^4$	6	8
H	$1s^1$	1	2

Electrones de valencia disponibles:

$$A = 1 \cdot 2 + 6 \cdot 1 + 6 \cdot 4 = 32$$

Capacidad total de la capa de valencia:

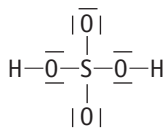
$$N = 2 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 8 \cdot 4 = 44$$

Electrones compartidos:

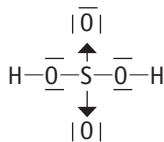
$$N - A = 44 - 32 = 12 \text{ (seis enlaces)}$$

Electrones restantes:  $32 - 12 = 20$  (diez pares).

Ahora distribuimos los electrones adecuadamente sobre los átomos:



Observa que alrededor de cada átomo hay 8 electrones, y sobre el hidrógeno, 2. Como propios se mantienen los 6 iniciales de los oxígenos enlazados a los hidrógenos y los de éstos, pero aparecen como propios 7 sobre los otros dos oxígenos y sólo 4 alrededor del azufre. La solución viene dada en este caso por dos enlaces dativos, al suponer que el azufre es el *dador* y los oxígenos los *aceptores*:



Ahora cada oxígeno tiene como propios sus 6 iniciales y el azufre sus 6, con lo que la estructura resulta ser la correcta.

## Evaluación

1. Calcula la masa atómica del calcio, sabiendo que en la naturaleza hay básicamente 5 isótopos estables: el Ca-40, con una abundancia relativa del 96,97%, el Ca-42 (0,64%), el Ca-43 (0,15%), el Ca-44 (2,06%) y el Ca-48 (0,18%).

**Solución:**

La masa atómica viene dada por:

$$m_{\text{Ca}} = \frac{40 \text{ u} \cdot 96,97 + 42 \text{ u} \cdot 0,64 + 43 \text{ u} \cdot 0,15 + 44 \text{ u} \cdot 2,06 + 48 \text{ u} \cdot 0,18}{100} = 40,11 \text{ u}$$

2. Di el número de protones, neutrones y electrones que poseen los siguientes átomos:

${}^{40}_{20}\text{Ca}^{2+}$ ;  ${}^{19}_9\text{F}$ ;  ${}^{239}_{92}\text{U}^{3+}$  ( $Z = 92$ );  ${}^{82}_{82}\text{Pb}^{4+}$  ( $A = 208$ );  ${}^{65}_{30}\text{Zn}$  (30 electrones);  ${}^{37}_{17}\text{Cl}^-$  (20 neutrones)

**Solución:**

El  $\text{Ca}^{2+}$ : 20 protones ( $Z$ ), 20 neutrones ( $A-Z$ ) y 18 electrones (hay dos cargas positivas).

El F: 9 protones ( $Z$ ), 10 neutrones ( $A-Z$ ) y 9 electrones (es neutro).

El  $\text{U}^{3+}$ : 92 protones ( $Z$ ), 147 neutrones ( $A-Z$ ) y 89 electrones (hay tres cargas positivas).

El  $\text{Pb}^{4+}$ : 82 protones ( $Z$ ), 126 neutrones ( $A-Z$ ) y 78 electrones (hay cuatro cargas positivas).

El Zn: 30 electrones ( $Z$ ), 30 protones (es neutro) y 35 neutrones ( $A-Z$ ).

El  $\text{Cl}^-$ : 20 neutrones, 17 protones ( $A-n^\circ$  neutrones) y 18 electrones (hay una carga negativa de más).

3. De los átomos planteados en el problema anterior, escribe la configuración electrónica del átomo neutro.

**Solución:**

Ca:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 4s^2$

F:  $1s^2 2s^2 p^5$

U:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^{10} f^{14} 5s^2 p^6 d^{10} f^4 6s^2 p^6 7s^2$  (realmente es  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^{10} f^{14} 5s^2 p^6 d^{10} f^3 6s^2 p^6 d^1 7s^2$ , pero en este curso no tienen argumentos para saberlo, salvo que hallen la configuración desde el Sistema Periódico).

Pb:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^{10} f^{14} 5s^2 p^6 d^{10} 6s^2 p^2$

Zn:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2$

Cl:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^5$

4. Halla la longitud de onda asociada a la raya del espectro correspondiente a la transición entre el nivel  $n = 2$  y  $n = 4$  del átomo de hidrógeno. Calcula también la frecuencia y la energía de la onda.

**Datos:**  $R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ;  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$

**Solución:**

$$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} \cdot \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \lambda = 4,86 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 486 \text{ nm}$$

$$c = \lambda \nu \Leftrightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{4,86 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 6,17 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$E = h \nu = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 6,17 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = 4,09 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

**5. Halla la estructura de Lewis de las moléculas de NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y PCl<sub>3</sub>.****Solución:**

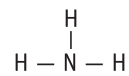
Elemento	Estructura electrónica de la capa de valencia	Electrones de valencia	Capacidad de la capa de valencia
N	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> p <sup>3</sup>	5	8
H	1s <sup>1</sup>	1	2
S	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> p <sup>4</sup>	6	8
O	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> p <sup>4</sup>	6	8
P	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> p <sup>3</sup>	5	8
Cl	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> p <sup>5</sup>	7	8

NH<sub>3</sub>: Electrones de valencia disponibles:  $A = 5 + 1 \cdot 3 = 8$

Capacidad total de la capa de valencia:  $N = 8 \cdot 1 + 2 \cdot 3 = 14$

Electrones compartidos:  $N - A = 14 - 8 = 6$  (tres enlaces).

Electrones restantes:  $8 - 6 = 2$  (un par).

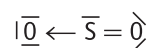


SO<sub>2</sub>: Electrones de valencia disponibles:  $A = 6 + 6 \cdot 2 = 18$

Capacidad total de la capa de valencia:  $N = 8 \cdot 1 + 8 \cdot 2 = 24$

Electrones compartidos:  $N - A = 24 - 18 = 6$  (tres enlaces).

Electrones restantes:  $18 - 6 = 12$  (seis pares).

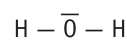


H<sub>2</sub>O: Electrones de valencia disponibles:  $A = 1 \cdot 2 + 6 = 8$

Capacidad total de la capa de valencia:  $N = 2 \cdot 2 + 8 = 12$

Electrones compartidos:  $N - A = 12 - 8 = 4$  (dos enlaces).

Electrones restantes:  $8 - 4 = 4$  (dos pares).

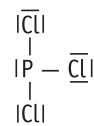


PCl<sub>3</sub>: Electrones de valencia disponibles:  $A = 5 + 7 \cdot 3 = 26$

Capacidad total de la capa de valencia:  $N = 8 + 8 \cdot 3 = 32$

Electrones compartidos:  $N - A = 32 - 26 = 6$  (tres enlaces).

Electrones restantes:  $26 - 6 = 20$  (diez pares).





## ■ Actividad de refuerzo pág. 78

Cuando mezclamos un exceso de oxígeno con 32,178 g de calcio obtenemos una sustancia blanca, el óxido de calcio (CaO).

Sabiendo que las masas atómicas del oxígeno y del calcio son 15,999 y 40,078, respectivamente, calcula cuánto oxígeno se consume en la reacción y cuánto óxido de calcio obtenemos. Explica en cada momento en qué ley te basas para hacer cada razonamiento.

### Solución:

Por la Ley de las proporciones definidas se tiene que cumplir:

$$\frac{\text{masa atómica del oxígeno}}{\text{masa atómica del calcio}} = \frac{\text{masa de oxígeno}}{\text{masa de calcio}}$$

$$\frac{15,999}{40,078} = \frac{\text{masa de oxígeno}}{32,178 \text{ g}}$$

De donde  $m(\text{O}_2) = 12,845 \text{ g}$  de oxígeno

Aplicando la Ley de conservación de la masa, podemos calcular la cantidad de óxido de calcio, puesto que la suma de las masas de los reactivos (oxígeno y calcio) tiene que ser igual a la suma de las masas de los productos (óxido de calcio).

Por lo tanto, se obtienen 45,023 g de CaO.

## ■ Actividad de ampliación pág. 78

Sabemos que el oxígeno y el carbono se juntan en la proporción de 3 g de carbono por cada 8 g de oxígeno, para dar dióxido de carbono. En una habitación estanca, ponemos a quemar un trozo de carbón que contiene 450 g de carbono. Si sabemos que en la habitación hay 1 400 g de oxígeno, ¿se quemará completamente el trozo de carbón? ¿De qué elemento tendremos un sobrante? Supón que el carbono sólo puede transformarse en  $\text{CO}_2$ .

### Solución:

Para consumir por completo el carbono necesitamos:

$$450 \text{ g de C} \cdot \frac{8 \text{ g de oxígeno}}{3 \text{ g de carbono}} = 1 200 \text{ g de oxígeno}$$

Por lo tanto se consumirá completamente el carbono y sobrarán 200 g de oxígeno.

## ■ Actividad de ampliación pág. 80

Sabiendo que 10 g de A se combinan con 18 g de B y que 14 g de C se combinan con 18 g de B, ¿cuántos gramos de A se combinan con 23,5 g de C cuando estos dos elementos se combinan entre sí?

### Solución:

Aplicando la Ley de Richter:

$$\frac{\text{masa de A combinado con B}}{\text{masa de C combinado con B}} = \frac{\text{masa de A}}{\text{masa de C}}$$

$$\frac{10}{14} = \frac{\text{masa de A}}{23,5 \text{ g}}$$

masa de A = 16,8 g

## ■ Actividad de ampliación pág. 81

Un compañero de laboratorio comenta que ha realizado la combustión de 10 L de propano en presencia de oxígeno y que ha comprobado que se han consumido 3,63 L de  $\text{O}_2$ . Por otro lado, ha observado que se obtienen 6,12 L de  $\text{CO}_2$  y 7,51 L de vapor de agua, por lo que se cumple la Ley de conservación de los volúmenes de reacción.

La experiencia que ha realizado tu amigo ¿está bien hecha o hay errores? Con sus datos en la mano, ¿podemos confirmar que se cumple lo esperado según la ley?

### Solución:

No hay ningunos números sencillos que cumplan la proporcionalidad encontrada en los datos, por tanto no se ajusta a la Ley de los volúmenes de combinación, y podemos concluir que debe ser errónea la medida de los volúmenes.

Además, se basa en una ley inexistente, porque los volúmenes no se conservan, sino la masa. De esta manera, podemos sacar la conclusión de que se ha realizado mal o la experiencia o la toma de valores.

## ■ Actividad de ampliación pág. 82

Cuando el butano gas ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) se combina con oxígeno en presencia de una llama se forma dióxido de carbono y vapor de agua.

Escribe la reacción, ajústala y calcula cuántos litros de oxígeno se necesitan para quemar completamente 100 L de butano. ¿Cuántos litros de productos se obtienen?

### Solución:



Por carbonos:  $4 a = c$

Por hidrógenos:  $10 a = 2 d$

Por oxígenos:  $2 b = 2 c + d$

Elegimos  $a = 1$ ; de C  $\Rightarrow c = 4$ ; de H  $\Rightarrow d = 5$ ; de O  $\Rightarrow b = 13/2$ ; multiplicamos todo por 2 y:  $2 \text{ C}_4\text{H}_{10} + 13 \text{ O}_2 \longrightarrow 8 \text{ CO}_2 + 10 \text{ H}_2\text{O}$

Como la proporción en litros es la misma que la de los coeficientes este-

quiométricos, se necesitan  $100 \text{ L} \cdot \frac{13 \text{ L de O}_2}{2 \text{ L de C}_4\text{H}_{10}} = 650 \text{ L de O}_2$

Se obtienen  $100 \text{ L} \cdot \frac{8 \text{ L de CO}_2}{2 \text{ L de C}_4\text{H}_{10}} = 400 \text{ L de CO}_2$

y  $100 \text{ L} \cdot \frac{10 \text{ L de H}_2\text{O}}{2 \text{ L de C}_4\text{H}_{10}} = 500 \text{ L de H}_2\text{O}$ , o sea, un total de 900 L de productos.

## ■ Actividad de refuerzo pág. 85

Sabiendo que la masa atómica relativa del hidrógeno es 1, la del oxígeno 16, la del carbono 12 y la del nitrógeno 14, calcula cuántos átomos de cada elemento y moléculas hay en 1 mol de  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ , N,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{NH}_2$ ,  $\text{CO}_2$  y  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ .

Asimismo, calcula la masa de un mol de cada una de las sustancias dadas.



**Solución:**

	Número de átomos				N.º de moléculas	masa
	H	O	C	N		
H <sub>2</sub>	1,2 · 10 <sup>24</sup>	-	-	-	6 · 10 <sup>23</sup>	2 g
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1,2 · 10 <sup>24</sup>	1,2 · 10 <sup>24</sup>	-	-	6 · 10 <sup>23</sup>	34 g
CH <sub>4</sub>	2,4 · 10 <sup>24</sup>	-	6 · 10 <sup>23</sup>	-	6 · 10 <sup>23</sup>	16 g
NH <sub>3</sub>	-	1,8 · 10 <sup>24</sup>	-	6 · 10 <sup>23</sup>	6 · 10 <sup>23</sup>	17 g
N	-	-	-	6 · 10 <sup>23</sup>	-	14 g
O <sub>2</sub>	-	1,2 · 10 <sup>24</sup>	-	-	6 · 10 <sup>23</sup>	32 g
CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	3,6 · 10 <sup>24</sup>	-	1,2 · 10 <sup>24</sup>	6 · 10 <sup>23</sup>	6 · 10 <sup>23</sup>	43 g
CO <sub>2</sub>	-	1,2 · 10 <sup>24</sup>	6 · 10 <sup>23</sup>	-	6 · 10 <sup>23</sup>	44 g
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	1,08 · 10 <sup>25</sup>	-	4,8 · 10 <sup>24</sup>	-	6 · 10 <sup>23</sup>	114 g

## Actividad de refuerzo pág. 88

Calcula el volumen que ocupa el aire en el interior de un cilindro cerrado por un émbolo móvil si inicialmente tenemos encerrados en el cilindro 23 L de un gas ideal a 30 °C y elevamos la temperatura hasta 100 °C, manteniendo constante la presión externa en 1 atmósfera. Si en ese momento fijamos la posición del émbolo y enfriamos hasta los 20 °C bajo cero, ¿a qué presión se encuentra el cilindro? Explica en cada paso en qué ley te basas para hacer los cálculos.

**Solución:**

Para la primera parte aplicamos la Ley de Charles, ya que la presión es constante.

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_f}{T_f} \Rightarrow V_f = \frac{V_0 T_f}{T_0} = \frac{23 \text{ L} \cdot 373 \text{ K}}{303 \text{ K}} = 28,3 \text{ L}$$

Para la segunda parte aplicamos la Ley de Gay-Lussac, ya que lo constante es el volumen:

$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_f}{T_f} \Rightarrow p_f = \frac{p_0 T_f}{T_0} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 253 \text{ K}}{373 \text{ K}} = 0,68 \text{ atm} \cdot \frac{760 \text{ mmHg}}{1 \text{ atm}} = 515 \text{ mmHg}$$

## Actividad de ampliación pág. 88

Un recipiente, que se encuentra a presión atmosférica, contiene aire a 20 °C y se calienta hasta que el volumen que ocupa se hace el doble. ¿A qué temperatura se encuentra ahora el aire?

**Solución:**

Ahora no nos dan los valores de volumen, pero sí su relación, que nos permite resolver el problema. Aplicamos:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Leftrightarrow T_2 = \frac{V_2 T_1}{V_1} = \frac{2 V_1 T_1}{V_1} = 2 T_1 = 2(20 + 273) = 586 \text{ K} = (586 - 273) \text{ °C} = 313 \text{ °C}$$

## Actividad de refuerzo pág. 89

En un recipiente, tenemos una determinada cantidad de un gas a 20 °C, 723 mmHg de presión y ocupando un volumen de 3,42 L.

Si la presión aumenta hasta 833 mmHg mientras la temperatura disminuye en 13 grados, ¿qué volumen de gas tenemos dentro del recipiente? ¿Cuántos moles de ese gas y cuántas moléculas hay?

**Solución:**

Aplicando la Ecuación de estado de los gases:

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_f V_f}{T_f} \Rightarrow V_f = \frac{p_0 V_0 T_f}{p_f T_0} = \frac{723 \text{ mmHg} \cdot 3,42 \text{ L} \cdot 293 \text{ K}}{833 \text{ mmHg} \cdot 303 \text{ K}} = 2,87 \text{ L}$$

Aplicando la Ecuación de Clapeyron:

$$p_0 V_0 = n R T_0 \Rightarrow n = \frac{p_0 V_0}{R T_0} = \frac{723 \text{ mmHg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} \cdot 3,42 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 303 \text{ K}} = 0,13 \text{ moles}$$

$$0,13 \text{ moles} \cdot \frac{6 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}}{1 \text{ mol}} = 7,8 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$$

## Actividad de ampliación pág. 89

Un recipiente hinchable, inicialmente de 5 L de capacidad, que se encuentra a presión atmosférica, contiene aire a 20 °C y se calienta hasta los 80 °C, observando que el volumen que ocupa ahora ha aumentado hasta los 5,5 L. ¿Qué presión soporta ahora la pared del recipiente?

**Solución:**

$$\text{Aplicando } \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Leftrightarrow p_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{V_2 T_1} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 5 \text{ L} \cdot 353 \text{ K}}{5,5 \text{ L} \cdot 293 \text{ K}} = 1,1 \text{ atm}$$

## Actividad de refuerzo pág. 90

Sabemos que 14 g de un gas ocupan 26,5 L cuando nos encontramos a 50 °C y a 380 mmHg de presión. ¿Cuál es su masa molar? Compara los datos con la tabla de volúmenes molares y contesta si podrías hacer el problema sin usar calculadora ni hacer operaciones.

**Solución:**

Aplicando  $p V = n R T$  obtenemos  $n$ :

$$n = \frac{p V}{R T} = \frac{380 \text{ mmHg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} \cdot 26,5 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 323 \text{ K}} = 0,5 \text{ moles}$$

Para hallar la masa molecular:

$$1 \text{ mol} \cdot \frac{14 \text{ g}}{0,5 \text{ moles}} = 28 \text{ g}$$

En la Tabla, a 50 °C y 1 atm corresponden justo los litros que nos da el problema, por lo que si en el problema estamos a 0,5 atm es porque tenemos la mitad de un mol. Como tenemos 14 g, un mol serán 28 g.



## Actividad de refuerzo pág. 91

En una lista obtenida en el laboratorio, al trabajar con gases biatómicos correspondientes a elementos químicos, tenemos los siguientes datos:

Gas A: densidad 1,246 g/L a 40 °C y 1 atm.

Gas B: densidad 1,706 g/L a 27 °C y 1,5 atm.

Gas C: densidad 2,536 g/L a 0 °C y a 0,8 atm.

Utilizando una tabla de masas atómicas, descubre cuál es cada uno de los gases de la lista.

**Solución:**

Aplicando  $pV = nRT$  y sustituyendo  $n$  por  $m/M_m$  y despejando  $M_m$  sustituyendo  $m/V$  por densidad:

$$M_m = \frac{dRT}{p}$$

$$\text{Gas A: } M_m = \frac{1,246 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 313 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}. \text{ Es oxígeno}$$

$$\text{Gas B: } M_m = \frac{1,706 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 300 \text{ K}}{1,5 \text{ atm}} = 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}. \text{ Es nitrógeno}$$

$$\text{Gas C: } M_m = \frac{2,536 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 273 \text{ K}}{0,8 \text{ atm}} = 71 \frac{\text{g}}{\text{mol}}. \text{ Es cloro}$$

## Actividad de ampliación pág. 92

Al medir la presión que ejerce una mezcla de oxígeno y vapor de agua a 180 °C sobre las paredes de un recipiente de 5 L de capacidad, comprobamos que vale 1,26 atm, mientras que si lo medimos a 40 °C el valor de la presión es 0,57 atm. ¿Cuál es la fracción molar del oxígeno en la mezcla? ¿Cuántos gramos hay de cada componente dentro del recipiente?

**Solución:**

A 180 °C el oxígeno y el vapor de agua se encuentran en estado gaseoso, por lo que ambos crean presión:

$$p_T V_T = n_T R T$$

$$n_T = \frac{p_T V_T}{R T} = \frac{1,26 \text{ atm} \cdot 5 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 453 \text{ K}} = 0,17 \text{ moles}$$

A 40 °C, sólo el O<sub>2</sub> crea presión, por lo que:

$$n_{O_2} = \frac{p_{O_2} V_{O_2}}{R T} = \frac{0,57 \text{ atm} \cdot 5 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 313 \text{ K}} = 0,11 \text{ moles}$$

Por tanto:

$$X_{O_2} = \frac{X_{O_2}}{X_{\text{totales}}} = \frac{0,11 \text{ moles}}{0,17 \text{ moles}} = 0,65 = 65\%$$

$$n = 0,11 \text{ moles de } O_2 \cdot \frac{32 \text{ g de } O_2}{1 \text{ mol de } O_2} = 3,5 \text{ g de } O_2$$

$$n = 0,06 \text{ moles de } H_2O \cdot \frac{18 \text{ g de } H_2O}{1 \text{ mol de } H_2O} = 1,1 \text{ g de } H_2O$$

## Actividad de refuerzo pág. 94

Halla la composición centesimal del KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> —dihidrógenotetraoxofosfato (V) de potasio— [antiguamente, fosfato diácido de potasio].

**Datos:**  $M_{at}$  H = 1 ; O = 16 ; P = 30,9 ; K = 39,1

**Solución:**

El total de la masa de la molécula es:

$$M_{mol} = 39,1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 30,9 \cdot 1 + 16 \cdot 4 = 136$$

Por lo que la composición centesimal es:

$$K: 39,1 \cdot 1/136 \times 100\% = 28,7\%$$

$$H: 1 \cdot 2/136 \times 100\% = 1,5\%$$

$$P: 30,9 \cdot 1/136 \times 100\% = 22,7\%$$

$$O: 16 \cdot 4/136 \times 100\% = 47,1\%$$

## Actividad de ampliación pág. 94

Calcula la masa molecular correspondiente a la fórmula empírica de un compuesto con la siguiente composición centesimal: K, 15,1%; Al, 10,5%; S, 24,8% y O, 49,6%.

**Datos:**  $M_{at}$  O = 16 ; Al = 26,9 ; S = 32 ; K = 39,1

**Solución:**

$$\frac{15,1 \text{ g de K}}{100 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ mol de át. de K}}{39,1 \text{ g de K}} = 0,0039 \text{ át. de K}$$

$$\frac{10,5 \text{ g de Al}}{100 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ mol de át. de Al}}{26,9 \text{ g de Al}} = 0,0039 \text{ át. de Al}$$

$$\frac{24,8 \text{ g de S}}{100 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ mol de át. de S}}{32 \text{ g de S}} = 0,0078 \text{ át. de S}$$

$$\frac{49,6 \text{ g de O}}{100 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ mol de át. de O}}{16 \text{ g de O}} = 0,031 \text{ át. de O}$$

Dividiendo todos los valores por 0,0039 para convertirlos en enteros, nos queda:



## Evaluación

1. Escribe las tres leyes ponderales más importantes, comentando quién las enunció.

**Solución:**

Pregunta teórica donde deben responder a:

Ley de conservación de la masa de Lavoisier;

Ley de las proporciones definidas de Proust;

Ley de las proporciones múltiples de Dalton.



2. Calcula el número de moléculas, átomos y moles que hay en 8 g de oxígeno gas y la masa en gramos y umas de 0,2 moles de nitrógeno gas, sabiendo que ambos gases son biatómicos.

**Datos:**  $M_{\text{at}}$  N = 14; O = 16

**Solución:**

$$8 \text{ g de O}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol de O}_2}{32 \text{ g de O}_2} = 0,25 \text{ moles de O}_2$$

$$0,25 \text{ moles de O}_2 \cdot \frac{6 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de O}_2}{1 \text{ mol de O}_2} = 1,5 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de O}_2$$

$$1,5 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de O}_2 \cdot \frac{2 \text{ átomos de O}}{1 \text{ molécula de O}_2} = 3 \cdot 10^{23} \text{ átomos de O}$$

$$0,2 \text{ moles de N}_2 \cdot \frac{28 \text{ g}}{1 \text{ mol de N}_2} = 5,6 \text{ g}$$

$$5,6 \text{ g} \cdot \frac{6 \cdot 10^{23} \text{ umas}}{1 \text{ g}} = 3,3 \cdot 10^{24} \text{ umas}$$

$$\text{o } 0,2 \text{ moles de N}_2 \cdot \frac{6 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de N}_2}{1 \text{ mol de N}_2} \cdot \frac{28 \text{ umas}}{1 \text{ molécula de N}_2} = 3,3 \cdot 10^{24} \text{ umas}$$

3. Una determinada cantidad de un gas ideal, que se encuentra a una presión de 0,2 atm y una temperatura de 35 °C, ocupa un volumen de 17 L. Mediante dos procesos seguidos, primero se aumenta la presión hasta 700 mmHg —manteniendo constante la temperatura— y luego se eleva la temperatura hasta 210 °C —manteniendo constante la presión—. ¿Cuál será el volumen que ocupa al final el gas? ¿Cuántos moles de gas tenemos?

**Datos:**  $R = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

**Solución:**

Sería interesante que se hubieran dado cuenta de que la solución se puede hacer en un solo paso:

$$\begin{aligned} \frac{p_1 V_1}{T_1} &= \frac{p_2 V_2}{T_2} \Leftrightarrow V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{p_2 T_1} = \\ &= \frac{0,2 \text{ atm} \cdot 17 \text{ L} \cdot 483 \text{ K}}{700 \text{ mmHg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} \cdot 308 \text{ K}} = 5,79 \text{ L} \end{aligned}$$

$$p_1 V_1 = n R T_1 \Leftrightarrow n = \frac{p_1 V_1}{R T_1} = \frac{0,2 \text{ atm} \cdot 17 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 308 \text{ K}} = 0,13 \text{ moles}$$

4. Calcula la proporción centesimal en la que se encuentran los distintos elementos que componen el etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ).

**Datos:**  $M_{\text{at}}$  H = 1; C = 12; O = 16

**Solución:**

La  $M_{\text{mol}}$  del etanol es:

$$12 \cdot 2 + 1 \cdot 5 + 16 \cdot 1 + 1 \cdot 1 = 46 \text{ u/molécula}$$

$$\text{C: } 2 \text{ átomos de carbono} \cdot \frac{12 \text{ u}}{1 \text{ átomo de carbono}} \cdot \frac{100\%}{46 \text{ u}} = 52,2\%$$

$$\text{H: } 6 \text{ átomos de hidrógeno} \cdot \frac{1 \text{ u}}{1 \text{ átomo de hidrógeno}} \cdot \frac{100\%}{46 \text{ u}} = 13,0\%$$

$$\text{O: } 1 \text{ átomo de oxígeno} \cdot \frac{16 \text{ u}}{1 \text{ átomo de oxígeno}} \cdot \frac{100\%}{46 \text{ u}} = 34,8\%$$

5. Calcula la masa molecular de un gas, sabiendo que su densidad es 1,96 g/L en condiciones normales.

De la ecuación  $pV = nRT$ , se puede hallar  $n$ :

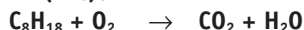
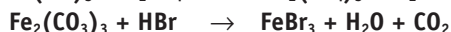
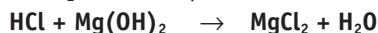
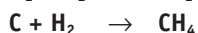
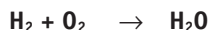
$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 1 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 273 \text{ K}} = 0,0447 \text{ moles}$$

$$\text{Como } n = \frac{m}{M_{\text{mol}}} \Leftrightarrow M_{\text{mol}} = \frac{m}{n} = \frac{1,96 \text{ g}}{0,0447 \text{ moles}} \approx 44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

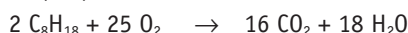
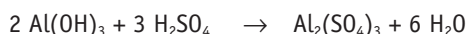


### ■ Actividad de refuerzo pág. 115

Ajusta las siguientes reacciones químicas:



**Solución:**



### ■ Actividad de refuerzo pág. 117

De los siguientes factores de conversión, di cuáles son los interactivos y los unitarios y, entre éstos, di cuáles son correctos y cuáles falsos.

$$\frac{1 \text{ mol de AgCl}}{108,3 \text{ g de AgCl}}; \frac{3 \text{ moles de O}_2}{2 \text{ moles de KClO}_3}$$

$$\frac{1 \text{ mol de Ag}_2\text{SO}_4}{2 \text{ mol de AgCl}}; \frac{20 \text{ L de O}_2}{100 \text{ L de aire}}$$

$$\frac{311,6 \text{ g de Ag}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol de Ag}_2\text{SO}_4}; \frac{12 \text{ g de C}}{1 \text{ mol de C}}$$

$$\frac{24,2 \text{ L de gas en cm}}{1 \text{ mol de gas}}; \frac{201,8 \text{ g de ZnCl}_2}{2 \text{ moles de ZnCl}_2}$$

$$\frac{1 \text{ mol de KClO}_3}{22,6 \text{ g de KClO}_3}; \frac{1 \text{ mol de Ag}_2\text{SO}_4}{2 \text{ moles de AgCl}}$$

**Solución:**

$$\frac{1 \text{ mol de AgCl}}{108,3 \text{ g de AgCl}}: \text{Unitario. Es falso. Son } 134,3 \text{ g.}$$

$$\frac{3 \text{ mol de O}_2}{2 \text{ moles de KClO}_3}: \text{Interactivo.}$$

$$\frac{1 \text{ mol de Ag}_2\text{SO}_4}{2 \text{ moles de AgCl}}: \text{Interactivo.}$$

$$\frac{20 \text{ L de O}_2}{100 \text{ L de aire}}: \text{Interactivo.}$$

$$\frac{311,6 \text{ g de Ag}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol de Ag}_2\text{SO}_4}: \text{Unitario. Es correcto.}$$

$$\frac{12 \text{ g de C}}{1 \text{ mol de C}}: \text{Unitario. Es correcto.}$$

$$\frac{24,2 \text{ L de gas en cm}}{1 \text{ mol de gas}}: \text{Unitario. Es falso. Son } 22,4 \text{ L.}$$

$$\frac{201,8 \text{ g de ZnCl}_2}{2 \text{ moles de ZnCl}_2}: \text{Unitario. Es correcto. Se puede simplificar.}$$

$$\frac{1 \text{ mol de KClO}_3}{22,6 \text{ g de KClO}_3}: \text{Unitario. Es falso. Son } 122,6 \text{ g.}$$

$$\frac{1 \text{ mol de Ag}_2\text{SO}_4}{2 \text{ moles de AgCl}}: \text{Interactivo.}$$

Se les debe recordar que no podemos afirmar que un factor de conversión interactivo es falso o no, porque depende de la reacción o condiciones en las que estemos.

### ■ Actividad de ampliación pág. 118

Queremos obtener 100 g de AgCl —cloruro de plata— y para ello mezclamos en disolución acuosa Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> —tetraoxosulfato (VI) de plata— y ZnCl<sub>2</sub> —cloruro de zinc—. Sabemos que el rendimiento de la reacción es del 86% y que el sulfato de plata es de una riqueza del 70%. ¿Qué cantidad debemos gastar de cada reactivo?

**Datos:**  $M_{\text{at}} \text{ O} = 16; \text{ S} = 32; \text{ Cl} = 35,5; \text{ Zn} = 65,4; \text{ Ag} = 107,8$

**Solución:**

Escribimos la ecuación y la ajustamos:



Resolvemos el problema por factores de conversión:

$$100 \text{ g de AgCl obtenidos} \cdot \frac{100 \text{ g de AgCl teóricos}}{86 \text{ g de AgCl obtenidos}} \cdot \frac{1 \text{ mol de AgCl}}{143,3 \text{ g de AgCl}} \cdot \frac{1 \text{ mol de Ag}_2\text{SO}_4}{2 \text{ moles de AgCl}} \cdot \frac{311,6 \text{ g de Ag}_2\text{SO}_4 \text{ puro}}{1 \text{ mol de Ag}_2\text{SO}_4} \cdot \frac{100 \text{ g de Ag}_2\text{SO}_4 \text{ reactivo}}{70 \text{ g de Ag}_2\text{SO}_4 \text{ puro}} = 180 \text{ g de Ag}_2\text{SO}_4 \text{ reactivo}$$

$$100 \text{ g de AgCl obtenidos} \cdot \frac{100 \text{ g de AgCl teóricos}}{86 \text{ g de AgCl obtenidos}} \cdot \frac{1 \text{ mol de AgCl}}{143,3 \text{ g de AgCl}} \cdot \frac{1 \text{ mol de ZnCl}_2}{2 \text{ moles de AgCl}} \cdot \frac{100,9 \text{ g de ZnCl}_2}{1 \text{ mol de ZnCl}_2} = 41 \text{ g de ZnCl}_2$$

### ■ Actividad de ampliación pág. 119

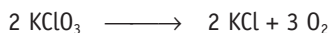
En la reacción de descomposición del KClO<sub>3</sub> —trioxoclorato (V) de potasio (clorato potásico)— se obtiene KCl —cloruro de potasio— y oxígeno. Si tenemos un clorato potásico comercial del

56 % y el rendimiento de la reacción es del 84 %, calcula la presión a la que se encuentra el oxígeno obtenido al descomponer 45 g de  $\text{KClO}_3$  si lo guardamos en una botella metálica de 5 L de capacidad a 20 °C.

**Datos:**  $M_{\text{at}}$  O = 16; Cl = 35,5; K = 39,1

**Solución:**

Escribimos la ecuación y la ajustamos:



Resolvemos el problema por factores de conversión:

$$45 \text{ g de KClO}_3 \text{ com.} \cdot \frac{56 \text{ g de KClO}_3 \text{ puro}}{100 \text{ g de KClO}_3 \text{ com.}} \cdot \frac{1 \text{ mol de KClO}_3}{122,6 \text{ g de KClO}_3} \cdot \frac{3 \text{ moles de O}_2 \text{ teóricos}}{2 \text{ mol de KClO}_3} \cdot \frac{84 \text{ moles de O}_2 \text{ reales}}{100 \text{ moles de O}_2 \text{ teóricos}} = 0,26 \text{ moles de O}_2 \text{ gas reales.}$$

Aplicando  $pV = nRT$ :

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{0,26 \text{ moles} \cdot 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 293 \text{ K}}{5 \text{ L}} = 1,25 \text{ atm}$$

## Actividad de ampliación pág. 120

En la reacción de combustión de la gasolina ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ) se consume oxígeno y se forma dióxido de carbono y agua. En un recipiente metálico de 5 L que contiene gasolina y aire y capaz de resistir presiones y temperaturas altas sin deformarse, se inicia la combustión de ésta. ¿Qué volumen de  $\text{CO}_2$  y de agua vapor se obtiene en la combustión? ¿Cuál es la presión final en el recipiente cuando termina la combustión si inicialmente era de 1 atm? ¿Cuál será la presión en el interior del recipiente cuando descienda hasta alcanzar la temperatura inicial?

**Datos:** Temperatura final de la combustión = 700 °C. Temperatura inicial = 20 °C. Proporción de oxígeno en el aire = 20 %.

**Solución:**

A pesar del enunciado difícil que tiene el problema, la solución es muy fácil y nos sirve para demostrar a los alumnos que deben leer y entender bien los enunciados antes de hacer un problema.

Debemos ajustar la reacción de combustión:



Resolvemos el problema utilizando los litros directamente en vez de los moles:

$$5 \text{ L de aire} \cdot \frac{20 \text{ L de O}_2}{100 \text{ L de aire}} \cdot \frac{16 \text{ L de CO}_2}{25 \text{ L de O}_2} = 0,64 \text{ L de CO}_2$$

$$5 \text{ L de aire} \cdot \frac{20 \text{ L de O}_2}{100 \text{ L de aire}} \cdot \frac{18 \text{ L de H}_2\text{O vapor}}{25 \text{ L de O}_2} = 0,72 \text{ L de H}_2\text{O vapor}$$

A 20 °C tendremos el resto del aire (4 L) y los 0,64 L de  $\text{CO}_2$  en forma de gas, puesto que el agua es líquida, o sea, 4,64 L de gas. Como inicialmente teníamos 5 L contenidos a 1 atm, si sólo nos quedan 4,64 L, la presión habrá disminuido, ya que hay menos gas:

$$4,64 \text{ L de gas} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{5 \text{ L de gas}} = 0,93 \text{ atm a } 20 \text{ °C}$$

A 700 °C tendremos el resto del aire (4 L), los 0,64 L de  $\text{CO}_2$  y los 0,72 L de  $\text{H}_2\text{O}$  en forma de gas, o sea, 5,36 L de gas. Como inicialmente teníamos 5 L contenidos en un recipiente a 1 atm y 20 °C, si los lleváramos a 700 °C, la presión sería:

$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_f}{T_f} \Leftrightarrow p_f = \frac{p_0 T_f}{T_0} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 973 \text{ K}}{293 \text{ K}} = 3,32 \text{ atm a } 700 \text{ °C}$$

Por lo tanto:

$$5,64 \text{ L de gas} \cdot \frac{3,32 \text{ atm}}{5 \text{ L de gas}} = 3,74 \text{ atm a } 700 \text{ °C}$$

(Si hacen el cálculo de la gasolina consumida, unos 10 g, verán que es una cantidad tan despreciable que no es necesario tener en cuenta su existencia a efectos de volumen.)

## Actividad de ampliación pág. 121

En una habitación de 10 m<sup>2</sup> y con una altura de 2,70 m, inicialmente a 20 °C, 1 atm y sin ningún objeto en su interior, introducimos 20 kg de carbón que prendemos. Salimos y cerramos herméticamente todas las rendijas. Cuando se detenga la combustión, ¿cuánto carbón quedará sin arder?

**Datos:** El aire tiene un 20 % de oxígeno. Despreciar el efecto de volumen del carbón.

**Solución:**

La reacción que tiene lugar es:



Si la reacción está limitada por el oxígeno, debemos calcular cuánto carbón arderá.

$$V = S h = 10 \text{ m}^2 \cdot 2,70 \text{ m} = 27 \text{ m}^3$$

De éstos, el 20 % es oxígeno, por lo que:

$$27 \text{ m}^3 \text{ de aire} \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{20 \text{ L de O}_2}{100 \text{ L de aire}} = 5400 \text{ L de O}_2$$

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 5400 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 293 \text{ K}} = 225 \text{ moles de O}_2$$

$$225 \text{ mol de O}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol de C}}{1 \text{ mol de O}_2} \cdot \frac{12 \text{ g de C}}{1 \text{ mol de C}} = 2,7 \text{ kg de C}$$

Como inicialmente había 20 kg, quedan sin arder 20 kg - 2,7 kg = 17,3 kg de carbón.

## Actividad de refuerzo pág. 122

Calcula la molaridad y la normalidad de una disolución formada al añadir 15 g de cada una de las siguientes sustancias en 100 mL de agua.

**Datos:**  $M_{\text{at}}$  H = 1; O = 16; Na = 23; S = 32



a)  $\text{H}_2\text{SO}_4$     b)  $\text{NaOH}$     c)  $\text{H}_2\text{S}$ 
**Solución:**

$$a) M = \frac{m_{\text{soluta}}}{M_{\text{mol soluto}} V} = \frac{15 \text{ g}}{98 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 100 \text{ mL} \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}} = 1,5 \text{ M}$$

$$N = \frac{m_{\text{soluta}} a}{M_{\text{mol soluto}} V} = \frac{15 \text{ g} \cdot 2 \frac{\text{eq}}{\text{mol}}}{98 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,1 \text{ L}} = 3,1 \text{ N}$$

$$b) M = \frac{m_{\text{soluta}}}{M_{\text{mol soluto}} V} = \frac{15 \text{ g}}{40 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 100 \text{ mL} \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}} = 3,7 \text{ M}$$

$$N = \frac{m_{\text{soluta}} a}{M_{\text{mol soluto}} V} = \frac{15 \text{ g} \cdot 1 \frac{\text{eq}}{\text{mol}}}{40 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,1 \text{ L}} = 3,7 \text{ N}$$

$$c) M = \frac{m_{\text{soluta}}}{M_{\text{mol soluto}} V} = \frac{15 \text{ g}}{34 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 100 \text{ mL} \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}} = 4,4 \text{ M}$$

$$N = \frac{m_{\text{soluta}} a}{M_{\text{mol soluto}} V} = \frac{15 \text{ g} \cdot 2 \frac{\text{eq}}{\text{mol}}}{34 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,1 \text{ L}} = 8,8 \text{ N}$$

### Actividad de ampliación pág. 123

En una vitrina vemos un ácido sulfúrico marcado como 10 N y sabemos que se ha usado para reacciones ácido-base. ¿Cuántos gramos de ácido sulfúrico habrá en una probeta que contiene 25 mL de éste ácido?

Si se utiliza este ácido en una reacción redox en la que se transforma en ion sulfuro (intercambio de 8 electrones), ¿cuál será ahora su normalidad?

**Solución:**

El ácido sulfúrico actúa con un valor de  $a$  igual a 2 en las reacciones ácido-base:

$$N = \frac{m_{\text{soluta}} a}{M_{\text{mol soluto}} V} \Rightarrow m_{\text{soluta}} = \frac{M_{\text{mol soluto}} V N}{a} = \frac{98 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 25 \text{ mL} \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \cdot 10 \frac{\text{eq} - \text{g}}{\text{L}}}{2 \text{ eq} - \text{g/mol}} = 12 \text{ g}$$

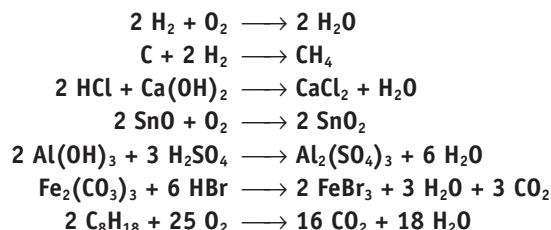
Calculamos la molaridad del ácido:

$$M = \frac{N}{a} = \frac{10 \text{ eq} - \text{g/L}}{2 \text{ eq} - \text{g/mol}} = \frac{5 \text{ moles}}{\text{L}} = 5 \text{ M}$$

Y ahora la nueva normalidad teniendo en cuenta que  $a$  vale 8, que es el número de electrones intercambiados:

$$N = M a = 5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 8 \frac{\text{eq} - \text{g}}{\text{mol}} = 40 \text{ N}$$

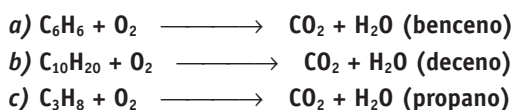
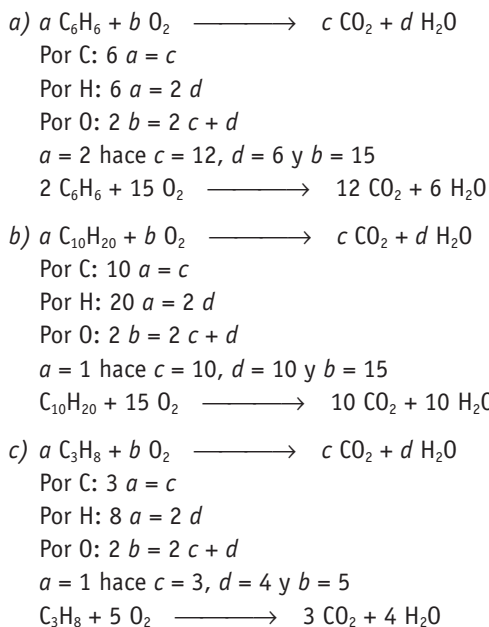
### Actividad de refuerzo pág. 126

**Clasificar las siguientes reacciones químicas:**

**Solución:**

$2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$	Descomposición
$\text{C} + 2 \text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_4$	Síntesis
$2 \text{HCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	Sustitución (neutral.)
$2 \text{SnO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{SnO}_2$	Síntesis
$2 \text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6 \text{H}_2\text{O}$	Sustitución (neutral.)
$\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3 + 6 \text{HBr} \longrightarrow 2 \text{FeBr}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{CO}_2$	Sust. y descomposición
$2 \text{C}_8\text{H}_{18} + 25 \text{O}_2 \longrightarrow 16 \text{CO}_2 + 18 \text{H}_2\text{O}$	Sustitución (combustión)

### Actividad de refuerzo pág. 129

Ajusta las siguientes reacciones de combustión sin utilizar la fórmula del libro, y luego comprueba el resultado utilizándola:

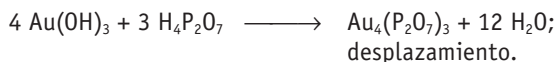
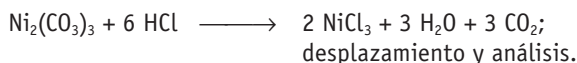
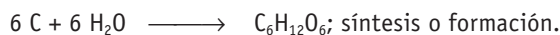

**Solución:**


## Evaluación

1. Ajusta las siguientes reacciones químicas, indicando además de qué tipo de reacción se trata.



Solución:



2. Calcula la concentración en g/L y la molaridad de una disolución de hidróxido sódico (NaOH) al 15 % en masa, que tiene una densidad de 1,12 g/mL.

Datos:  $M_{\text{at}}$  H = 1; Na = 23; O = 16

Tomamos 1 litro de dicha disolución. Tenemos por tanto:

$$1 \text{ L de disolución} \cdot \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{1,12 \text{ g}}{1 \text{ mL}} \cdot \frac{15 \text{ g de NaOH}}{100 \text{ g de disolución}} = \\ = 168 \text{ g de NaOH}$$

La concentración del hidróxido sódico es 168 g/L.

$$\frac{168 \text{ g de NaOH}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{1 \text{ mol de NaOH}}{40 \text{ g de NaOH}} = 4,2 \text{ M}$$

3. Tenemos 25 mL de una disolución de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 3 M. ¿Qué volumen de una disolución 0,5 N de KOH hay que añadirle para producir la neutralización completa del ácido?

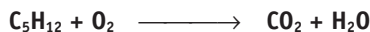
Para resolver el problema necesitamos conocer la concentración normal del  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Como el ácido es capaz de intercambiar 2 protones,  $a$  vale 2.

$$N = M a = 3 \text{ M} \cdot 2 \text{ equivalentes/mol} = 6 \text{ N}$$

Aplicamos la fórmula  $V N = V' N'$

$$25 \text{ mL} \cdot 6 \text{ N} = V' \cdot 0,5 \text{ N, de donde } V' = 300 \text{ mL de KOH}$$

4. En la reacción de combustión del pentano con oxígeno se forma  $\text{CO}_2$  y agua.



Ajusta la reacción y contesta:

- a) ¿Cuántos gramos de agua se obtienen al quemar completamente 160 g de pentano?  
 b) ¿Cuántos litros de oxígeno, medidos a 720 mmHg de presión y 22 °C, se necesitan para producir la combustión?  
 c) ¿Cuántos litros de  $\text{CO}_2$ , medidos en las mismas condiciones, se obtendrán?



$$a) 160 \text{ g de C}_5\text{H}_{12} \cdot \frac{1 \text{ mol de C}_5\text{H}_{12}}{72 \text{ g de C}_5\text{H}_{12}} \cdot \frac{6 \text{ moles de H}_2\text{O}}{1 \text{ mol de C}_5\text{H}_{12}} \cdot \\ \cdot \frac{18 \text{ g de H}_2\text{O}}{1 \text{ mol de H}_2\text{O}} = 240 \text{ g de H}_2\text{O}$$

$$b) 160 \text{ g de C}_5\text{H}_{12} \cdot \frac{1 \text{ mol de C}_5\text{H}_{12}}{72 \text{ g de C}_5\text{H}_{12}} \cdot \frac{8 \text{ moles de O}_2}{1 \text{ mol de C}_5\text{H}_{12}} = \\ = 17,8 \text{ moles de O}_2$$

$$p V = n R T \Leftrightarrow V = \frac{n R T}{p} =$$

$$\frac{17,8 \text{ moles de O}_2 \cdot 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 295 \text{ K}}{720 \text{ mmHg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}}} = 455 \text{ L de O}_2$$

- c) Partiendo de que las reacciones están ajustadas tanto en moles como en litros:

$$455 \text{ L de O}_2 \cdot \frac{5 \text{ L de CO}_2}{8 \text{ L de O}_2} = 284 \text{ L de CO}_2$$

5. En la reacción química:

$\text{Ni}_2(\text{CO}_3)_3 + \text{HCl} \longrightarrow \text{NiCl}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  se desprenden 24 litros de  $\text{CO}_2$ , en condiciones normales, cuando se hacen reaccionar 120 g de  $\text{Ni}_2(\text{CO}_3)_3$  puro con la cantidad necesaria de HCl.

- a) ¿Cuál es el rendimiento de la reacción?

- b) Si el rendimiento hubiera sido del 100%, ¿cuántos moles de HCl habríamos necesitado gastar?

Datos:  $M_{\text{at}}$  Ni = 58,7; O = 16; C = 12; Cl = 35,5; H = 1

Primero hay que ajustar la reacción:



- a) Se han formado:  $p V = n R T \Leftrightarrow$

$$\Leftrightarrow n = \frac{p V}{R T} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 24 \text{ L de CO}_2}{0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 273 \text{ K}} = 1,07 \text{ moles de CO}_2$$

$$\text{Se necesitan } 1,07 \text{ moles de CO}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol de Ni}_2(\text{CO}_3)_3}{3 \text{ moles de CO}_2} =$$

$$\cdot \frac{297,4 \text{ g de Ni}_2(\text{CO}_3)_3}{1 \text{ mol de Ni}_2(\text{CO}_3)_3} = 106 \text{ g de Ni}_2(\text{CO}_3)_3$$

Como partíamos de 120 g, el rendimiento es 106 g de  $\text{Ni}_2(\text{CO}_3)_3$ .

$$\cdot \frac{100\%}{120 \text{ g de Ni}_2(\text{CO}_3)_3} = 88,3\%$$

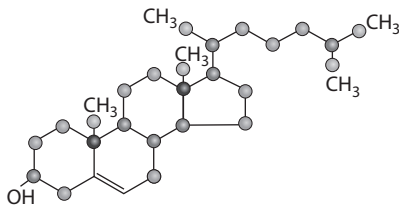
$$b) \text{ Se hubieran necesitado } 1,07 \text{ moles de CO}_2 \cdot \frac{6 \text{ moles de HCl}}{3 \text{ moles de CO}_2} = \\ = 2,14 \text{ moles de HCl}$$

## Actividad de refuerzo pág. 150

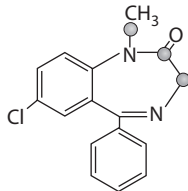
Entre los carbonos que no tengan enlaces múltiples, localiza los primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios de las moléculas de colesterol (Fig. Actividad 2), diazepam (Fig. 4.8) y prostaglandina PGE2 (Fig. 4.7).

### Solución:

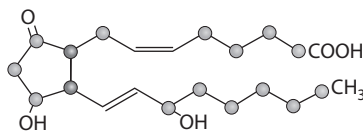
El colesterol tiene 2 carbonos cuaternarios (en color rojo), 6 terciarios (en rosa), 12 secundarios (en verde) y 5 primarios (en azul). Además, tiene 2 carbonos con enlace múltiple.



El diazepam estrictamente no tiene ningún carbono que sea primario puro (tiene uno que consideramos primario porque va unido a un nitrógeno que forma parte de la cadena (en azul) y 2 secundarios (pero también unidos a nitrógenos, en verde). Además, tiene 13 carbonos con enlace múltiple (12 de ellos aromáticos) y no tiene ni terciarios ni cuaternarios.

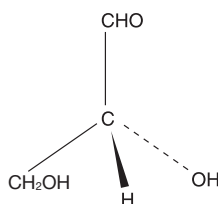


La prostaglandina tiene 2 terciarios (en rosa), 12 secundarios (en verde) y 2 primarios (en azul). Además, tiene 4 carbonos con enlace múltiple y no tiene cuaternarios.



## Actividad de refuerzo pág. 151

Escribe todos los tipos de fórmulas que se correspondan con la siguiente molécula:

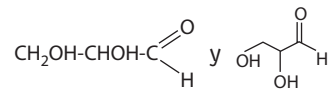


### Solución:

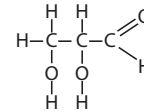
Fórmula empírica:  $(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_n$

Fórmula molecular:  $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3$

Fórmulas semidesarrolladas:  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CHO}$ ,



Fórmula desarrollada:



Fórmula espacial: La del enunciado de la Actividad de refuerzo.

## Actividad de ampliación pág. 152

Al quemar una muestra de una sustancia orgánica pura en exceso de oxígeno, observamos que la masa de agua obtenida es el 20,5% de la masa de  $\text{CO}_2$  resultante. ¿Cuál es la fórmula empírica del compuesto que hemos quemado? ¿Qué posibles fórmulas se te ocurren para él?

Si transformamos en gas 7,8 g de este compuesto a  $90^\circ\text{C}$  dentro de una botella hermética e inextensible de 2 L, observamos que la presión es de 1,49 atm. ¿Cuál es la fórmula de dicho compuesto? ¿De qué compuesto se trata? Búscalo en Internet.

### Solución:

Como el agua obtenida es el 20,5% de la cantidad de  $\text{CO}_2$ , podemos suponer que tenemos 20,5 g de agua y 100 g de  $\text{CO}_2$ .

De los 20,5 g de agua, serían de hidrógeno:

$$20,5 \text{ g de agua} \cdot \frac{2 \text{ g de H}}{18 \text{ g de agua}} = 2,28 \text{ g de H}$$

$$2,28 \text{ g de hidrógeno} \cdot \frac{1 \text{ mol de át. de H}}{1 \text{ g de H}} = 2,28 \text{ mol át. de H}$$

De los 100 g de  $\text{CO}_2$ , serían de C:

$$100 \text{ g de CO}_2 \cdot \frac{12 \text{ g de C}}{44 \text{ g de CO}_2} = 27,3 \text{ g de C}$$

$$27,3 \text{ g de C} \cdot \frac{1 \text{ mol de át. de C}}{12 \text{ g de C}} = 2,27 \text{ mol át. de C}$$

Por lo que hay en el compuesto el mismo número de átomos de hidrógeno que de carbono.

La fórmula será, por tanto,  $(\text{CH})_n$ .

Con esa fórmula, está el etino ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ), el butenino, el ciclobutino y el butatrieno ( $\text{C}_4\text{H}_4$ ) y el benceno ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ). Hay otros, pero son muy complejos.

Por los datos que nos dan, y aplicando la ecuación de los gases perfectos,  $pV = nRT$ ,

$1,49 \text{ atm} \cdot 2 \text{ L} = n \cdot 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 363 \text{ K}$ , obtenemos que en esas condiciones el número de moles es 0,1, por lo que, como teníamos 7,8 g, la masa molecular es 78 g, correspondiendo a la fórmula  $\text{C}_6\text{H}_6$ , que es la del benceno.

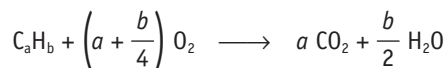
## Actividad de ampliación pág. 157

Cuando quemamos completamente una muestra de 3,500 g de un hidrocarburo en un exceso de oxígeno y luego eliminamos el

sobran de éste, obtenemos que los productos de la reacción ( $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ ) tienen una masa conjunta de 16,23 g. ¿Cuál es la fórmula empírica del compuesto? ¿De qué compuesto se trata?

#### Solución:

La reacción química que se produce es:



La masa molecular del compuesto es  $12a + b$ , por lo que de cada  $12a + b$  g del hidrocarburo se obtienen  $44a + 9b$  g de productos.

$$12a + b = 3,500 \quad \text{y} \quad 44a + 9b = 16,23$$

Despejando:  $b = 3,500 - 12a$

Sustituyendo:  $44a + 9 \cdot (3,5 - 12a) = 16,23$

$$a = 0,2386 \quad \text{y} \quad b = 0,6369$$

dividiendo por el más pequeño

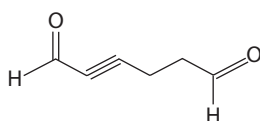
$$a = 1 \quad \text{y} \quad b = 8/3$$

Es el  $\text{C}_3\text{H}_8$ , o un múltiplo de él. Como no existe, porque con ese número de carbonos (6,...) no puede haber tantos hidrógenos (16,...), es el  $\text{C}_3\text{H}_8$ , que es el propano.

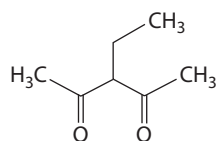
### ■ Actividad de ampliación pág. 165

Dibuja la fórmula de líneas de los siguientes compuestos: 2-hexinodial, 3-etilpentanodiona, formil-butanodial y 3-ciclohexenona.

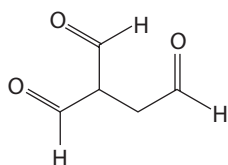
#### Solución:



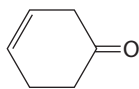
2-hexinodial



3-etilpentanodiona



2-formilbutanodial  
(Formilbutanodial)



3-ciclohexenona

### ■ Actividad de ampliación pág. 174

¿Cuántos isómeros de fórmula  $\text{C}_4\text{H}_7\text{OBr}$  de cadena abierta eres capaz de encontrar? (Sólo pueden tener funciones que hayas estudiado en esta Unidad y excluye los éteres.) Nombra todos los que puedas y encuentra al menos un par de compuestos para cada una de los tipos de isomería que hemos presentado.

**Data:** Ten en cuenta que no existen compuestos químicos que tengan en el mismo carbono un grupo alcohol y un doble enlace.

#### Solución:

$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHBr-CHO}$	2-bromobutanal
$\text{CH}_3\text{-CHBr-CH}_2\text{-CHO}$	3-bromobutanal
$\text{CH}_2\text{Br-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CHO}$	4-bromobutanal
$\text{CH}_3\text{-C(CH}_3\text{)Br-CHO}$	2-bromo-2-metilpropanal
$\text{CH}_2\text{Br-C(CH}_3\text{)H-CHO}$	3-bromo-2-metilpropanal
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_2\text{Br}$	1-bromobutanona
$\text{CH}_3\text{-CHBr-CO-CH}_3$	3-bromobutanona
$\text{CH}_2\text{Br-CH}_2\text{-CO-CH}_3$	4-bromobutanona
$\text{CH}_3\text{-CH=CH-CHBrOH}$	1-bromobut-2-en-1-ol
$\text{CH}_3\text{-CH=CBr-CH}_2\text{OH}$	2-bromobut-2-en-1-ol
$\text{CH}_3\text{-CBr=CH-CH}_2\text{OH}$	3-bromobut-2-en-1-ol
$\text{CH}_2\text{Br-CH=CH-CH}_2\text{OH}$	4-bromobut-2-en-1-ol
$\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2\text{-CHBrOH}$	1-bromobut-3-en-1-ol
$\text{CH}_2=\text{CH-CHBr-CH}_2\text{OH}$	2-bromobut-3-en-1-ol
$\text{CH}_2=\text{CBr-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$	3-bromobut-3-en-1-ol
$\text{CHBr=CH-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$	4-bromobut-3-en-1-ol
$\text{CH}_2=\text{CH-CHOH-CH}_2\text{Br}$	1-bromobut-3-en-2-ol
$\text{CH}_2=\text{CH-CBrOH-CH}_3$	2-bromobut-3-en-2-ol
$\text{CH}_2=\text{CBr-CHOH-CH}_3$	3-bromobut-3-en-2-ol
$\text{CHBr=CH-CHOH-CH}_3$	4-bromobut-3-en-2-ol
$\text{CH}_2=\text{C(CH}_3\text{)-CHBrOH}$	1-bromo-2-metilprop-2-en-1-ol
$\text{CHBr=C(CH}_3\text{)-CH}_2\text{OH}$	4-bromo-2-metilprop-2-en-1-ol
$\text{CH}_2=\text{C(CH}_2\text{Br)-CH}_2\text{OH}$	2-(bromometil)prop-2-en-1-ol

Es muy interesante que observen que si no hubiéramos puesto la limitación de los éteres y las cadenas cerradas, el número de isómeros sería elevadísimo.

Presentan isomería de cadena el 4, 5, 21, 22 y 23, con sus equivalentes, al ser prop y no but la cadena principal.

Presentan isomería de posición los que, compartiendo el mismo nombre, tienen localizadores distintos.

Presentan isomería de función por un lado todos los aldehídos con. Por otro lado, todas las cetonas y con, por último, todos los enoles.

Isomería cis-trans presentan 9, 10, 11, 12, 16, 20 y 22.

Isomería óptica presentan 1, 2, 4, 5, 7, 9, 13, 14, 17, 18, 19, 20 y 21.

En total, hemos encontrado 45 isómeros (el 9 y el 20 son cuatro versiones distintas, al tener los dos tipos de isomería).

### ■ Evaluación

- Sabiendo que el compuesto  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$  es un alqueno no cíclico con un grupo alcohol en el carbono que no tiene dobles enlaces, escribe las fórmulas empírica, molecular, semidesarrollada y desarrollada de dicho compuesto. ¿Cómo se llama? ¿Tiene isómeros espaciales? ¿De qué tipo?

#### Solución:

Como tiene tres carbonos y en uno de ellos tiene un grupo alcohol y en los otros dos tiene un doble enlace, no hay más

posibilidades de que sea el 2-propen-1-ol, del que se puede prescindir de los números, ya que no hay lugar a error, y por lo tanto sería el propenol (no puede ir un grupo alcohol en un carbono con doble enlace, por ser forma resonante con aldehídos y cetonas).

Empírica y molecular	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O
Semidesarrollada	CH <sub>2</sub> =CH-CH <sub>2</sub> OH
Desarrollada	$  \begin{array}{c}  \text{H} & & \text{H} & & \text{H} \\  & \diagdown & & \diagup & \\  & \text{C} = \text{C} & & \text{C} & \\  & \diagup & & \diagdown & \\  \text{H} & & \text{H} & & \text{O} - \text{H} \\  & & & &   \\  & & & & \text{H}  \end{array}  $

No presenta isomería espacial, ni cis-trans, ni óptica.

2. ¿Cuál es la fórmula empírica y la molecular de un compuesto formado por un 54,5% de carbono, un 9,1% de hidrógeno y el resto de oxígeno? Si es un ácido sin ramificaciones, ¿cómo se llama?

Datos: 5 g del compuesto, en estado gaseoso, ocupan 2,33 L, a 177 °C y 0,9 atm de presión.

Solución:

Primero calculamos la masa molecular, que la obtenemos de la ley de los gases ideales:

$$pV = nRT \Leftrightarrow n = \frac{pV}{RT} = \frac{0,9 \text{ atm} \cdot 2,33 \text{ L}}{0,082 \cdot \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 450 \text{ K}} = 0,0568 \text{ moles}$$

$$\text{Como } n = \frac{m}{M_{\text{mol}}} \Leftrightarrow M_{\text{mol}} = \frac{m}{n} = \frac{5 \text{ g}}{0,0568 \text{ moles}} = 88 \text{ g/mol}$$

Ahora procedemos a ver cuántos átomos tiene de cada elemento en una molécula:

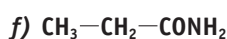
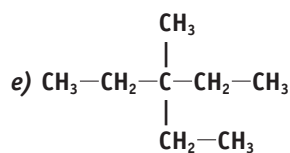
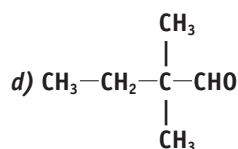
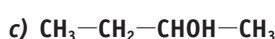
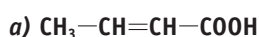
$$\frac{88 \text{ u}}{\text{molécula}} \cdot \frac{9,1 \text{ partes de hidrógeno}}{100 \text{ partes}} \cdot \frac{1 \text{ átomo de hidrógeno}}{1 \text{ u de hidrógeno}} = \frac{8 \text{ átomos de hidrógeno}}{\text{molécula}}$$

$$\frac{88 \text{ u}}{\text{molécula}} \cdot \frac{54 \text{ partes de carbono}}{100 \text{ partes}} \cdot \frac{1 \text{ átomo de carbono}}{12 \text{ u de carbono}} = \frac{2 \text{ átomos de carbono}}{\text{molécula}}$$

$$\frac{88 \text{ u}}{\text{molécula}} \cdot \frac{36,4 \text{ partes de oxígeno}}{100 \text{ partes}} \cdot \frac{1 \text{ átomo de oxígeno}}{16 \text{ u de oxígeno}} = \frac{2 \text{ átomos de oxígeno}}{\text{molécula}}$$

La fórmula molecular es C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>; la fórmula empírica es (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O)<sub>n</sub>, y el ácido es el ácido butanoico (butírico).

3. Nombra los siguientes compuestos orgánicos:



Solución:

a) ácido 2-butenico; b) 1,3-hexadieno; c) 2-butanol; d) 2,2-dimetilbutanal; e) 3-etil-3-metilpentano; f) propanoamida o propanamida.

4. Rellena el siguiente cuadro:

Compuesto	Grupo	Sufijo
Alcanos	$\begin{array}{c}   \\ -\text{C}- \\   \end{array}$	
Alquenos		
Alquinos		
Alcohol		-ol
Aldehído		
Cetona		
Ácido		
Amina		
Amida		
Derivado halogenado		

Solución:

Dejamos el grupo alcano y el -ol para que sepan qué es lo que pedimos.

Compuesto	Grupo	Sufijo
Alcanos	$\begin{array}{c}   \\ -\text{C}- \\   \end{array}$	-ano
Alquenos	$\text{>C=C<}$	-eno
Alquinos	-C≡C-	-ino
Alcohol	-O-H	-ol
Aldehído	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$	-al
Cetona	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ -\text{C}- \end{array}$	-ona



### ■ Actividad de refuerzo pág. 208

En una carrera de Fórmula 1 retransmitida por televisión, la pantalla se encuentra dividida en dos cámaras: en una, situada en el vehículo que va quinta posición, se ve que el que va cuarto se sale por la izquierda de la escena, mientras los demás siguen delante. Y en otra cámara, vista desde el coche que va cuarto, se ve que los tres de delante se salen por la derecha de la imagen. Si sólo un coche abandona la carrera, ¿podrías decir qué ha pasado? ¿Cómo veríamos la escena desde una cámara fija situada 100 m detrás de la posición de los bólidos? ¿Por qué vemos tres movimientos tan diferentes?

#### Respuesta:

Por los datos que da el problema, debemos pensar que el coche que iba cuarto se ha salido en una curva a derechas, haciendo una trayectoria recta. Desde la cámara fija veríamos los coches alejándose de ella, pero el cuarto seguiría una línea recta mientras que todos los demás trazarían una curva hacia la derecha. Se ven tres escenas completamente diferentes porque usamos puntos de referencia distintos. En el primer caso vemos una escena desde el punto de vista de un móvil que describe el circuito; en el segundo, es un móvil con trayectoria rectilínea y en el tercero, un punto fijo. Estamos cambiando el sistema de referencia.

### ■ Actividad de ampliación pág. 212

Calcula el espacio recorrido y el desplazamiento realizado por un peatón que se mueve por un camino que bordea un terreno hexagonal de 100 m de lado, en cada vértice del hexágono.

#### Respuesta:

El hexágono se puede dividir en triángulos equiláteros que nos van a simplificar los cálculos.

Si salimos del vértice 1, los resultados serán:

Vértice 2:

Espacio recorrido 100 m  
Desplazamiento 100 m

Vértice 3:

Espacio recorrido 200 m  
Desplazamiento 173 m

Vértice 4:

Espacio recorrido 300 m  
Desplazamiento 200 m

Vértice 5:

Espacio recorrido 400 m  
Desplazamiento 173 m

Vértice 6:

Espacio recorrido 500 m  
Desplazamiento 100 m

Vértice 1:

Espacio recorrido 600 m  
Desplazamiento 0 m

El cálculo para el vértice 3 y 5 se hace triangulando.

$$a = 2 \quad b = 2 \quad l \text{ sen } 60 = 2 \cdot 100 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 173 \text{ m}$$

### ■ Actividad de refuerzo pág. 219

Especifica el signo que corresponde a los siguientes planteamientos:

- Un móvil que se lanza por una superficie horizontal con velocidad uniforme desde un punto que hace que el objeto pase por el origen al cabo de 2 s.
- Un balón que se deja caer desde lo alto de una torre de 20 m de altura.
- Un coche que frena en una recta hasta detenerse.
- Un balón que se lanza hacia arriba desde el fondo de un pozo.
- Como el móvil pasa por el origen al cabo de un cierto tiempo, es porque la velocidad apunta desde el punto inicial hacia el origen. Por esa razón, el espacio inicial y la velocidad tienen signos contrarios. Cualquiera de las dos opciones es válida.
- Como se deja caer desde lo alto de la torre, el espacio inicial es positivo. La aceleración es negativa, puesto que apunta hacia abajo.
- No habla de posición inicial, por lo que suponemos que no hay. La velocidad será, por tanto, positiva (es la primera variable que tenemos para decidir el signo) y la aceleración será negativa, puesto que disminuye la velocidad.
- Por lanzarse desde el fondo de un pozo, la posición inicial es negativa. La velocidad es positiva por ser hacia arriba y la aceleración, negativa por ir hacia abajo.

### ■ Actividad de ampliación pág. 220

Calcula la velocidad constante a la que se mueve un móvil que, partiendo del punto  $x_0 = -30$  m, se encuentra después de 3 s en un punto situado a doble distancia del origen, pero en el lado contrario al que estaba inicialmente.

Por los datos iniciales del problema sabemos que  $x_0 = -30$  m y  $x = 60$  m, por lo que:

$$x = x_0 + v t ; 60 \text{ m} = -30 \text{ m} + v \cdot 3 \text{ s}$$

$$v = 30 \text{ m s}^{-1}$$

### ■ Actividad de refuerzo pág. 221

Un tren eléctrico de juguete se mueve a lo largo de un circuito circular de radio 1,2 m centrado en el origen, de forma que en un determinado momento se encuentra en un punto con una velocidad de  $2 \text{ m/s}^{-1}$  con la que se mueve durante 3 s. Brusca-mente se detiene durante 5 s y posteriormente vuelve a ponerse en marcha con una velocidad de  $3 \text{ m s}^{-1}$ . Teniendo en cuenta que todo el movimiento utiliza 12 s, dibuja el diagrama o gráfica donde se represente su posición en el plano del suelo, otro que muestre la velocidad en cada momento y un tercero donde se ponga de manifiesto el espacio recorrido.

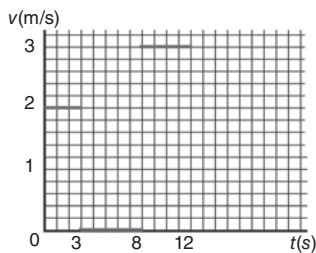
#### Solución:

El primer diagrama representa una circunferencia de radio 3 m, centrada en el origen por la que se mueve el tren. Se puede especificar

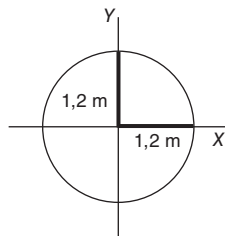
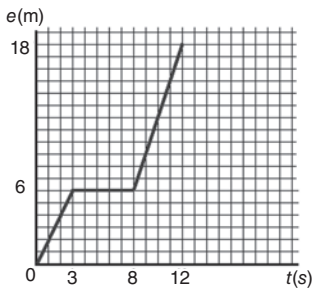
la posición en cada una de las posiciones mediante puntos ( $P_0$ ,  $P_1$  y  $P_2$ ) que se encuentran:

$P_0$ : En cualquier punto de la circunferencia, puesto que el problema no da más datos. Nosotros lo pondremos en el punto de corte del eje  $Ox$  con la circunferencia.

$P_1$ : El tren ha recorrido  $e = v t = 2 \cdot 3 = 6$  m. Como la circunferencia tiene  $2 \cdot \pi \cdot 3$  m = 18,85 m de longitud, a 6 m le corresponden unos  $115^\circ$ . En ese punto permanece parado durante 5 s. Luego se dirige, por la circunferencia, hasta  $P_2$ , que se encuentra  $3 \text{ m s}^{-1} \cdot 4 \text{ s} = 12$  m más lejos, o sea, el equivalente a haber girado  $344^\circ$ . La velocidad se representa en la gráfica:



y el espacio recorrido:



### Actividad de ampliación pág. 222

Teniendo en cuenta las ecuaciones  $v = v_0 + a t$  y  $x = x_0 + v_0 t + 1/2 a t^2$ , halla una ecuación donde no aparezca la aceleración. Aplica la ecuación que has hallado al cálculo del espacio recorrido por un móvil que se detiene en 5 s cuando tenía una velocidad inicial de  $20 \text{ m s}^{-1}$ .

**Solución:**

Despejando  $a$  de la primera y sustituyendo en la segunda nos queda:

$$x = x_0 + v_0 t + 1/2 t^2 (v - v_0)/t = x_0 + 1/2 (v + v_0) t$$

Aplicándolo al problema:

$$\Delta x = x - x_0 = 1/2 \cdot (20 + 0) \cdot 5 = 50 \text{ m}$$

### Actividad de ampliación pág. 223

Un móvil recorre 100 m cuando frena durante 3 s. Sabemos que la velocidad inicial es el doble de la final. ¿Cuál es la aceleración que lleva? ¿Cuáles son sus velocidades inicial y final? ¿Cuál sería su aceleración si se hubiera detenido en esos 100 m partiendo de la misma velocidad?

Las ecuaciones del movimiento son:

$$v = v_0 + a t = v_0/2 \Rightarrow v_0 = -2 a t$$

$$x - x_0 = 1/2(v + v_0) t = 1/2(-a t - 2 a t) t = 100 \text{ m}$$

$$100 \text{ m} = -3/2 (a \cdot 3 \text{ s}) \cdot 3 \text{ s}$$

$$200/27 \text{ m s}^{-2} = -a$$

$$a = -7,4 \text{ m s}^{-2}$$

$$v_0 = -2 \cdot (-7,4 \text{ m s}^{-2}) \cdot 3 \text{ s} = 44 \text{ m s}^{-1}$$

$$v = v_0/2 = 22 \text{ m s}^{-1}$$

Si se hubiera detenido se cumpliría que

$$2 a (x - x_0) = v^2 - v_0^2$$

$$2 \cdot a \cdot 100 \text{ m} = 0^2 - (44 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$a = -1936 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} / (2 \cdot 100 \text{ m}) = -9,7 \text{ m s}^{-2}$$

### Actividad de ampliación pág. 225

Un objeto lanzado desde lo alto de una terraza situada a 20 m de altura tarda 4,3 s en llegar al suelo. ¿Hacia dónde se lanzó? ¿Cuál era su velocidad inicial? ¿Hasta qué altura ha llegado?

**Solución:**

Aplicando las ecuaciones del movimiento:

$$v = v_0 - 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot t$$

$$y = 20 \text{ m} + v_0 t - 4,9 \text{ m s}^{-2} \cdot t^2$$

Llega al suelo cuando  $y = 0$ , por lo que

$$0 = 20 \text{ m} + v_0 \cdot 4,3 \text{ s} - 4,9 \text{ m s}^{-2} \cdot (4,3 \text{ s})^2$$

$$v_0 = 16,4 \text{ m s}^{-1}$$

La velocidad es positiva, por lo que se ha lanzado hacia arriba.

El punto de máxima altura se alcanza cuando  $v = 0$ , con lo cual:

$$2 a (y - y_0) = v^2 - v_0^2$$

$$2 \cdot (-9,8 \text{ m s}^{-2}) \cdot (y - 20 \text{ m}) = 0 - (16,4 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$-19,6 y + 392 = -269$$

$$y = 33,7 \text{ m}$$

### Actividad de ampliación pág. 227

Sabemos que un móvil dotado de un movimiento circular pasa por el punto de ángulo 0 en el instante  $t = 3,2$  s y vuelve a pasar la siguiente vez por ese punto en el instante  $t = 3,85$  s. Calcular la velocidad angular de la que está dotado y su posición inicial. Si recorre 10 m cada segundo, ¿cuál es el radio de su movimiento?

**Solución:**

Aplicando la ecuación del movimiento y considerando que en la primera posición el ángulo es 0:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t$$

$$0 = \varphi_0 + \omega \cdot 3,2 \text{ s} \quad y \quad 2\pi = \varphi_0 + \omega \cdot 3,85 \text{ s}$$

de donde  $2\pi = 0,65 \omega$  y  $\omega = 9,7 \text{ rad s}^{-1}$

Ahora podemos hallar el ángulo inicial:

$$0 = \varphi_0 + 9,7 \text{ rad s}^{-1} \cdot 3,2 \text{ s}$$

de donde  $\varphi_0 = -30,9 \text{ rad} = -1770^\circ$ , que equivale, después de descontar vueltas completas ( $360^\circ$ ), a un ángulo de  $30^\circ$ .

Por lo que la fórmula sería

$$\varphi = 30^\circ + \omega t = \pi/6 \text{ rad} + \omega t$$



El radio se halla sabiendo la relación entre  $v$ ,  $\omega$  y  $R$ .

$$R = \frac{v}{\omega} = \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9,7 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 1,03 \frac{\text{m}}{\text{rad}}$$

### Actividad de refuerzo pág. 228

Calcula la aceleración que debe tener un volante que tiene que alcanzar una velocidad de  $3 \text{ rad s}^{-1}$  cuando haya dado 15 vueltas, partiendo del reposo. Si el radio del volante es de  $0,3 \text{ m}$ , ¿cuánto espacio habrá recorrido un punto de la periferia del volante? ¿Y cuánto se habrá desplazado?

Si en ese momento empieza a decelerar con una aceleración de  $0,1 \text{ rad s}^{-2}$ , ¿cuántas vueltas más dará hasta pararse?

**Solución:**

Como nos dan el espacio angular y las velocidades angulares inicial y final, debemos aplicar la ecuación  $2 \alpha \varphi = \omega_2 - \omega_0^2$ , similar a  $2 a s = v^2 - v_0^2$ :

$$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_0^2}{2 \varphi} = \frac{9 \frac{\text{rad}^2}{\text{s}^2}}{2 \cdot 15 \text{ vueltas} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ vuelta}}} = 0,05 \text{ rad/s}^2$$

Se habrá desplazado 15 vueltas, porque es la condición que pone el problema.

Si el radio del volante es  $0,3 \text{ m}$ , habrá dado 15 vueltas a esa distancia, por lo que:

$$e = \varphi R = 15 \text{ vueltas} \cdot 2\pi \text{ rad/vuelta} \cdot 0,3 \text{ m/rad} = 1,9 \text{ m}$$

No se habrá desplazado nada, puesto que ha dado 15 vueltas completas y está en el mismo punto inicial.

Se moverá, cumpliendo la ecuación

$$2 \alpha \varphi = \omega_2 - \omega_0^2$$

Donde ahora la  $\omega_0$  vale  $3 \text{ rad s}^{-1}$  mientras que la  $\omega_f$  es nula, por lo que

$$\varphi = \frac{\omega_2 - \omega_0^2}{2 \alpha} = \frac{0 - 9 \frac{\text{rad}^2}{\text{s}^2}}{2 \cdot (-0,1 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2})} = 45 \text{ rad} \cdot \frac{1 \text{ vuelta}}{2\pi \text{ radianes}} = 7,2 \text{ vueltas}$$

### Actividad de ampliación pág. 229

Dos móviles empiezan su movimiento al mismo tiempo desde la misma vertical en dos vías circulares de igual radio situadas una encima de la otra, de forma que cada móvil puede girar sin afectar al otro.

Si uno empieza moviéndose a  $3 \text{ rad/s}$  y el otro lo hace partiendo del reposo con una aceleración de  $0,20 \text{ rad/s}^2$ , ¿en qué momento habrán recorrido el mismo ángulo? ¿Cuántas vueltas han dado hasta ese momento? En el instante de mayor ventaja, ¿cuántas vueltas habrá conseguido de ventaja el primer móvil sobre el segundo? ¿En qué instante?

**Solución:**

El primer móvil se mueve según:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t; \quad \varphi = 3 \text{ rad s}^{-1} \cdot t$$

El segundo según:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2; \quad \varphi = \frac{1}{2} \cdot 0,20 \text{ rad s}^{-2} \cdot t^2$$

Habrán recorrido el mismo ángulo cuando el ángulo sea el mismo para el mismo tiempo:

$$\varphi = 3 \text{ rad s}^{-1} \cdot t = 0,10 \text{ rad s}^{-2} \cdot t^2$$

Donde, aparte de la solución obvia 0, se obtiene:

$$3 \text{ rad s}^{-1} = 0,10 \text{ rad s}^{-2} \cdot t$$

de donde  $t = 30 \text{ s}$

$$\varphi = 3 \text{ rad s}^{-1} \cdot 30 \text{ s} = 90 \text{ rad} \cdot \frac{1 \text{ vuelta}}{2\pi \text{ radianes}} = 14,3 \text{ vueltas}$$

La mayor ventaja será en el instante en que la velocidad de los dos sea la misma, ya que mientras sea mayor la del primero, la ventaja crece, mientras que posteriormente al instante en que ambas se igualen, la del segundo será mayor que la del primero y la ventaja decrecerá:

$$3 \text{ rad s}^{-1} = 0,20 \text{ rad s}^{-2} \cdot t$$

lo que sucede a los 15 s, donde el primero llevará

$$\varphi = 3 \text{ rad s}^{-1} \cdot 15 \text{ s} = 45 \text{ rad} \cdot \frac{1 \text{ vuelta}}{2\pi \text{ radianes}} = 7,2 \text{ vueltas}$$

y el segundo

$$\varphi = \frac{1}{2} \cdot 0,20 \text{ rad s}^{-2} \cdot (15 \text{ s})^2 = 22,5 \text{ rad} \cdot \frac{1 \text{ vuelta}}{2\pi \text{ radianes}} = 3,6 \text{ vueltas}$$

Por lo que la ventaja será la diferencia, 3,6 vueltas.

### Actividad de ampliación pág. 231

Una barca se sitúa en el centro de un río de  $200 \text{ m}$  de anchura y de forma perpendicular a la corriente, que se mueve a  $2 \text{ m s}^{-1}$ . En ese momento, arranca con una aceleración constante de  $0,6 \text{ m s}^{-2}$ . ¿En qué punto toca la orilla? ¿Con qué velocidad lo hace?

**Solución:**

Suponemos la barca en el origen. Está dotada de dos movimientos: uno debido a la corriente (eje  $Ox$ ) y otro debido a su motor ( $Oy$ ):

$$a_x = 0; \quad v_x = 2 \text{ m s}^{-1}; \quad x = 2 t \text{ m}$$

$$a_y = 0,6 \text{ m s}^{-2}; \quad v_y = 0,6 t \text{ m s}^{-1}; \quad y = 0,3 t^2 \text{ m}$$

La barca «toca» la orilla cuando ha avanzado  $100 \text{ m}$  en el eje  $y$ , por lo que

$$0,3 t^2 = 100 \Rightarrow t = 18,3 \text{ s}$$

Mientras el río la ha arrastrado

$$x = 2 \text{ m s}^{-1} \cdot 18,3 \text{ s} = 36,6 \text{ m}$$

El punto es  $(36,6; 100) \text{ m}$  desde donde se encontraba la barca.

La velocidad  $v_y$  es

$$v_y = 0,6 \text{ m s}^{-2} \cdot 18,3 \text{ s} = 11 \text{ m s}^{-1}$$

Por lo que la velocidad es  $(2, 11) \text{ m s}^{-1}$  y el módulo es

$$v = \sqrt{2^2 + 11^2} \text{ m s}^{-1} = 11,2 \text{ m s}^{-1}$$

### ■ Actividad de ampliación pág. 232

Una partícula se mueve siguiendo las ecuaciones:

$$x = 3 \operatorname{sen} 2t$$

$$y = 3 \operatorname{cos} 2t$$

$$z = t - 2$$

Si no tenemos en cuenta el movimiento según el eje  $Oz$ , ¿qué tipo de movimiento tiene la partícula? ¿Y si lo tenemos en cuenta? ¿Conoces algún caso donde se produzca este movimiento?

**Solución:**

Si representamos distintos valores de  $t$  en una tabla, observaremos que el movimiento es circular en el plano  $Oxy$ . Al tener en cuenta el movimiento según el eje  $Oz$ , se ve que se va moviendo la circunferencia a lo largo del eje, pasando el centro por el origen al cabo de 2 s, y con velocidad uniforme. Es un movimiento helicoidal, como tendría un punto de una hélice de un barco o un avión en su movimiento uniforme.

### ■ Actividad de ampliación pág. 233

Lanzamos una pelota desde lo alto de un acantilado de 45 m de altura y cae en una barca situada a 40 m de la vertical del acantilado. ¿Con qué velocidad se lanzó? ¿Cuál debería ser la velocidad inicial horizontal necesaria para que alcance una barca situada al doble de distancia? ¿Variará el tiempo de caída? Calcula los ángulos con el que cada una de las pelotas impactará en su barca correspondiente.

**Solución:**

La pelota está dotada de dos movimientos:

Eje  $x$ :  $a_x = 0$ ;  $v_x = v$ ;  $x = v t$  m

Eje  $y$ :  $a_y = -9,8 \text{ m s}^{-2}$ ;  $v_y = -9,8 t \text{ m s}^{-1}$ ;  
 $y = 45 - 4,9 t^2 \text{ m s}^{-2}$

Toca la barca cuando  $y$  es nulo, por lo que

$$0 = 45 - 4,9 t^2 \text{ m s}^{-2} \Rightarrow t = 3 \text{ s}$$

y se cumple que  $40 \text{ m} = v \cdot 3 \text{ s} \Rightarrow v = 13,3 \text{ m s}^{-1}$

Para el caso de querer alcanzar la segunda barca, la primera parte del razonamiento es la misma y lo que se cumple es que

$$80 \text{ m} = v' \cdot 3 \text{ s} \Rightarrow v' = 26,7 \text{ m s}^{-1}$$

El tiempo de caída es el mismo, puesto que sólo depende del movimiento en el eje vertical,  $y$ .

El ángulo se calcula mediante las velocidades en ambos ejes.

La velocidad en el eje  $y$  siempre vale

$$v_y = -9,8 \cdot 3 \text{ m s}^{-1} = -29,4 \text{ m s}^{-1}$$

Para la primera,  $v_x = 13,3 \text{ m s}^{-1}$ , por lo que la tangente del ángulo que forma vale

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{-29,4}{13,3} = 2,21 \Rightarrow \alpha = 65^\circ 45'$$

Para la segunda,  $v_x$  vale ahora  $26,7 \text{ m s}^{-1}$ , por lo que la tangente del ángulo  $\beta$  que forma vale

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{-29,4}{26,7} = 1,10 \Rightarrow \alpha = 47^\circ 45'$$

### ■ Actividad de ampliación pág. 235

Un niño que se encuentra en el exterior de un muro y a 8 m de la base de éste, lanza canicas a distintas velocidades, pero siempre con ángulos de  $45^\circ$  hacia un hueco de 1,60 m de altura, con su base situada a 5 m del suelo. Calcula la longitud de la caja que sería capaz de recoger todas las bolas lanzadas, y a qué distancia del muro se encuentra.

**Solución:**

Tenemos que pensar dónde caería la bola más rápida que pasa por el hueco (la que lo roza por arriba) y la más lenta (la que lo roza por abajo), porque todas las demás irán entre ambas. Por ser el ángulo siempre de  $45^\circ$  se cumple que:

$$v_x = v \cdot \cos 45^\circ = \frac{v \cdot \sqrt{2}}{2} \quad \text{y} \quad v_y = v \cdot \operatorname{sen} 45^\circ = \frac{v \cdot \sqrt{2}}{2}$$

Las ecuaciones de las bolas que pasan cumplen:

Eje  $x$ :  $a_x = 0$ ;  $v_x = v \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$ ;  $x = \frac{v t \cdot \sqrt{2}}{2}$

Eje  $y$ :  $a_y = -9,8$ ;  $v_y = \frac{v \cdot \sqrt{2}}{2} - 9,8 t$ ;

$$y = \frac{v t \cdot \sqrt{2}}{2} - 4,9 t^2$$

La más rápida pasa rozando por arriba, por lo que

$$x = 8 = \frac{v t \cdot \sqrt{2}}{2}; \quad y = 6,60 = \frac{v t \cdot \sqrt{2}}{2} - 4,9 t^2$$

Por lo que  $6,60 = 8 - 4,9 t^2 \Rightarrow t = 0,53 \text{ s}$

$$\text{y} \quad 8 = v \cdot 0,53 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow v = 21 \text{ m s}^{-1}$$

Y cae en  $0 = \frac{21 \cdot t \cdot \sqrt{2}}{2} - 4,9 t^2$ ;  $t = 1,7 \text{ s}$

$$x = \frac{21 \cdot 1,7 \cdot \sqrt{2}}{2} = 25 \text{ m}$$

La más lenta pasa rozando por abajo, por lo que

$$x' = 8 = \frac{v' t' \cdot \sqrt{2}}{2}; \quad y' = 5 = \frac{v' t' \cdot \sqrt{2}}{2} - 4,9 t'^2$$

Por lo que  $5 = 8 - 4,9 t'^2 \Rightarrow t' = 0,78 \text{ s}$

$$\text{y} \quad 8 = \frac{v' \cdot 0,78 \cdot \sqrt{2}}{2} \Rightarrow v' = 14,5 \text{ m s}^{-1}$$

Y cae en  $0 = \frac{14,5 \cdot t' \cdot \sqrt{2}}{2} - 4,9 t'^2$ ;  $t' = 1,44 \text{ s}$

$$x' = \frac{14,5 \cdot 1,44 \cdot \sqrt{2}}{2} = 15 \text{ m}$$

Por lo tanto, si situamos una caja de 10 m de largo a 15 m del muro, todas las canicas caerán en ella.

### ■ Actividad de ampliación pág. 236

En unas pruebas de tiro, un cañón lanza un proyectil con un ángulo de  $5^\circ$  que impacta en la diana, situada a la misma altura que el cañón y a 2 300 m de distancia. Si entre el cañón y la diana se hubiera levantado un muro de 60 m de altura a 1 000 m del

**punto de lanzamiento, ¿hubiera llegado a impactar el proyectil en la diana? ¿Qué deberíamos cambiar para que pudiéramos volver a cumplir la misión?**

**Solución:**

El movimiento del proyectil sigue las siguientes ecuaciones:

Eje x:  $a_x = 0$ ;  $v_x = v \cdot \cos 5^\circ$ ;  $x = v t \cdot \cos 5^\circ$

Eje y:  $a_y = -9,8$ ;  $v_y = v \cdot \sin 5^\circ - 9,8 t$

$y = v t \cdot \sin 5^\circ - 4,9 t^2$

Como alcanza la diana situada en  $x = 2300$  m e  $y = 0$  m:

$2300 = v t \cdot \cos 5^\circ \Rightarrow v t = 2309$

$0 = 2309 \cdot \sin 5^\circ - 4,9 t^2 \Rightarrow 0 = 201 - 4,9 t^2$

$t = 6,40$  s  $y$   $v = 360$  m s<sup>-1</sup>

Para ver si impacta en el muro tenemos que calcular a qué altura se encuentra cuando está a 1000 m del cañón:

$1000 = v t' \cos 5^\circ \Rightarrow t' = 2,79$  s

$y = 360 \cdot 2,79 \cdot \sin 5^\circ - 4,9 \cdot 2,79^2 = 49$  m

Chocará con el muro. Para alcanzar el mismo punto, debemos cambiar el ángulo por el complementario, puesto que alcanzan el mismo punto.

**Evaluación**

**1. Calcula en qué punto del espacio se encontrará una pelota lanzada desde lo alto de un edificio de 20 m de altura, con una velocidad de 20 m s<sup>-1</sup> que forma un ángulo de 60° con la horizontal, a los 3 s de iniciado el movimiento. Supón el origen en la base del edificio.**

**Solución:**

Es un ejemplo de tiro parabólico que consta de dos movimientos:

En el eje Ox, un movimiento uniforme (aceleración nula) sin espacio inicial, y cuya velocidad inicial vale:

$v_0 \cos \alpha = 20$  m s<sup>-1</sup> · 0,5 = 10 m s<sup>-1</sup>

$a = 0$ ;  $v = 10$  m s<sup>-1</sup>;  $x = 10$  m s<sup>-1</sup> · t

En el eje Oy, un movimiento uniformemente acelerado (aceleración = -9,8 m s<sup>-2</sup>) con espacio inicial 20 m (positivos hacia arriba), y dotado de una velocidad inicial que se puede calcular como  $v_0 \sin \alpha = 20$  m s<sup>-1</sup> · 0,866 = 17,3 m s<sup>-1</sup>:

$a = -9,8$  m s<sup>-2</sup>;  $v = 17,3$  m s<sup>-1</sup> + (-9,8 m s<sup>-2</sup>) · t;

$y = 20$  m + 17,3 m s<sup>-1</sup> · t + 1/2 · (-9,8 m s<sup>-2</sup>) · t<sup>2</sup>

A los tres segundos, la pelota estará en el punto:

$x = 10$  m s<sup>-1</sup> · 3 s = 30 m,

$y = 20$  m + 17,3 m s<sup>-1</sup> · 3 s + 1/2 · (-9,8 m s<sup>-2</sup>) · (3 s)<sup>2</sup> = 27,8 m

Se encuentra en el punto (30, 27,8) m.

**2. Calcula a qué velocidad angular gira una rueda que recorre 17 m cada segundo, si su diámetro es de 60 cm. Calcula también la frecuencia y el periodo del movimiento circular.**

**Solución:**

Si el diámetro es de 60 cm, el radio es la mitad, o sea, 0,3 m.

Aplicando  $\omega = v/R = 17$  m s<sup>-1</sup>/0,3 m rad<sup>-1</sup> = 56,7 rad s<sup>-1</sup>

La frecuencia es igual a  $f = \omega/2\pi = 56,7$  rad s<sup>-1</sup>/2π rad vuelta<sup>-1</sup> = 9,02 vueltas s<sup>-1</sup>

El periodo es el inverso de la frecuencia:  $T = 1/f = 1/9,02$  vueltas s<sup>-1</sup> = 0,11 s vuelta<sup>-1</sup>

**3. ¿Hasta qué altura subirá una jabalina lanzada verticalmente, desde el suelo, con una velocidad inicial de 15 m s<sup>-1</sup>?**

**Solución:**

Tenemos un movimiento que sólo tiene lugar en el eje Oy, uniformemente acelerado (aceleración = -9,8 m s<sup>-2</sup>) sin espacio inicial, y dotado de una velocidad inicial 15 m s<sup>-1</sup>:

$a = -9,8$  m s<sup>-2</sup>;  $v_y = 15$  m s<sup>-1</sup> + (-9,8 m s<sup>-2</sup>) · t;

$y = 15$  m s<sup>-1</sup> · t + 1/2 · (-9,8 m s<sup>-2</sup>) · t<sup>2</sup>

En la máxima altura se cumple que  $v_y = 0$ , por lo que:

$v_y = 15$  m s<sup>-1</sup> + (-9,8 m s<sup>-2</sup>) · t = 0, de donde t = 1,53 s

Sustituyendo en y:

$y = 15$  m s<sup>-1</sup> · 1,53 s + 1/2 · (-9,8 m s<sup>-2</sup>) · (1,53 s)<sup>2</sup> = 11,5 m

**4. Dos ciclistas suben una cuesta de 20 km a una velocidad de 10 km/h. En cuanto llegan y sin detenerse, la descienden a 80 km/h, uno volviendo al lugar de partida y el otro por la otra ladera, también de 20 km. ¿Cuál ha sido la velocidad media de todo el recorrido para cada uno de los ciclistas? ¿Quién ha recorrido más distancia?**

**Solución:**

El primer ciclista llega después del recorrido al lugar de partida, por lo que su velocidad media es 0, ya que no se ha producido desplazamiento.

El segundo ciclista ha recorrido 40 km = 20 km + 20 km y ha tardado:

$e = v t \Leftrightarrow t = e/v = 20$  km/10 km/h = 2 h

$t = e/v = 20$  km/80 km/h = 0,25 h

Por lo que su velocidad media es

$v_m = \frac{\Delta x}{t} = \frac{40$  km}{2,25 h} = 17,8 km/h

Han recorrido los dos la misma distancia, 40 km, aunque uno se ha desplazado 40 km, al hacer todo el recorrido en el mismo sentido, mientras que el otro no se ha desplazado por hacer la mitad del recorrido de ida y la mitad de vuelta.

**5> Calcula la aceleración tangencial y normal que tiene un coche que entra frenando en una curva de radio 150 m, en el punto en que entra en la curva, a 30 m s<sup>-1</sup>, y en el punto en el que sale de ella, 3 s después, a 20 m s<sup>-1</sup>. Supón que en dichos puntos todavía le afecta la curva y que el movimiento es uniformemente decelerado.**

**Solución:**

La aceleración tangencial viene dada por la variación del módulo de la velocidad con respecto al tiempo, por lo que vale siempre igual a lo largo de toda la curva:

$a_t = \Delta v/t = (30$  m s<sup>-1</sup> - 20 m s<sup>-1</sup>)/3 s = 3,3 m s<sup>-2</sup>

La aceleración normal es distinta al comienzo de la curva y al final, porque la aceleración depende del cuadrado del módulo de la velocidad, por lo que

$a_{n0} = v_0^2/R = (30$  m s<sup>-1</sup>)<sup>2</sup>/150 m = 6 m s<sup>-2</sup>

$a_{nf} = v_f^2/R = (20$  m s<sup>-1</sup>)<sup>2</sup>/150 m = 2,7 m s<sup>-2</sup>



## ■ Actividad de refuerzo pág. 254

Determina numéricamente y gráficamente la suma de las fuerzas  $\vec{F}_1 = (3, -4, 2)$ ,  $\vec{F}_2 = (-8, -2, 5)$  y  $\vec{F}_3 = (3, 0, -1)$ , todas ellas en N. Halla el módulo de cada uno de los vectores que se dan como datos y el de la resultante.

**Solución:**

$$\begin{aligned}\vec{F}_R &= \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \\ &= (3, -4, 2) + (-8, -2, 5) + (3, 0, -1) = \\ &= (-2, -6, 6) \text{ N}\end{aligned}$$

$$|\vec{F}_1| = \sqrt{F_{1x}^2 + F_{1y}^2 + F_{1z}^2} = \sqrt{3^2 + (-4)^2 + 2^2} = \sqrt{29} = 5,4 \text{ N}$$

$$|\vec{F}_2| = \sqrt{F_{2x}^2 + F_{2y}^2 + F_{2z}^2} = \sqrt{(-8)^2 + (-2)^2 + 5^2} = \sqrt{93} = 9,6 \text{ N}$$

$$|\vec{F}_3| = \sqrt{F_{3x}^2 + F_{3y}^2 + F_{3z}^2} = \sqrt{3^2 + 0^2 + (-1)^2} = \sqrt{10} = 3,2 \text{ N}$$

$$|\vec{F}_R| = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2 + F_{Rz}^2} = \sqrt{(-2)^2 + (-6)^2 + 6^2} = \sqrt{76} = 8,7 \text{ N}$$

Solución gráfica no incluida.

## ■ Actividad de ampliación pág. 254

Calcula las componentes cartesianas de un vector de módulo 5 N que forma con la horizontal un ángulo de  $35^\circ$ . Réstale un vector de módulo 4 N que forma con la horizontal un ángulo de  $130^\circ$ . Halla las componentes de la resultante, su módulo y el ángulo que forma con cada uno de los dos vectores.

Resuelve también el problema gráficamente de forma aproximada.

**Solución:**

Las componentes cartesianas son:

$$F_{1x} = F_1 \cos \alpha = 5 \cdot \cos 35^\circ = 4,1 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin \alpha = 5 \cdot \sin 35^\circ = 2,9 \text{ N}$$

$$F_{2x} = F_2 \cos \beta = 4 \cdot \cos 130^\circ = -2,6 \text{ N}$$

$$F_{2y} = F_2 \sin \beta = 4 \cdot \sin 130^\circ = 3,1 \text{ N}$$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = (4,1; 2,9) + (-2,6; 3,1) = (1,5; 6,0) \text{ N}$$

$$|\vec{F}_R| = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{1,5^2 + 6,0^2} = 6,2 \text{ N}$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{F_{Ry}}{F_{Rx}} = \frac{6,0}{1,5} = 4 \Rightarrow \gamma = 76^\circ$$

Como forma  $76^\circ$  con la horizontal y  $\vec{F}_1$  forma  $35^\circ$  con la horizontal, la resultante forma  $41^\circ$  con  $\vec{F}_1$ .

De la misma manera, deducimos que forma  $-54^\circ = 306^\circ$  con  $\vec{F}_2$ .

Solución gráfica no incluida.

## ■ Actividades de refuerzo pág. 257

1. Si eres un jugador o jugadora de rugby que tienes que contener e impedir el avance de un jugador del equipo contrario, ¿a quién prefieres defender: a un jugador de 50 kg que es capaz de correr a 8 m/s o a otro que tiene de masa 90 kg y se puede desplazar a 4 m/s?

**Solución:**

El primer jugador es capaz de llegar a tener una cantidad de movimiento:

$$p_1 = m_1 v_1 = 50 \text{ kg} \cdot 8 \text{ m s}^{-1} = 400 \text{ kg m s}^{-1}$$

El segundo puede conseguir:

$$p_2 = m_2 v_2 = 90 \text{ kg} \cdot 4 \text{ m s}^{-1} = 360 \text{ kg m s}^{-1}$$

Es capaz de hacer más efecto el primero, por lo que es mejor cubrir al segundo.

2. De los siguientes apartados elige aquellos que representen algo con cantidad de movimiento.

a) Un rayo de luz.

b) Un mosquito volando.

c) Un helicóptero a 10 m de altura rescatando a un náufrago.

d) El ladrido de un perro que oímos.

e) Un camión parado en un aparcamiento.

f) La Luna.

**Solución:**

Sólo el mosquito y la Luna, puesto que son los dos únicos que tienen masa y velocidad. El rayo y el ladrido (salvo los pequeños movimientos oscilantes de las partículas de aire) carecen de masa, aunque tienen velocidad; el helicóptero y el camión tienen masa pero carecen de velocidad.

## ■ Actividad de refuerzo pág. 258

Calcula la fuerza que se ejerce sobre un objeto de masa 4 kg sobre el que impacta otro de 3 kg de masa que se movía a 10 m/s, si en los 0,2 s que dura el choque el segundo se queda totalmente parado. Calcula la aceleración con la que se mueve el primer objeto durante el choque.

**Solución:**

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{m \Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{3 \text{ kg} \cdot \left(0 - 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{0,2 \text{ s}} = -150 \text{ N}$$

$$\vec{F} = m \vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{-150 \text{ N}}{4 \text{ kg}} = -37 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

## ■ Actividades de ampliación pág. 260

1. Sobre dos cuerpos ejercemos la misma fuerza durante el mismo tiempo y observamos que uno de ellos termina moviéndose con el triple de velocidad que el otro. Si sabemos que la masa conjunta de los dos es 8,4 kg, calcula cuál es la masa de cada uno.

Si la fuerza que actúa sobre ellos lo hace durante 2,3 s, ¿cuál es su valor si el objeto más rápido ha recorrido 18 m en los 3 s después de que deje de actuar la fuerza?

**Solución:**

$$F = m_1 a_1; \quad a_1 t = v_{1f} - v_{10} = v_{1f}$$

de donde

$$F t = m_1 v_{1f}$$

de la misma manera,

$$F t = m_2 v_{2f}$$

por lo que

$$m_1 v_{1f} = m_2 v_{2f}$$



Como la velocidad de, por ejemplo, el cuerpo 1 es el triple de la del cuerpo 2, la masa del cuerpo 2 es el triple de la de 1.

$$m_1 + m_2 = 4 m_1 = 8,4 \text{ kg} \Rightarrow m_1 = 2,1 \text{ kg y } m_2 = 6,3 \text{ kg}$$

Como el objeto 1 recorre 18 m en 3 s es porque su velocidad final es  $6 \text{ m s}^{-1}$ , por lo que

$$F t = m_1 v_{1f} = F \cdot 2,3 \text{ s} = 2,1 \text{ kg} \cdot 6 \text{ m s}^{-1}$$

de donde  $F = 5,5 \text{ N}$

**2. Sobre un cuerpo actúan 4 fuerzas: una hacia abajo, el peso; otra hacia arriba, la resistencia que ejerce la superficie inmóvil, rígida e indestructible que está debajo del cuerpo y en contacto con él; otra hacia la derecha, que la ejerce un obrero empujándolo y, finalmente, otra hacia la izquierda, que es la fuerza de rozamiento y que vale la mitad de la anterior. Utilizando sólo los datos que hemos dado, ¿sabrías decir si el cuerpo se mueve? En caso positivo, ¿hacia dónde se mueve el cuerpo?**

**¿Cuál de todas las fuerzas es la de mayor módulo?**

**Solución:**

Evidentemente, se mueve. Las fuerzas verticales se anulan, puesto que la superficie es indestructible y no lo deja pasar a su través. La fuerza que ejerce ésta no puede ser mayor porque entonces el cuerpo iría para arriba, cosa que sin fuerza externa no es posible. Como la que hace el obrero es el doble que la de rozamiento, hay una componente neta hacia la derecha que provoca el movimiento del cuerpo en ese sentido, o sea, hacia la derecha.

No podemos decir qué fuerza es más grande. Sólo podemos afirmar que  $P$  y  $N$  son iguales y que  $F$  es el doble que  $F_{\text{roz}}$ .

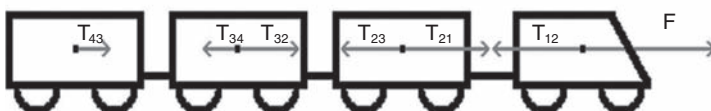
## Actividad de refuerzo pág. 262

Un tren de carga está formado por una máquina, de masa 22 000 kg, y tres vagones, de masas 25 000, 12 000 y 32 000 kg, respectivamente. Si la máquina ejerce una fuerza de 150 000 N, calcula la aceleración a la que se mueve el conjunto y las tensiones entre cada elemento del tren. Dibuja previamente el tren con las fuerzas que actúan y explica lo que sucede.

**Solución:**

Cuando la máquina se pone en marcha por efecto de la fuerza, no puede moverse sin mover al primer vagón, por lo que tira de él con una fuerza de acción  $T_{21}$ , a lo que éste responde con una fuerza de reacción  $T_{12}$  que retiene a la máquina.

El primer vagón, al intentar moverse por efecto de la fuerza  $T_{21}$ , se ve afectado por el hecho de que el segundo vagón está unido a él, por lo que, para moverse, ha de tirar de él con una fuerza  $T_{32}$ , que es respondida con la fuerza  $T_{23}$  (igual y de sentido contrario) sobre el primer vagón. El mismo razonamiento se puede seguir con el segundo y el tercero.



Resolviendo el sistema para cada elemento del tren:

$$\text{Máquina: } F - T_{12} = m_1 a$$

$$1.^{\text{er}} \text{ vagón: } T_{21} - T_{23} = m_2 a$$

$$2.^{\text{o}} \text{ vagón: } T_{32} - T_{34} = m_3 a$$

$$3.^{\text{er}} \text{ vagón: } T_{43} = m_4 a$$

$$\text{Interactivas: } T_{12} = T_{21}; T_{23} = T_{32}; T_{34} = T_{43}$$

$$\text{Sumando todo: } F = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) a$$

$$150\,000 \text{ N} = 91\,000 \text{ kg} \cdot a \Rightarrow a = 1,65 \text{ m s}^{-2}$$

De cada ecuación:

$$150\,000 \text{ N} - T_{12} = 22\,000 \text{ kg} \cdot 1,65 \text{ m s}^{-2}$$

$$T_{12} = 114\,000 \text{ N} = T_{21}$$

$$114\,000 \text{ N} - T_{23} = 25\,000 \text{ kg} \cdot 1,65 \text{ m s}^{-2}$$

$$T_{23} = 73\,000 \text{ N} = T_{32}$$

$$73\,000 \text{ N} - T_{34} = 12\,000 \text{ kg} \cdot 1,65 \text{ m s}^{-2}$$

$$T_{34} = 53\,000 \text{ N} = T_{43}$$

## Actividades de refuerzo pág. 264

**1. Cuatro amigos se sitúan en los cuatro vértices de un cuadrado de lado 1 m. Desde el techo de la habitación cuelga un globo (de masa de plástico despreciable) lleno de agua en la vertical del centro del cuadrado a 3 m de altura.**

**En un momento, y cuando los cuatro amigos no están mirando, revienta el globo, cayendo todo el agua sobre uno de los cuatro.**

**Un observador dice que el globo seguía en la vertical del centro sin moverse. ¿Es eso posible?**

**Solución:**

No. Es absolutamente imposible. El globo no puede estar quieto en el centro cuando explota, porque por el Principio de conservación de la cantidad de movimiento, si parte del agua va hacia un lado cayendo sobre uno de los cuatro, otra parte del agua debe caer por el otro lado o repartida entre los otros lados del cuadrado para que se mantenga la ausencia de movimiento inicial del agua. Lo más probable es que el globo se estuviera desplazando hacia el lado del amigo que se ha mojado (o que el observador nos haya gastado una broma y haya movido él el globo hacia ese lado).

**2. Calcula la cantidad de movimiento total de un sistema de 4 partículas, situadas en los puntos (1,0), (0,1), (-1,0) y (0,-1) m y de masas  $m_1 = 3 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 4 \text{ kg}$ ,  $m_3 = 1 \text{ kg}$  y  $m_4 = 8 \text{ kg}$ , respectivamente.**

**Las velocidades a las que se mueven son:**

$$\vec{v}_1 = (-2, 3), \vec{v}_2 = (4, -1), \vec{v}_3 = (0, 2) \text{ y } \vec{v}_4 = (-1, -1) \text{ m s}^{-1}$$

**Solución:**

Las posiciones no se necesitan para nada, salvo para calcular la posición del centro de masas que no hemos pedido. Se trata de ver si los alumnos usan datos innecesarios.

$$\begin{aligned} \Delta \vec{p} &= \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \vec{p}_4 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3 + m_4 \vec{v}_4 = \\ &= 3 \text{ kg} \cdot (-2, 3) \text{ m s}^{-1} + 4 \text{ kg} \cdot (4, -1) \text{ m s}^{-1} + 1 \text{ kg} \cdot (0, 2) \text{ m s}^{-1} + \\ &\quad + 8 \text{ kg} \cdot (-1, -1) \text{ m s}^{-1} = (2, -1) \text{ kg m s}^{-1} \end{aligned}$$



### ■ Actividad de refuerzo pág. 265

Al simular las condiciones de un accidente entre dos coches, una furgoneta de masa 1200 kg y un utilitario de 950 kg, los agentes de tráfico han logrado determinar que quedaron unidos después del impacto y que se movieron en el sentido hacia donde se dirigía el utilitario a  $15 \text{ m s}^{-1}$ . Si por los datos del velocímetro estropeado de la furgoneta sabemos que ésta, en el momento del impacto, se movía a  $45 \text{ km/h}$ , ¿a qué velocidad iba el utilitario?

#### Solución:

Por el Principio de conservación de la cantidad de movimiento:

$$\begin{aligned} \vec{p}_1 + \vec{p}_2 &= \vec{p}_1' + \vec{p}_2' = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2' = \\ &= 1200 \text{ kg} \cdot 45 \text{ km/h} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} + 950 \text{ kg} \cdot \vec{v}_2 = 1200 \text{ kg} \cdot \\ &\quad \cdot (-15 \text{ m/s}) + 950 \text{ kg} \cdot (-15 \text{ m/s}) = -32200 \text{ kg m s}^{-1} \\ \vec{v}_2 &= \frac{-32200 \text{ kg m s}^{-1} - 15000 \text{ kg m s}^{-1}}{950 \text{ kg}} = 50 \text{ m/s} \\ 50 \text{ m/s} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} &= 180 \text{ km/h} \end{aligned}$$

### ■ Actividad de ampliación pág. 266

Una bala de 20 g sale disparada a  $100 \text{ m s}^{-1}$  hacia arriba desde un arma y un instante después impacta y se incrusta en una lámpara metálica que cuelga del techo, observándose que la lámpara se eleva 30 cm por efecto del impacto.

Si no hay rozamientos, calcula la masa de la lámpara.

#### Solución:

Como la lámpara se eleva 30 cm, podemos calcular la velocidad inicial del movimiento, que es de caída libre:

$$v_f^2 - v_0^2 = 2 g h \Rightarrow v_0 = \sqrt{v_f^2 - 2 g h}$$

$$v_0 = \sqrt{0 - 2 \cdot (-9,8 \text{ m s}^{-2}) \cdot 0,3 \text{ m}} = 2,4 \text{ m s}^{-1}$$

Aplicando el Principio de conservación de la cantidad de movimiento:

$$\begin{aligned} \vec{p}_1 + \vec{p}_2 &= \vec{p}_1' + \vec{p}_2' = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2' = \\ &= 0,020 \text{ kg} \cdot 100 \text{ m s}^{-1} + M \cdot 0 = 0,020 \text{ kg} \cdot 2,4 \text{ m s}^{-1} + M \cdot 2,4 \text{ m s}^{-1} \\ M &= \frac{2 \text{ kg m s}^{-1} - 0,048 \text{ kg m s}^{-1}}{2,4 \text{ m s}^{-1}} = 0,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

### ■ Actividad de ampliación pág. 271

Una pareja de patinadores, uno de ellos de 80 kg, patinan por una pista de hielo yendo juntos a  $10 \text{ m s}^{-1}$ . Calcula cuál es la masa del segundo patinador, si sabemos que el patinador de

80 kg se queda completamente parado cuando impulsa al otro hasta una velocidad  $24 \text{ m s}^{-1}$ .

#### Solución:

Como no hay fuerzas exteriores, se conserva la cantidad de movimiento, por lo que

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$(80 \text{ kg} + m_2) \cdot 10 \text{ m s}^{-1} = 0 + m_2 \cdot 24 \text{ m s}^{-1}$$

de donde  $m_2 = 57 \text{ kg}$ .

### ■ Actividad de refuerzo pág. 272

Calcula el valor de la fuerza de rozamiento que experimenta un cuerpo de masa 4,50 kg cuando se encuentra situado en un plano inclinado  $52^\circ$  sobre la horizontal. Calcula también el valor de la componente del peso que tiene la misma dirección que el plano inclinado.

Dato:  $\mu = 0,3$

#### Solución:

La fuerza de rozamiento es igual a:

$$F_r = \mu m g \cos \alpha = 0,3 \cdot 4,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,62 = 8,2 \text{ N}$$

$$P_x = m g \sin \alpha = 4,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,79 = 35 \text{ N}$$

### ■ Actividad de ampliación pág. 273

Un objeto de masa 12 kg desciende con una determinada aceleración cuando el plano está inclinado  $30^\circ$  y con el doble de ésta si el plano se inclina  $40^\circ$ . ¿Cuánto vale el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y el plano? ¿Hay algún dato innecesario en el problema? ¿Te parece que el problema está bien planteado? ¿Y si cambiamos el segundo ángulo por  $33^\circ$ ?

#### Solución:

Aplicando la Segunda Ley de Newton en los dos casos, y teniendo en cuenta que la  $F_r$  tiene sentido contrario a la fuerza  $P_x$ :

$$\Sigma m a = P_x - F_r = m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha = m g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha);$$

$$a = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha); a' = g (\sin \beta - \mu \cos \beta) = 2a$$

Dividiendo ambas:

$$\frac{2a}{a} = \frac{g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{g (\sin \beta - \mu \cos \beta)} = 2 = \frac{\sin \alpha - \mu \cos \alpha}{\sin \beta - \mu \cos \beta}$$

$$2 = \frac{0,5 - \mu \cdot 0,87}{0,64 - \mu \cdot 0,77}; 1,28 - 1,54 \mu = 0,5 - 0,87 \mu$$

$$0,78 = 0,67 \mu \Rightarrow \mu = 0,78/0,67 = 1,16$$

El dato que sobra es el de la masa. No lo hemos usado para nada.

No está bien planteado. Aparte de que valores de  $\mu$  tan altos son casi imposibles; con ese valor el cuerpo no se movería en ninguno de los dos casos.

$$2 = \frac{0,5 - \mu \cdot 0,87}{0,54 - \mu \cdot 0,84}; 1,08 - 1,68 \mu = 0,5 - 0,87 \mu$$

$$0,58 = 0,81 \mu \Rightarrow \mu = 0,58/0,81 = 0,72$$

Este resultado sí está dentro del margen que sería válido. En ambos casos el cuerpo se mueve y las aceleraciones son el doble la una de la otra.



## Actividad de refuerzo pág. 274

Desde lo alto de un plano inclinado  $25^\circ$  se lanza un objeto hacia abajo con una velocidad inicial de  $10 \text{ m s}^{-1}$ , observándose que éste se detiene cuando ha recorrido  $95 \text{ m}$  por el plano. ¿Cómo es posible que se detenga si va hacia abajo? Resuelve el problema si es posible.

**Solución:**

Si se detiene en  $95 \text{ m}$ , es que la aceleración vale:

$$2 a s = v_f^2 - v_0^2; 2 \cdot a \cdot 95 \text{ m} = 0 - (10 \text{ m s}^{-1})^2 \quad a = -0,53 \text{ m s}^{-2}$$

Aplicando la Segunda Ley de Newton, y teniendo en cuenta que tanto  $F_r$  como  $P_x$  tienen sentido opuesto a la velocidad inicial:

$$\Sigma m a = P_x - F_r = m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha = m g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \\ a = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$\mu = \frac{\sin \alpha - \frac{a}{g}}{\cos \alpha} = \frac{0,42 - \frac{-0,53 \text{ m s}^{-2}}{9,8 \text{ m s}^{-2}}}{0,91} = 0,52$$

Se detiene porque la fuerza de rozamiento es mayor en módulo que la componente del peso que «tira» hacia abajo.

## Actividad de ampliación pág. 276

Un cuerpo de masa  $100 \text{ kg}$  que se encuentra en un plano inclinado  $40^\circ$  está colgando de un muelle de constante recuperadora  $1,2 \cdot 10^3 \text{ N/m}$ . Si el muelle se ha estirado  $3 \text{ cm}$ , calcula cuánto vale el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y el plano. ¿Cuánto más se estiraría si elimináramos el rozamiento lubricando la superficie de contacto entre cuerpo y plano?

**Solución:**

Aplicando la Segunda Ley de Newton y teniendo en cuenta que tanto  $F_r$  como  $F_e$  tienen sentido opuesto a  $P_x$  y la equilibran, puesto que el cuerpo está en reposo:

$$\Sigma m a = P_x - F_r - F_e = 0 \\ 0 = m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha - k x \\ \mu = \frac{m g \sin \alpha - k x}{m g \cos \alpha} = \frac{10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,64 - 1,2 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1} \cdot 0,03 \text{ m}}{10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,77} = 0,35 \\ \Sigma m a = P_x - F_e = 0 = m g \sin \alpha - k x \\ x = \frac{m g \sin \alpha}{k} = \frac{10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 0,64}{1,2 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}} = 0,053 \text{ m} = 5,3 \text{ cm}$$

## Actividad de ampliación pág. 278

Queremos construir una curva de radio  $30 \text{ m}$  lo más segura posible. Para ello, sabemos que el coeficiente de rozamiento lateral de los neumáticos con el asfalto es de  $0,5$ . Sabiendo que a veces han de permanecer parados los coches en la curva, ¿qué ángulo de peralte nos permite más margen de paso de velocidad? ¿Cuál es la mayor velocidad segura en la curva?

**Solución:**

Para que un coche no deslice hacia abajo debe cumplirse que

$$\Sigma m a = P_x - F_r = 0 = m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha \\ \text{tg } \alpha = \mu = 0,5 \Rightarrow \alpha = 26,5^\circ$$

A más velocidad se pasa mejor la curva, puesto que  $N$  va aumentando y la fuerza de rozamiento sólo tiene que compensar parte.

A gran velocidad el coche se saldrá de la curva cuando la fuerza centrípeta sea menor de la teórica ( $m v^2/R$ ) necesaria para dar la curva.

Dibujando las fuerzas implicadas, en ese momento se cumple que

$$v > \sqrt{R g \frac{\mu \cos \alpha + \sin \alpha}{\cos \alpha - \sin \alpha}} = \sqrt{30 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot \frac{0,5 \cdot 0,89 + 0,45}{0,89 - 0,5 \cdot 0,45}} = \\ = 20 \text{ m s}^{-1}; \text{ unos } 72 \text{ km/h}$$

Hemos tenido en cuenta que el peso ( $m g$ ) y la componente vertical de la fuerza de rozamiento ( $\mu N \sin \alpha$ ) —que ahora va dirigida hacia abajo del plano inclinado— son iguales a la componente vertical y hacia arriba de la normal ( $N \cos \alpha$ ), por lo que la normal vale

$$N = \frac{m g}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}$$

Y las componentes horizontales de la fuerza de rozamiento ( $\mu N \cos \alpha$ ) y de la normal ( $N \sin \alpha$ ) sumadas han de ser menores que la fuerza centrípeta necesaria para tomar la curva sin salirse ( $m v^2/R$ ), por lo que se obtiene la fórmula de la velocidad planteada arriba.

## Actividades de refuerzo pág. 279

1. Teniendo en cuenta los datos del Ejemplo 19, calcula la tensión que soporta la cuerda en los puntos donde ésta se encuentra en posición horizontal. ¿Con qué fuerza se anula el peso en este caso?

**Solución:**

En este caso toda la fuerza centrípeta es debida nada más que a la tensión, puesto que sólo actúan dos fuerzas: ésta y el peso. Por lo tanto la tensión es igual a:

$$T = m v^2/R = 0,03 \text{ kg} \cdot (3,14 \text{ m s}^{-1})^2/0,5 \text{ m} = 0,59 \text{ N}.$$

La fuerza peso no se puede anular con ninguna otra, ya que no hay interacción vertical con nada y no existe ninguna otra fuerza. Cuando el objeto esté subiendo, creará una aceleración hacia abajo que lo ralentizará y cuando esté bajando lo acelerará, puesto que también va dirigida hacia abajo.

2. Calcula el ángulo que forma con la vertical cada uno de los asientos que cuelgan del techo de un tiiovivo que se mueve a una velocidad de  $0,2$  vueltas cada segundo, si se encuentran a  $5 \text{ m}$  del centro del tiiovivo.

La suma de la tensión que producen los cables de los que cuelga el asiento y el peso del cuerpo tiene que dar una componente horizontal, que es la fuerza centrípeta, por lo que:

$$T \cos \alpha = m g \quad \text{y} \quad T \sin \alpha = m v^2/R \\ g \text{ tg } \alpha = v^2/R \quad \text{y como } v = \omega R \\ \text{tg } \alpha = \omega^2 R/g = (0,2\pi \text{ rad s}^{-1})^2 \cdot 5 \text{ m rad}^{-1}/9,8 \text{ m s}^{-2} = 0,20 \\ \alpha = 11^\circ 20'$$



## Evaluación

1. Calcula las componentes de una fuerza de 75 N que forma un ángulo de  $55^\circ$  con la horizontal. Súmalas, gráfica y analíticamente, con una fuerza de 20 N vertical hacia abajo. ¿Qué ángulo forma la resultante con la horizontal?

### Solución:

Las componentes son:  $F_x = F \cos \alpha = 75 \text{ N} \cdot \cos 55^\circ = 43 \text{ N}$

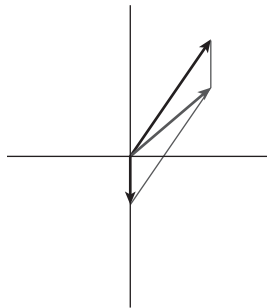
$F_y = F \sin \alpha = 75 \text{ N} \cdot \sin 55^\circ = 61,4 \text{ N}$

Se trata de sumar la fuerza (43, 61,4) N con la fuerza (0, -20) N, por lo que la resultante vale (43, 41,4) N, cuyo módulo es

$$R = \sqrt{(43 \text{ N})^2 + (41,4 \text{ N})^2} = 59,7 \text{ N}$$

y que forma un ángulo  $\alpha$ :

$$\text{tg } \alpha = \frac{41,4 \text{ N}}{43 \text{ N}} = 0,96 \Leftrightarrow \beta = \text{arc tg } 0,96 = 43^\circ 54'$$



2. Dos bolas, una de ellas de 500 g de masa, se dirigen una contra otra a  $12 \text{ m s}^{-1}$  cada una. Al chocar, ambas salen repelidas hacia atrás. La de 500 g se mueve ahora con una velocidad de  $10 \text{ m s}^{-1}$ , mientras que la otra lo hace a  $15 \text{ m s}^{-1}$ . Calcula la masa de la bola de masa desconocida. Si el tiempo de contacto ha sido 0,02 s, ¿cuál es el valor de la fuerza que cada una ha ejercido sobre la otra?

### Solución:

Aplicando el Principio de conservación de la cantidad de movimiento:

$$P_0 = P_f \Leftrightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$m_1 \cdot 12 \text{ m s}^{-1} + 0,5 \text{ kg} \cdot (-12 \text{ m s}^{-1}) = m_1 \cdot (-15 \text{ m s}^{-1}) + 0,5 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m s}^{-1}$$

de donde  $12 \text{ m s}^{-1} \cdot m_1 - 6 \text{ kg m s}^{-1} = -15 \text{ m s}^{-1} \cdot m_1 + 5 \text{ kg m s}^{-1}$

$$27 \text{ m s}^{-1} \cdot m_1 = 11 \text{ kg m s}^{-1}; \quad m_1 = \frac{11 \text{ kg m s}^{-1}}{27 \text{ m s}^{-1}} = 0,41 \text{ kg}$$

Como la cantidad de movimiento que pierde o gana cada bola es debida al impulso:

$$F \cdot \Delta t = \Delta P = \Delta(m v) = m_2 v_2' - m_2 v_2 = 0,5 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m s}^{-1} - 0,5 \text{ kg} \cdot (-12 \text{ m s}^{-1}) = 11 \text{ kg m s}^{-1}$$

Por lo tanto, la fuerza vale  $F = \frac{11 \text{ kg m s}^{-1}}{0,2 \text{ s}} = 550 \text{ N}$

- 3> Calcula la fuerza de atracción gravitatoria que ejerce la Tierra sobre la Luna. ¿Y la que ejerce la Luna sobre la Tierra?

Datos:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ ;  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $M_L = 7,36 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ ;  $R_{TL} = 3,84 \cdot 10^5 \text{ km}$ .

### Solución:

$$F = G \frac{M_T M_L}{R_{TL}^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 7,36 \cdot 10^{22} \text{ kg}}{(3,84 \cdot 10^8 \text{ m})^2} = 2,00 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

Exactamente la misma; son fuerzas de acción y reacción.

- 4> Calcula la aceleración con la que desciende un cuerpo de masa 4 kg, por un plano inclinado  $40^\circ$ , sabiendo que el coeficiente de rozamiento es 0,35. ¿Cuál es el ángulo mínimo que debe tener el plano para que descienda?

Dato:  $g_0 = 9,80 \text{ m s}^{-2}$ .

### Solución:

Sobre el cuerpo, una vez eliminadas las fuerzas que se anulan entre sí, actúan dos fuerzas en la dirección del movimiento: en el sentido de éste, la componente del peso  $P_x = m g \sin \alpha$ , y en sentido contrario, la fuerza de rozamiento  $F_{roz} = \mu m g \cos \alpha$ . Aplicando la Segunda ley de Newton,

$$\Sigma F = m a = m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha$$

$$a = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (\sin 40^\circ - 0,35 \cdot \cos 40^\circ) = 3,67 \text{ m/s}^2$$

La condición de movimiento se cumple cuando  $P_x$  es mayor que  $F_{roz}$ , por lo que se tiene que cumplir que

$$\Sigma F = m a = m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha > 0 \Leftrightarrow m g \sin \alpha > \mu m g \cos \alpha \Leftrightarrow \sin \alpha > \mu \cos \alpha$$

$$\text{tg } \alpha > \mu \Leftrightarrow \text{tg } \alpha > 0,35 \Leftrightarrow \alpha > \text{arc tg } 0,35 \Leftrightarrow \alpha > 19^\circ 17'$$

- 5> Hacemos girar una piedra, de masa 0,3 kg, sujeta con una honda de longitud 1 m, en una circunferencia vertical, y cuando se encuentra en el punto más bajo del recorrido y ha alcanzado una velocidad de  $10 \text{ m s}^{-1}$ , la honda se rompe. ¿Cuál era la tensión máxima que podía soportar la honda?

Dato:  $g_0 = 9,80 \text{ m s}^{-2}$ .

### Solución:

En el punto más bajo del recorrido, la fuerza centrípeta actúa hacia arriba y es la suma de la tensión creada por la cuerda (que va hacia arriba) y el peso (que va hacia abajo). Por tanto, y aplicando la Segunda ley de Newton:

$$F_c = \Sigma F = m a_c = m \frac{v^2}{R} = T - P = T - m g \Leftrightarrow T = m \frac{v^2}{R} + m g = m \left( \frac{v^2}{R} + g \right)$$

$$T = 0,3 \text{ kg} \cdot \left( \frac{(10 \text{ m s}^{-1})^2}{1 \text{ m}} + 9,8 \text{ m s}^{-2} \right) = 32,9 \text{ N}$$



## ■ Actividades de ampliación pág. 299

1. Calcula el ángulo que forma una fuerza de 35 N con el desplazamiento que provoca en un móvil si sabemos que ha realizado un trabajo de 730 J cuando el objeto se ha desplazado 27 m. ¿Cuál debería ser el valor y el ángulo de la fuerza mínima necesaria para producir ese trabajo con ese desplazamiento?

**Solución:**

$$\text{Aplicando } W = F d \cos \alpha \quad \cos \alpha = \frac{W}{F d} = \frac{730 \text{ J}}{35 \text{ N} \cdot 27 \text{ m}} = 0,7725$$

$$\alpha = 39^\circ 25'$$

En este segundo caso,  $\cos \alpha = 1$  y  $\alpha = 0^\circ$ , para que la fuerza sea mínima.

De  $W = F d \cos \alpha$

$$F = \frac{W}{d \cos \alpha} = \frac{730 \text{ J}}{27 \text{ m} \cdot 1} = 27 \text{ N}$$

2. ¿Es posible hacer un trabajo de 300 J aplicando una fuerza de 150 N a lo largo de 1,83 m de recorrido? Razona la respuesta.

**Solución:**

Aplicando  $W = F d \cos \alpha$

$$\cos \alpha = \frac{W}{F d} = \frac{300 \text{ J}}{150 \text{ N} \cdot 1,83 \text{ m}} = 1,09$$

Es imposible, ya que el coseno de un ángulo nunca puede ser superior a 1. Esto sólo podría ser cierto en el caso de un aporte externo de energía.

## ■ Actividad de ampliación pág. 300

Representa en una gráfica  $F-x$  la función  $F = 30x$  (en unidades SI), correspondiente a la fuerza que tensa un muelle ( $F = k x$ ). Calcula el trabajo que se ha realizado para estirar el muelle 50 cm.

**Solución:**

Al representar la gráfica vemos que el área contenida debajo de la fuerza tiene forma de triángulo, por lo que el trabajo ha de ser el área contenida por él.

$$W = \frac{\text{base} \cdot h}{2} = \frac{0,50 \text{ m} \cdot 30 \cdot 0,50 \text{ N}}{2} = 3,75 \text{ J}$$

## ■ Actividades de ampliación pág. 301

1. Calcula el trabajo de rozamiento que realiza un cuerpo de 30 kg cuando desciende 16 m por un plano inclinado  $45^\circ$  sobre la horizontal. El coeficiente de rozamiento dinámico vale 0,3.

**Solución:**

El trabajo de rozamiento viene dado por la expresión  $W_{\text{roz}} = -\mu m g \Delta x \cos \alpha$ , por lo que

$$W_{\text{roz}} = -0,3 \cdot 30 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 16 \text{ m} \cdot \cos 45^\circ = -1000 \text{ J}$$

2. Calcula qué inclinación presenta un plano inclinado si sabemos que un cuerpo de 15 kg que desciende desde 3 m de altura por él realiza un trabajo de rozamiento de  $-150 \text{ J}$  cuando el coeficiente de rozamiento vale 0,23.

**Solución:**

Calculamos  $\Delta x$  aplicando la trigonometría:

$$\text{sen } \alpha = \frac{h}{\Delta x}, \text{ por lo que } \Delta x = \frac{h}{\text{sen } \alpha}$$

Aplicando  $W_{\text{roz}} = -\mu m g \Delta x \cos \alpha$ , por lo que

$$\cos \alpha = \frac{W_{\text{roz}}}{\mu m g \Delta x} = \frac{-150 \text{ J}}{-0,23 \cdot 15 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{3 \text{ m}}{\text{sen } \alpha}}$$

$$\frac{\cos \alpha}{\text{sen } \alpha} = 1,48 \Rightarrow \text{tg } \alpha = \frac{1}{1,48} = 0,68 \Rightarrow \alpha = 34^\circ 4'$$

## ■ Actividades de refuerzo pág. 302

1. Calcula la potencia que desarrolla un motor que es capaz de realizar un trabajo de 104350 J cada hora. Si ese motor está situado en un vehículo de juguete de 125 g de masa que recibe una fuerza de rozamiento constante de 6 N, calcula a qué velocidad puede ir el vehículo propulsado por dicho motor.

**Solución:**

$$\text{Como } P = \frac{W}{t} = \frac{104350 \text{ J}}{1 \text{ h} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}} = 29 \text{ W}$$

$$\text{Como } P = F v_m \Rightarrow v_m = \frac{P}{F} = \frac{29 \text{ W}}{6 \text{ N}} = 4,8 \text{ m/s} = 17 \text{ km/h}$$

2. Calcula el trabajo que es capaz de realizar en un minuto un automóvil de 136 CV de potencia.

**Solución:**

$$W = P t = 136 \text{ CV} \cdot \frac{735,5 \text{ W}}{1 \text{ CV}} \cdot 60 \text{ s} = 6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

## ■ Actividad de refuerzo pág. 303

Calcula el trabajo realizado por un motor de potencia 36 kW h si funciona durante 20 min.

**Solución:**

Pregunta trampa para ver si han asumido que los kW h no es una unidad de potencia, sino de energía. Evidentemente, el trabajo que ha realizado es 36 kW h, pero no es dependiente de ninguna cantidad de tiempo. La pregunta que podemos responder es la potencia que desarrolla si tomamos como trabajo los 36 kW h. En ese caso:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{36 \text{ kW h} \cdot \frac{3600 \text{ J}}{1 \text{ kW h}}}{20 \text{ min} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}} = 108 \text{ kW}$$

También se puede calcular teniendo en cuenta que 20 min es 1/3 de hora:

$$P = 36 \text{ kW h} / \frac{1}{3} \text{ h} = 108 \text{ kW}$$

## ■ Actividad de ampliación pág. 303

Sabemos que un motor es capaz de realizar un trabajo de 500000 J en 8 s. ¿Cuál es el valor de la potencia que desarrolla?

En las instrucciones del motor especifica que tiene una potencia nominal (supuesta de fábrica) de 130 CV. ¿Cuál es el rendimiento real del motor?

**Solución:**

$$\text{Como } P = \frac{W}{t} = \frac{500\,000 \text{ J}}{8 \text{ s}} = 62\,500 \text{ W} = 62,5 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{real}}}{P_{\text{teórica}}} \cdot 100\% = \frac{62\,500 \text{ W} \cdot 100\%}{130 \text{ CV} \cdot \frac{735,5 \text{ W}}{1 \text{ CV}}} = 65\%$$

## ■ Actividades de refuerzo pág. 305

1. Al soltar un objeto de 14 kg de masa desde una determinada altura se observa que adquiere una velocidad de 13 m/s. ¿Qué trabajo se ha realizado sobre él? ¿De dónde ha salido ese trabajo?

**Solución:**

El trabajo viene dado por

$$W = 1/2 m v^2 = 1/2 \cdot 14 \text{ kg} \cdot (13 \text{ m/s})^2 = 1\,200 \text{ J}$$

Por el enunciado del problema puede interpretarse que el trabajo se hace a costa de pérdida de energía potencial gravitatoria del objeto.

2. Un cuerpo cambia de velocidad pasando de 54 a 36 km/h intercambiando un trabajo de 3 200 J. ¿Cuál es su masa? El trabajo, ¿lo realiza él o lo realizan sobre él?

**Solución:**

Pierde energía cinética, por lo que el trabajo lo realiza él.

Despejando  $m$  de  $W = 1/2 m v_f^2 - 1/2 m v_0^2$

$$m = \frac{2W}{v_f^2 - v_0^2} = \frac{2 \cdot (-3\,200 \text{ J})}{\left(36 \text{ km/h} \cdot \frac{1 \text{ m/s}}{3,6 \text{ km/h}}\right)^2 - \left(54 \text{ km/h} \cdot \frac{1 \text{ m/s}}{3,6 \text{ km/h}}\right)^2} = \frac{-6\,400 \text{ J}}{(10 \text{ m/s})^2 - (15 \text{ m/s})^2} = 51 \text{ kg}$$

## ■ Actividad de ampliación pág. 305

Al chocar dos cuerpos entre sí, el primero, de masa 10 kg y con una velocidad inicial de 12 m/s, pierde velocidad hasta moverse a 4 m/s. Si el trabajo que éste realiza sólo se transmite en un 80% al otro, de masa 3 kg y con velocidad inicial de 7 m/s, ¿a qué velocidad se mueve ahora?

**Solución:**

El primero cumple que:  $W = 1/2 m v_f^2 - 1/2 m v_0^2$

$$W = 1/2 \cdot 10 \text{ kg} \cdot [(4 \text{ m/s})^2 - (12 \text{ m/s})^2] = -640 \text{ J}$$

Al segundo sólo se transmite el 80%, por lo que se transmiten  $80\% \cdot 640 \text{ J} = 510 \text{ J}$  (es positivo, porque éste recibe la energía).

## ■ Actividad de refuerzo pág. 306

Calcula hasta qué altura sube un cuerpo de masa 12 kg e inicialmente a 5 m de altura cuando se ejerce sobre él un trabajo de 22 000 J.

**Solución:**

Despejando  $W = m g h_f - m g h_0$

$$h_f = \frac{W}{m g} + h_0 = \frac{22\,000 \text{ J}}{12 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} + 5 \text{ m} = 192 \text{ m}$$

## ■ Actividad de ampliación pág. 306

¿Qué trabajo hay que realizar sobre un satélite artificial de 80 kg (radio de su órbita = 42 000 km) para situarlo en órbita desde la superficie de la Tierra? El radio de la Tierra es 6 380 km,  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$  y  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ .

**Solución:**

$$W = -G \frac{M m}{R} - \left(-G \frac{M m}{R_T}\right) = G M m \left(\frac{1}{R_T} - \frac{1}{R}\right)$$

$$W = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 80 \text{ kg} \cdot \left(\frac{1}{6\,380 \text{ km}} - \frac{1}{42\,000 \text{ km}}\right) = 4,24 \cdot 10^9 \text{ J}$$

## ■ Actividad de ampliación pág. 307

Un muelle, de constante  $k = 40 \text{ N/cm}$ , que se encontraba comprimido 12 cm por un objeto, se suelta libre y se estira hasta que se separa del objeto. ¿Qué trabajo ha realizado sobre el objeto? Si se separa cuando todavía está comprimido 3 cm, ¿qué trabajo ha realizado ahora?

**Solución:**

Convertimos la constante a unidades SI:

$$k = 40 \frac{\text{N}}{\text{cm}} \cdot \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 4\,000 \text{ N/m}$$

El trabajo viene dado por  $W = 1/2 k (\Delta x)^2 = 1/2 \cdot 4\,000 \text{ N/m} \cdot (0,12 \text{ m})^2 = 29 \text{ J}$

Si se separan antes de haberse estirado del todo:

$$W = 1/2 k [(\Delta x_f)^2 - (\Delta x_0)^2] = 1/2 \cdot 4\,000 \text{ N/m} \cdot [(0,12 \text{ m})^2 - (0,03 \text{ m})^2] = 27 \text{ J}$$

## ■ Actividad de refuerzo pág. 309

Un muelle, de constante  $k = 32 \text{ kN/m}$ , se encuentra comprimido 30 cm por un objeto de masa 22 kg. Se deja en libertad y empuja al objeto por una superficie horizontal sin rozamiento que se va curvando hacia arriba. ¿Qué velocidad alcanza el objeto? Una vez que llega a la zona curva asciende por la superficie. ¿Hasta qué altura llegará?

Una vez que se para, vuelve a descender y llega a impactar con el muelle. ¿Cuánto se comprime ahora el muelle?

**Solución:**

$$E_{p \text{ elástica}} = 1/2 k (\Delta x)^2 = 1/2 \cdot 32\,000 \text{ N/m} \cdot (0,3 \text{ m})^2 = 1\,400 \text{ J}$$

Al principio sólo hay energía elástica, luego sólo cinética y luego sólo potencial gravitatoria.

Por eso,

$$1\,400 \text{ J} = 1/2 m v^2 = 1/2 \cdot 22 \text{ kg} \cdot v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2 E_p}{m}} = \sqrt{2 \cdot \frac{1400 \text{ J}}{22 \text{ kg}}} = 11 \text{ m/s}$$

$$1400 \text{ J} = m g h$$

$$h = \frac{1400 \text{ J}}{m g} = \frac{1400 \text{ J}}{22 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 6,5 \text{ m}$$

Cuando el objeto vuelve para atrás, y dado que se conserva la energía, el muelle se vuelve a comprimir los mismos 30 cm.

## Actividad de ampliación pág. 309

Un objeto de 30 kg de masa cae sobre un muelle, de constante  $k = 3000 \text{ N/m}$ , que se encuentra en equilibrio 4 m por debajo de él. ¿Cuánto se comprime el muelle supuesto que no hay pérdidas por rozamiento?

**Solución:**

El objeto cae y pierde energía potencial, que se transforma en energía potencial elástica del muelle. Hay que tener en cuenta que pierde no sólo la energía potencial que corresponde a su altura, sino también la que corresponde a la distancia que se comprime el muelle puesto que sigue bajando.

$$m g (h + \Delta x) = 1/2 k (\Delta x)^2$$

$$30 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (4 \text{ m} + \Delta x) = 1/2 \cdot 3000 \text{ N/m} \cdot (\Delta x)^2$$

$$1176 + 294 \Delta x = 1500 (\Delta x)^2$$

$$\Delta x = \frac{294 \pm \sqrt{(-294)^2 - 4 \cdot 1500 \cdot (-1176)}}{2 \cdot 1500} = 1 \text{ m}$$

(Sólo hemos tomado la solución positiva, que es la que tiene sentido físico por como hemos calculado la energía potencial.)

## Actividad de ampliación pág. 310

Calcula la velocidad final de un cuerpo de 5 kg de masa que se mueve inicialmente a una velocidad de 10 m/s, que recibe un trabajo motriz de 40 J y al que se hace ascender por una rampa de 3 m de altura, perdiendo en el proceso 17 J en forma de trabajo de rozamiento.

**Solución:**

Aplicando la ecuación de conservación de la energía generalizada:

$$W_{\text{motriz}} + W_{\text{roz}} + E_{\text{c0}} = E_{\text{pf}} + E_{\text{cf}}$$

$$40 \text{ J} + (-17 \text{ J}) + 1/2 \cdot 5 \text{ kg} \cdot (10 \text{ m/s})^2 = 273 \text{ J} =$$

$$= 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ m} + 1/2 \cdot 5 \text{ kg} \cdot v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot (273 \text{ J} - 147 \text{ J})}{5 \text{ kg}}} = 7,1 \text{ m/s}$$

## Actividad de ampliación pág. 311

Si en una bomba atómica, constituida por átomos de  $^{235}\text{U}$ , se pierden en la transformación (fisión) 0,6 g de uranio, que se convierten totalmente en energía, ¿cuánta energía se obtiene en la fisión?

Una tep (tonelada equivalente de petróleo: es la energía liberada en la combustión de 1 tonelada de petróleo) equivale a  $4,18 \cdot 10^9 \text{ J}$ . ¿Cuántas toneladas de petróleo hay que quemar para obtener la misma energía que libera la reacción de fisión del uranio?

Aplicando la Ecuación de Einstein,  $E = \Delta m c^2$

$$E = 0,6 \text{ g} \cdot 1 \text{ kg}/1000 \text{ g} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 5,4 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

$$5,4 \cdot 10^{13} \text{ J} \cdot 1 \text{ tep}/4,18 \cdot 10^9 \text{ J} = 13000 \text{ tep} = 13 \text{ kilotonnes}$$

Se puede utilizar el problema para comentar que ésta fue la pérdida de masa y la energía liberada por la primera bomba atómica lanzada en una guerra, la de Hiroshima, aunque ésta era de plutonio.

## Actividad de refuerzo pág. 312

Un arco de constante  $k = 400 \text{ N/m}$  se precarga con una flecha con una varilla de 60 cm de longitud y de masa 55 g, tensándose la longitud completa de la varilla.

Suponiendo que al soltar la cuerda ésta transmite a la flecha el 95 % de su energía, ¿con qué velocidad sale disparada la flecha? Si al impactar con el blanco, éste ejerce una fuerza de rozamiento de 650 N sobre la flecha, ¿cuánto se incrustará la flecha en el blanco?

**Solución:**

$$E_{\text{p elástica}} = 1/2 k (\Delta x)^2 = 1/2 \cdot 400 \text{ N/m} \cdot (0,6 \text{ m})^2 = 72 \text{ J}$$

Como se aprovecha el 95 % de la energía inicial, se aprovechan  $72 \text{ J} \cdot 95\% = 68 \text{ J}$

Despejando,

$$68 \text{ J} = 1/2 m v^2 = 1/2 \cdot 0,055 \text{ kg} \cdot v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 68 \text{ J}}{0,055 \text{ kg}}} = 50 \text{ m/s}$$

La energía que lleva la flecha es de 68 J, que deben transformarse íntegramente en trabajo de rozamiento:

$$W = 68 \text{ J} = F_{\text{roz}} d = 650 \text{ N} \cdot d$$

$$d = 68 \text{ J}/650 \text{ N} = 0,105 \text{ m} = 10,5 \text{ cm}$$

## Evaluación

- Calcula el trabajo que realiza el motor de un coche que realiza una fuerza horizontal de 5000 N, mientras el coche se desplaza 30 m, a velocidad constante sin rozamientos. ¿Y el que realiza un obrero que arrastra un saco de 100 kg por un suelo deslizante a lo largo de 12 m, haciendo una fuerza de 150 N formando un ángulo de  $30^\circ$  sobre la horizontal? ¿Y el trabajo que hace la fuerza de rozamiento (6 N) de una moto con el suelo cuando ésta recorre 400 m?

**Solución:**

Como el trabajo es  $W = F \Delta x \cos \alpha$ :

$$\text{Coche: } W = 5000 \text{ N} \cdot 30 \text{ m} \cdot \cos 0^\circ = 150000 \text{ J}$$

$$\text{Obrero: } W = 150 \text{ N} \cdot 12 \text{ m} \cdot \cos 30^\circ = 1560 \text{ J}$$

$$\text{Moto: } W = 6 \text{ N} \cdot 400 \text{ m} \cdot \cos 180^\circ = -2400 \text{ J}$$

- 2> Un lanzador de piedras lanza una piedra de 40 kg de masa sobre el suelo con una velocidad de  $6 \text{ m s}^{-1}$ , y ésta se desliza 3,5 m hasta que se detiene. Calcula el valor del trabajo de rozamiento y el coeficiente de rozamiento de la piedra con el suelo.

**Datos:**  $g_0 = 9,80 \text{ m s}^{-2}$

**Solución:**

La piedra tiene energía cinética:

$$\frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 40 \text{ kg} \cdot (6 \text{ m s}^{-1})^2 = 720 \text{ J}$$

Como al final toda la energía cinética se pierde, ésta se transforma en trabajo de rozamiento:

$$W_r = -80 \text{ J}$$

Aplicando la fórmula del trabajo de rozamiento:

$$W_r = \mu m g \cos \alpha \Delta x \quad \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \mu = \frac{-720 \text{ J}}{40 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \cos 180^\circ \cdot 3,5 \text{ m}} = 0,52$$

- 3> Calcula la potencia que debe tener una bomba de agua para elevar  $40 \text{ m}^3$  de agua hasta una altura de 20 m en una hora. Contesta en W y CV. Expresa la cantidad de energía que se le ha suministrado al agua (en forma de energía potencial) en kW h.

**Datos:**  $g_0 = 9,80 \text{ m s}^{-2}$ ; densidad del agua:  $1 \text{ kg/dm}^3$

**Solución:**

Al elevar el agua, lo que hacemos es aumentar la energía potencial de ésta, por lo que

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\Delta E_p}{t} = \frac{m g \Delta h}{t} = \frac{d V g \Delta h}{t} =$$

$$= \frac{1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot \frac{1000 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3} \cdot 40 \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 20 \text{ m}}{1 \text{ h} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}} = 2180 \text{ W}$$

$$2180 \text{ W} \cdot \frac{1 \text{ CV}}{735 \text{ W}} = 2,97 \text{ CV}$$

La energía suministrada es  $2,18 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} = 2,18 \text{ kW h}$ .

- 4> ¿Quién tiene más energía: un objeto de 5 kg que se mueve a  $15 \text{ m s}^{-1}$ , un niño de 25 kg que se encuentra en un globo aerostático a 100 m de altura, o un muelle de constante recuperadora  $10000 \text{ N/m}$  que está comprimido 10 cm? Razona la respuesta.

**Solución:**

El objeto tiene energía cinética:  $E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 5 \text{ kg} \cdot (15 \text{ m s}^{-1})^2 = 562,5 \text{ J}$ .

El niño tiene energía potencial:  $E_p = m g h = 25 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 100 \text{ m} = 24500 \text{ J}$ .

El muelle tiene energía potencial elástica:  $E_p = \frac{1}{2} k (\Delta x)^2 = \frac{1}{2} \cdot 10000 \text{ N/m} \cdot (0,1 \text{ m})^2 = 50 \text{ J}$ .

Tiene mucha más energía el niño; el que menos tiene es el muelle.

- 5> Un esquiador de 70 kg se tira desde un trampolín de 15 m de altura con una velocidad de  $20 \text{ m s}^{-1}$ , cayendo sobre una pista horizontal, y sin frenar, se enreda en una red elástica que se estira 4 m hasta que detiene al esquiador. Calcula la velocidad con la que llega a la pista y la constante elástica de la red.

**Datos:**  $g_0 = 9,80 \text{ m s}^{-2}$

**Solución:**

Al principio, el esquiador tiene energía cinética y potencial con un valor total de

$$E = \frac{1}{2} m v_0^2 + m g h = \frac{1}{2} \cdot 70 \text{ kg} \cdot (20 \text{ m s}^{-1})^2 + 70 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m s}^{-2} \cdot 15 \text{ m} = 14000 \text{ J} + 10290 \text{ J} = 24290 \text{ J}$$

Esta energía se conserva en todo el recorrido. Primero se transforma toda ella en energía cinética cuando toca pista, con lo que la velocidad es

$$E = \frac{1}{2} m v^2, \text{ de donde } v = \sqrt{\frac{2 E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 24290 \text{ J}}{70 \text{ kg}}} = 26,3 \text{ m s}^{-1}$$

Posteriormente, toda la energía cinética se transforma en elástica:

$$E = \frac{1}{2} k (\Delta x)^2, \text{ de donde } k = \frac{2 E}{(\Delta x)^2} = \frac{2 \cdot 24290 \text{ J}}{(4 \text{ m})^2} = 3036 \text{ N/m}$$

### Actividad de ampliación pág. 332

Calcula la temperatura final a la que se establece el equilibrio en una herrería dentro de un recipiente que contiene 4,3 L de agua a 10°C cuando introducimos en él un trozo de hierro de 750 g que estamos forjando y que se encuentra a 500°C. ¿Por qué al introducirlo en el agua chisporrotea y sale vapor de agua al mismo tiempo que deja de estar rojo y vuelve a coger su apariencia gris oscura? Utiliza los datos que necesites de la Tabla 8.1.

**Solución:**

El calor que absorbe el agua se lo suministra el hierro y ambos tienen que alcanzar la misma temperatura final (Principio Cero), por lo que:

$$Q_{\text{abs}} = m_{\text{agua}} c_{e \text{ agua}} \Delta T_{\text{agua}} = -Q_{\text{ced}} = -m_{\text{Fe}} c_{e \text{ Fe}} \Delta T_{\text{Fe}}$$

$$4,3 \text{ kg} \cdot 4180 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (T_f - 283 \text{ K}) = -0,75 \text{ kg} \cdot 440 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (T_f - 773 \text{ K})$$

$$18000 T_f - 5100000 = 260000 - 330 T_f$$

$$18300 T_f = 5360000 \Rightarrow T_f = 293 \text{ K} = 20 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Al principio sale vapor porque el hierro se junta con el agua superficial y como es poca alcanza la temperatura de ebullición. Cuando entra en el agua ya actúa toda ella y lo enfría sin llegar a ebullición. El hierro cambia el color volviendo a su color natural a bajas temperaturas, puesto que muy rápidamente pierde los 500°C.

### Actividad de refuerzo pág. 333

Si sabemos que en un recipiente de 3 L, al calentarlo hasta 200°C, se alcanza una presión de 2,5 atm, ¿cuántas partículas gaseosas hay en su interior? ¿Cuántos moles de gas? Utiliza como datos el valor de R y el número de Avogadro. Si no pudieras utilizar el valor de R como dato, ¿con qué otros datos podrías hacer el problema?

**Solución:**

Aplicando la ecuación  $pV = nRT$ ,

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{2,5 \text{ atm} \cdot 3 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 473 \text{ K}} = 0,19 \text{ moles}$$

0,19 moles  $\cdot 6,022 \cdot 10^{23}$  partículas  $\text{mol}^{-1} = 1,16 \cdot 10^{23}$  partículas

Con el valor de la constante de Boltzmann podríamos haberlo hecho:

$$R = k_B N_A$$

### Actividad de ampliación pág. 335

Nos proponemos llevar el gas contenido en un recipiente extensible, inicialmente de 5 L, y a presión atmosférica hasta otra situación donde la presión vale exactamente 2,2 atm y el volumen es de 10 L. ¿Cualquier camino que elijamos necesitará la misma cantidad de trabajo?

**Solución:**

Podemos empezar pasando de las condiciones iniciales a subir la presión manteniendo el volumen para terminar manteniendo la presión y aumentando el volumen, por lo que el trabajo será:

$$W_T = W_1 + W_2 = -p_0 (V_0 - V_0) + [-p_f (V_f - V_0)] = 0 - 2,2 \text{ atm} \cdot 101300 \text{ Pa atm}^{-1} (10 \text{ L} - 5 \text{ L}) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ L}^{-1} = -1100 \text{ J}$$

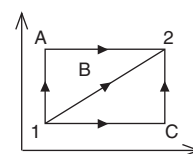
Ahora invertimos: primero aumento de volumen, luego aumento de presión:

$$W'_T = W'_1 + W'_2 = -p_0 (V_f - V_0) + [-p_0 (V_f - V_f)] = -1 \text{ atm} \cdot 101300 \text{ Pa atm}^{-1} (10 \text{ L} - 5 \text{ L}) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ L}^{-1} + 0 = -510 \text{ J}$$

Es evidente que los resultados son diferentes, por lo que podemos concluir que el trabajo depende del camino que elijamos para pasar de un punto termodinámico a otro.

### Actividad de refuerzo pág. 336

Calcula el trabajo realizado por un gas que transita termodinámicamente del punto 1 al 2 por los tres caminos planteados A, B y C si la presión correspondiente al punto 1 es 0,16 atm y su volumen, 13 L, y la correspondiente al punto 2 es 0,50 atm con un volumen de 70 L. ¿Cuál es el trabajo asociado al ciclo producido cuando el gas evoluciona de 1 a 2 por el camino A y retorna de 2 a 1 por el B?



**Solución:**

$$W_A = W_{1A} + W_{A2} = -p_0 (V_0 - V_0) + [-p_f (V_f - V_0)] = 0 - 0,50 \text{ atm} \cdot 101300 \text{ Pa atm}^{-1} \cdot (70 \text{ L} - 13 \text{ L}) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ L}^{-1} = -2900 \text{ J}$$

$$W_B = W_A - \frac{-\Delta p \Delta V}{2} = -2900 \text{ J} + \frac{0,34 \text{ atm} \cdot 101300 \text{ Pa} \cdot 57 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}}{2} = -1900 \text{ J}$$

$$W_C = W_{1C} + W_{C2} = -p_0 (V_f - V_0) + [-p_0 (V_f - V_f)] = -0,16 \text{ atm} \cdot 101300 \text{ Pa atm}^{-1} \cdot (70 \text{ L} - 13 \text{ L}) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ L}^{-1} + 0 = -920 \text{ J}$$

Se podría hacer sólo gráficamente, teniendo en cuenta que el camino A forma un rectángulo, al igual que el C, mientras que el B forma un trapecio.

$$W_{\text{ciclo}} = W_A - W_B = -2900 \text{ J} - (-1900 \text{ J}) = -1000 \text{ J}$$

### Actividad de ampliación pág. 338

Una bala de plomo de 20 g de masa se dispara a 100 m/s sobre una pared también de plomo, de 2 kg de masa, aislada térmicamente del exterior. Si toda la energía de la bala se invierte en calentar el plomo, ¿qué temperatura alcanzará si se encuentra inicialmente a 20°C? Si esa energía se le suministra a un cilindro, con un émbolo que contiene 5 L de gas hidrógeno a 1 atm de presión, ¿cuál será el volumen final del gas si la presión es constante?

Obtén los datos que necesites de la Tabla 8.1

**Solución:**

$$E_c = 1/2 m v^2 = 1/2 \cdot 0,02 \text{ kg} \cdot (100 \text{ m/s})^2 = 100 \text{ J}$$

Si toda la energía se transforma en calor,

$$Q = m c_e \Delta T \Rightarrow 100 \text{ J} = 2,02 \text{ kg} \cdot 130 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = 0,4 \text{ K} \Rightarrow T_f = 20,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

La energía hace que el gas contenido en el émbolo se expanda, y dado que el trabajo es  $p \Delta V$ :

$$100 \text{ J} = 1 \text{ atm} \cdot 101300 \text{ Pa/atm} \cdot \Delta V$$

$$\Delta V = 0,99 \text{ L}$$

Ocupará aproximadamente 6 L de volumen.

(Debemos prescindir de signos en el trabajo a estas alturas, al no haber trabajado con isoprocesos.)

## Actividades de refuerzo pág. 339

1. Sobre un sistema realizamos un trabajo de 300 J al mismo tiempo que se le suministra un calor de 125 cal. ¿Cuál ha sido la variación en la energía interna del sistema?

**Solución:**

Aplicando el Primer Principio:

$$\Delta U = Q + W = 125 \text{ cal} \cdot \frac{4,18 \text{ J}}{1 \text{ cal}} + 300 \text{ J} = 820 \text{ J}$$

2. Si un sistema realiza un trabajo sobre el entorno al mismo tiempo que recibe calor de éste, ¿podemos afirmar si gana o pierde energía interna?

Cuando un sistema gaseoso pierde energía interna es porque desciende la temperatura a la que se encuentra. Si un sistema gaseoso realiza un trabajo y al mismo tiempo emite calor al entorno, ¿qué podemos decir que ha sucedido con la temperatura a la que se encuentra?

**Solución:**

Como  $\Delta U = Q + W$ , y uno es positivo y el otro negativo, no podemos afirmar si gana o pierde energía interna. Ganará si el calor que recibe es mayor que el trabajo que realiza y perderá en caso contrario, no variando si son iguales.

Como ambos son pérdidas, se hará a costa de la energía interna y, por lo tanto, descenderá la temperatura del sistema.

## Actividad de refuerzo pág. 341

Al suministrar 346 cal a un sistema que contiene en una botella de paredes fijas oxígeno gas a 32 °C se observa que la temperatura que alcanza es de 123 °C. ¿Cuál es la masa de gas contenida dentro de la botella? Si el volumen de la botella es 5 L, ¿a qué presión se encontraba inicialmente?

**Solución:**

El proceso es isocórico, por lo que  $W = 0$

$$Q = \Delta U = m c_v (T_f - T_0)$$

$$m = \frac{Q}{c_v \Delta T} = \frac{346 \text{ cal} \cdot \frac{4,18 \text{ J}}{1 \text{ cal}}}{648 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 91 \text{ K}} = 24,5 \text{ g}$$

Aplicando la Ecuación de los gases perfectos:

$$p = \frac{n R T}{V} = \frac{24,5 \text{ g de O}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol de O}_2}{32 \text{ g de O}_2} \cdot 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 305 \text{ K}}{5 \text{ L}} = 3,8 \text{ atm}$$

## Actividad de refuerzo pág. 342

Suminramos 2500 J a un sistema que contiene dentro de un termo 5 moles de nitrógeno gas, inicialmente a 20 °C. ¿Qué temperatura alcanza? Si la presión inicial es 1,2 atm, calcula el volumen inicial del recipiente y representa en un diagrama  $p$ - $V$  el proceso seguido por el gas (no es necesario que calcules con precisión el punto final, sino sólo el punto inicial y hacia dónde transcurre el proceso).

**Solución:**

El proceso es adiabático, por lo que  $Q = 0$

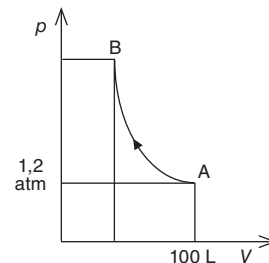
$$W = \Delta U = m c_v (T_f - T_0)$$

$$T_f = \frac{W}{m c_v} + T_0 = \frac{2500 \text{ J}}{5 \text{ mol} \cdot \frac{0,028 \text{ kg de N}_2}{1 \text{ mol}} \cdot 740 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}} + 293 \text{ K} = 317 \text{ K}$$

Aplicando la ecuación de los gases perfectos:

$$V = \frac{n R T}{P} = \frac{5 \text{ moles de N}_2 \cdot 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 293 \text{ K}}{1,2 \text{ atm}} = 100 \text{ L}$$

La gráfica que sigue es la siguiente:



Donde lo importante es que disminuye el volumen aumentando fuertemente la presión. El trabajo ha realizado una compresión adiabática.

## Evaluación

1. Un trozo de aluminio de 120 g de masa, que se encuentra a 80 °C, se añade a un recipiente que contiene 250 g de agua a 15 °C. Calcula la temperatura final que tendrá el agua, supuesto que no hay pérdidas de calor al exterior.

**Datos:** Calor específico del aluminio = 895 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>; del agua = 4180 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>.

**Solución:**

Teniendo en cuenta que el calor es una energía en tránsito, la cantidad de calor que desprende el aluminio debe ser absorbida por el agua, por lo que  $Q_{\text{abs}} = -Q_{\text{ced}}$ .

Por otro lado, según el Principio Cero, la temperatura final ha de ser la misma, por lo que

$$Q_{\text{abs}} = -Q_{\text{ced}} = m_{\text{Al}} c_{\text{eAl}} (T_f - T_{0\text{Al}}) = -m_{\text{agua}} c_{\text{e agua}} (T_f - T_{0\text{ agua}})$$

$$\text{Por lo que } 0,12 \text{ kg} \cdot 895 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (T_f - 353 \text{ K}) = -0,25 \text{ kg} \cdot 4180 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (T_f - 288 \text{ K})$$

$$107 \text{ J K}^{-1} \cdot T_f - 37900 \text{ J} = -1045 \text{ J K}^{-1} \cdot T_f + 301000 \text{ J}$$

$$1152 \text{ J K}^{-1} \cdot T_f = 339000 \text{ J}$$

De donde  $T_f = 294 \text{ K} = 21^\circ\text{C}$

Se podía haber hecho en  $^\circ\text{C}$ , pero por respetar las unidades hemos preferido pasarlo a K.

2. Calcula el volumen inicial que ocupaba un gas, si se le ha suministrado un trabajo de 300 J para comprimirlo isobáricamente hasta ocupar 20,0 L, a una presión atmosférica de 700 mm de Hg.

**Solución:**

$$\begin{aligned} \text{El trabajo es } W = -p \Delta V &\Leftrightarrow \Delta V = \\ &= \frac{300 \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ atm L}}{101,3 \text{ J}}}{-700 \text{ mmHg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}}} = -3,2 \text{ L} \end{aligned}$$

Como  $\Delta V = V_f - V_0 \Leftrightarrow V_0 = V_f - \Delta V = 20,0 \text{ L} - (-3,2 \text{ L}) = 23,2 \text{ L}$ .

3. Determina el calor intercambiado por un sistema en los siguientes casos:

- Se expande adiabáticamente entre 3 atm y  $1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .
- Se expande isotérmicamente realizando un trabajo de 3 900 J.
- Realiza una transformación isocórica en la que su energía interna se ve disminuida en 1500 cal. ¿Se encuentra a mayor o menor temperatura? ¿Es una compresión o una expansión?

**Solución:**

- No es necesario hacer cálculos. Un proceso adiabático no intercambia calor: 0 J.
- Como en un proceso isotérmico no varía la energía interna:  $0 = Q - 3900 \text{ J}$ . Recibe una cantidad de calor de 3900 J.
- En una transformación isocórica no se realiza ni se recibe trabajo:  $-1500 \text{ cal} = Q + 0$ .  
Se desprenden 1500 cal ( $Q = -1500 \text{ cal} \cdot 4,18 \text{ J cal}^{-1} = -6270 \text{ J}$ ). Como la energía interna disminuye, la temperatura también lo hará. No hay ni compresión ni expansión, ya que el volumen no varía en un proceso isocórico.

4. Calcula en unidades del SI el valor de  $c_v$ , para el oxígeno, si 38,4 g de este gas absorben 750 J al aumentar su temperatura  $30^\circ\text{C}$ .

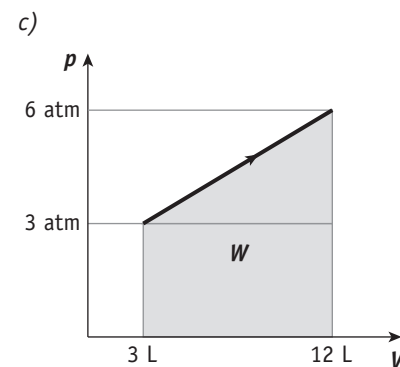
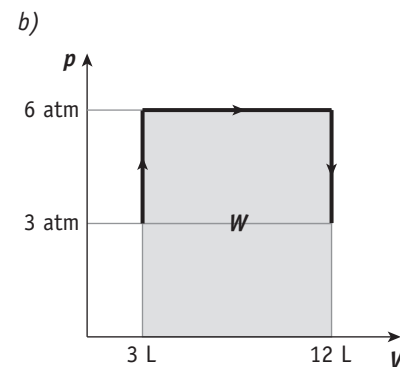
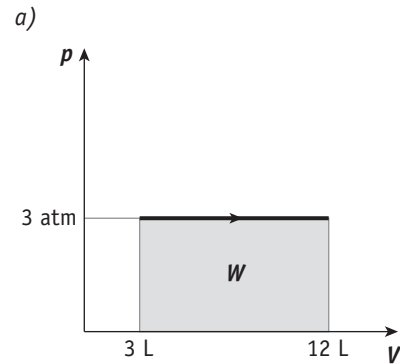
Por ser un proceso de cálculo de  $c_v$ , el volumen permanece constante y el calor absorbido es igual a  $Q_{\text{abs}} = m c_v \Delta T$ .

Despejando  $c_v$ :

$$c_v = \frac{Q_{\text{abs}}}{m \Delta T} = \frac{750 \text{ J}}{38,4 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 30 \text{ K}} = 651 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

5. Calcula gráficamente el trabajo realizado por un sistema que se encuentra a 3 atm de presión, cuando se expande desde 3 L hasta 12 L, siguiendo los siguientes caminos:

- Proceso isobárico.
- Proceso isocórico donde la presión aumenta al doble, expansión isobárica y proceso isocórico hasta el punto final.
- Va en línea recta del punto (3 L, 3 atm) al punto (12 L, 5 atm).

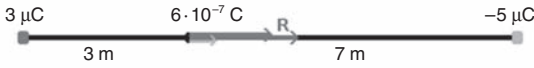


- El trabajo es el área del rectángulo, negativo por ser expansión:  
 $W = -3 \text{ atm} \cdot 9 \text{ L} = -27 \text{ atm L} \cdot 101,3 \text{ J atm}^{-1} \text{ L}^{-1} = -2735 \text{ J}$
- El trabajo es el área del rectángulo, negativo por ser expansión:  
 $W = -6 \text{ atm} \cdot 9 \text{ L} = -54 \text{ atm L} \cdot 101,3 \text{ J atm}^{-1} \text{ L}^{-1} = -5470 \text{ J}$
- El trabajo es el área del trapecio (rectángulo + triángulo), negativo por ser expansión:  
 $W = -(3 \text{ atm} + 5 \text{ atm})/2 \cdot 9 \text{ L} = -36 \text{ atm L} \cdot 101,3 \text{ J atm}^{-1} \text{ L}^{-1} = -3650 \text{ J}$

### ■ Actividad de refuerzo pág. 357

Calcula la fuerza eléctrica que ejercen dos cargas eléctricas, de  $3 \mu\text{C}$  y  $-5 \mu\text{C}$ , separadas  $10 \text{ cm}$  sobre otra carga de  $6 \cdot 10^{-7} \text{ C}$  situada entre ambas en la línea que las une y a  $3 \text{ cm}$  de la primera. ¿Y si todas las fuerzas fueran positivas?

**Solución:**



Aplicando la Ley de Coulomb a cada una:

$$F_1 = K \frac{q_1 q}{d_1^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2} \cdot \frac{3 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 6 \cdot 10^{-7} \text{ C}}{(3 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2} = 18 \text{ N}$$

$$F_2 = K \frac{q_2 q}{d_2^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2} \cdot \frac{-5 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 6 \cdot 10^{-7} \text{ C}}{(7 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2} = -5,5 \text{ N}$$

La primera es repulsiva y la segunda es atractiva, por lo que se dirigen hacia el mismo sentido.

$$F_R = 18 \text{ N} + 5,5 \text{ N} = 23,5 \text{ N} \text{ hacia la carga negativa.}$$

Si todas las fuerzas fueran positivas, las dos componentes serían opuestas, por lo que la resultante sería la diferencia:

$$F_R = 18 \text{ N} - 5,5 \text{ N} = 12,5 \text{ N} \text{ hacia la carga negativa.}$$

### ■ Actividad de ampliación pág. 358

Por encima de una carga  $Q$ , de  $3,2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ , y a  $10 \text{ cm}$  de ella, se encuentra una carga  $q_1$  de  $-2,8 \mu\text{C}$ . A  $30 \text{ cm}$  a la derecha de  $Q$  se encuentra otra carga  $q_2$  de  $6,5 \mu\text{C}$ . ¿En qué punto (distancia y ángulo sobre la horizontal) debemos situar una carga de  $10 \mu\text{C}$  para que la carga  $Q$  no experimente ningún tipo de fuerza eléctrica?

**Solución:**

La fuerza que ejerce  $q_1$  sobre  $Q$  vale:

$$F_1 = K \frac{q_1 Q}{d_1^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2} \cdot \frac{-2,8 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ C}}{(10^{-1} \text{ m})^2} = 0,81 \text{ N} \text{ hacia arriba}$$

y la que ejerce  $q_2$  es igual a  $F_2 = K \frac{q_2 Q}{d_2^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2} \cdot$

$$\frac{6,5 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ C}}{(3 \cdot 10^{-1} \text{ m})^2} = 0,21 \text{ N} \text{ hacia la izquierda}$$

Por lo tanto, la fuerza que ejerce la última carga,  $q_3$ , debe valer  $0,81 \text{ N}$  hacia abajo y  $0,21 \text{ N}$  hacia la derecha, por lo que

$$d_{3x} = \sqrt{K \frac{q_3 Q}{F_{3x}}} = \sqrt{9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2} \frac{10^{-5} \text{ C} \cdot 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ C}}{0,21 \text{ N}}} = 0,37 \text{ m}$$

hacia la izquierda de  $Q$  para que la repela hacia la derecha.

$$d_{3y} = \sqrt{K \frac{q_3 Q}{F_{3y}}} = \sqrt{9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2} \frac{10^{-5} \text{ C} \cdot 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ C}}{0,81 \text{ N}}} = 0,19 \text{ m}$$

hacia arriba de  $Q$  para que la repela hacia abajo.

La distancia a la carga  $Q$  vendrá dada por la hipotenusa del triángulo rectángulo que forman ésta y las dos componentes que hemos hallado:

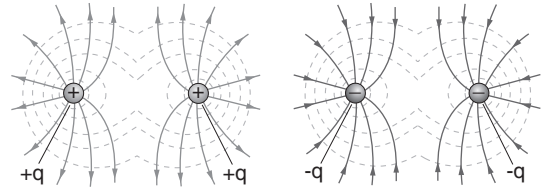
$$d_3 = \sqrt{d_{3y}^2 + d_{3x}^2} = \sqrt{(0,19 \text{ m})^2 + (0,37 \text{ m})^2} = 0,42 \text{ m}$$

Y el ángulo vendrá dado por  $\text{tg } \alpha = \frac{d_{3y}}{d_{3x}} = \frac{-0,19 \text{ m}}{0,37 \text{ m}} = -0,51 \Rightarrow \Rightarrow 152^\circ 49'$

El ángulo es en el segundo cuadrante por los propios resultados del problema. En la tangente hemos puesto signo a la distancia  $d_{3y}$ , puesto que es hacia la izquierda, y en los ángulos es importante el sentido.

### ■ Actividad de refuerzo pág. 361

Dibuja el campo que crean dos cargas iguales del mismo signo (los dos casos: positivas y negativas) separadas una cierta distancia.



### ■ Actividades de refuerzo pág. 362

1. Calcula el potencial eléctrico debido a dos cargas eléctricas, de  $1,3 \mu\text{C}$  y  $-2,8 \mu\text{C}$  y separadas  $35 \text{ cm}$ , en un punto situado entre ambas, en la línea que las une y a  $10 \text{ cm}$  de la segunda. ¿Y el que se crea a  $10 \text{ cm}$  de la segunda pero alejándose de la primera?

**Solución:**



Hay que tener en cuenta que el potencial es una magnitud escalar, por lo que

$$V_1 = K \frac{q_1}{d_1} = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2} \cdot \frac{1,3 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{25 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 4,7 \cdot 10^7 \text{ V}$$

$$V_2 = K \frac{q_2}{d_2} = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2} \cdot \frac{-2,8 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{10^{-1} \text{ m}} = -2,5 \cdot 10^5 \text{ V}$$

Se suman como escalares que son, por lo que

$$V_R = 4,7 \cdot 10^4 \text{ V} - 2,5 \cdot 10^5 \text{ V} = -2,0 \cdot 10^5 \text{ V.}$$



Si ahora lo calculamos por fuera de las dos cargas, el valor debido a la segunda carga sería el mismo, pero no así el debido a la primera:

$$V_1 = K \frac{q_1}{d_1} = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2} \cdot \frac{1,3 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{35 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 3,3 \cdot 10^4 \text{ V}$$

Sumándolos:

$$V_R = 3,3 \cdot 10^4 \text{ V} - 2,5 \cdot 10^5 \text{ V} = -2,2 \cdot 10^5 \text{ V}$$



2. Si con la distribución de cargas del problema anterior llevamos la carga del primer punto hasta el segundo siguiendo una línea recta (pasando por el punto donde se encuentra la carga negativa), ¿cómo varía el potencial? ¿Hacia dónde se dirige en cada momento?

**Solución:**

Como se va acercando a la carga negativa, el potencial que ésta crea se hace fuertemente negativo, por lo que el potencial irá disminuyendo hasta alcanzar el valor  $\infty$  cuando nos encontramos en el punto donde se encuentra la carga negativa. Luego aumenta (se hace menos negativo), ya que se aleja de las dos (el efecto de la carga negativa siempre es mayor, por ser mayor el valor absoluto de la carga y estar más cerca).

Pregunta trampa: El potencial es una magnitud escalar y por lo tanto no se dirige hacia ningún lado. Es un simple valor numérico con su unidad correspondiente.

### Actividad de refuerzo pág. 363

Calcula la diferencia de potencial que hay entre dos puntos de una distribución de cargas eléctricas si sabemos que una carga de  $4 \cdot 10^{-7}$  C, al desplazarse entre ellos, realiza un trabajo de  $3,2 \cdot 10^{-3}$  J. ¿Cuál de los puntos está a mayor potencial?

**Solución:**

Aplicando la fórmula del trabajo y la diferencia de potencial:

$$W_{AB} = q (V_A - V_B) \text{ por lo que}$$

$$V_A - V_B = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{3,2 \cdot 10^{-3} \text{ J}}{4 \cdot 10^{-7} \text{ C}} = 8000 \text{ V}$$

Como la carga es positiva y realiza ella el trabajo es porque se aleja de las cargas positivas y se acerca a las negativas, por lo que se acerca a potenciales decrecientes. Está a mayor potencial el punto de partida.

### Actividades de refuerzo pág. 364

1. Por la sección perpendicular de un cable conductor contabilizamos que pasan  $2,55 \cdot 10^{22}$  electrones cada hora. Calcula la intensidad de la corriente que atraviesa el conductor.

**Datos:**  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C

**Solución:**

La intensidad viene dada por

$$I = \frac{q}{t} = \frac{2,55 \cdot 10^{22} e^- \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{C}}{e^-}}{1 \text{ h} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}} = 1,13 \text{ A}$$

2. Sabemos que la intensidad de corriente que circula por una cuba electrolítica es de 3 mA. ¿Cuál es la carga eléctrica que atraviesa la cuba en 10 minutos? ¿Cuántos electrones se acumulan en un electrodo en ese tiempo?

**Datos:**  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C

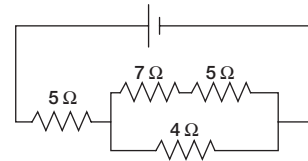
**Solución:**

$$Q = I t = 3 \text{ mA} \cdot \frac{1 \text{ A}}{1000 \text{ mA}} \cdot 10 \text{ min} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 1,8 \text{ C}$$

$$n \cdot e^- = 1,8 \text{ C} \cdot \frac{1 e^-}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 1,1 \cdot 10^{19} \text{ electrones}$$

### Actividad de refuerzo pág. 366

Calcula la resistencia equivalente a la asociación de resistencias del circuito siguiente:



**Solución:**

La resistencia equivalente al ramal superior de la derivación es:  $R_A = 7 \Omega + 5 \Omega = 12 \Omega$

La de toda la derivación es:

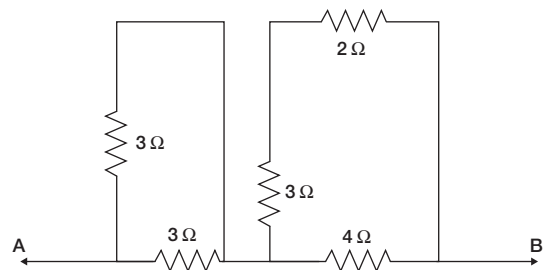
$$R_B = \frac{R_A R_4}{R_A + R_4} = \frac{12 \Omega \cdot 4 \Omega}{12 \Omega + 4 \Omega} = \frac{48 \Omega^2}{16 \Omega} = 3 \Omega$$

La resistencia total es  $R_T = 5 \Omega + 3 \Omega = 8 \Omega$

### Actividad de ampliación pág. 366

**Nota:** Muchas veces le damos tan claro el dibujo de las resistencias que no tienen ni que pensar cómo se asocian. Este problema pretende complicarles un poco la distribución de las resistencias.

Calcula la resistencia equivalente a la asociación de resistencias del tramo de circuito siguiente:



**Solución:**

La resistencia equivalente al ramal de la izquierda (paralelo) es:

$$R_A = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \Omega \cdot 3 \Omega}{3 \Omega + 3 \Omega} = \frac{9 \Omega^2}{6 \Omega} = \frac{3}{2} \Omega$$

La resistencia equivalente al ramal superior de la derivación que hay a la derecha es

$$R_B = R_3 + R_4 = 3 \Omega + 2 \Omega = 5 \Omega$$

La de toda la derivación es:

$$R_C = \frac{R_B R_5}{R_B + R_5} = \frac{5 \Omega \cdot 4 \Omega}{5 \Omega + 4 \Omega} = \frac{20 \Omega^2}{9 \Omega} = \frac{20}{9} \Omega$$

La resistencia total es

$$R_T = R_A + R_C = \frac{3}{2} \Omega + \frac{20}{9} \Omega = \frac{67}{18} \Omega = 3,7 \Omega$$

### Actividad de refuerzo pág. 368

Las bombillas habituales que venden en las tiendas de electricidad, para utilizar con voltajes de 220 V, oscilan entre 25 y

**300 W. ¿Cuál es la que tiene la resistencia mayor y cuánto vale? Contesta la misma pregunta pero para la de resistencia menor.**

**Si las conectáramos a una corriente de 125 V, ¿qué magnitudes físicas cambiarían? ¿Lucirían más o menos?**

**Solución:**

Como  $P = VI$  y  $V = IR \Rightarrow P = \frac{V^2}{R}$ , de donde  $R = \frac{V^2}{P}$ , por lo que tendrá mayor

resistencia la de menor potencia:  $R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220 \text{ V})^2}{25 \text{ W}} = 1,9 \cdot 10^3 \Omega$

y la menor será  $R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220 \text{ V})^2}{300 \text{ W}} = 1,6 \cdot 10^2 \Omega$

Al conectarla a una diferencia de potencial menor no varía la resistencia, al ser debida a la propia constitución interna de la bombilla. Como  $V$  varía sin hacerlo  $R$ , la potencia varía, ya que hay una fórmula que relaciona directamente las tres magnitudes. Lo mismo ocurre para  $I$ .

Al disminuir  $V$  sin variar  $R$ , el valor de la potencia disminuye, por lo que las bombillas lucirían menos. En el caso contrario las bombillas lucirían más, pero a costa de emitir más energía de la que deberían, y por eso se funden rápidamente.

## Actividad de ampliación pág. 369

**Conectamos una batería de fem  $\varepsilon = 12 \text{ V}$  y resistencia interna  $r = 0,65 \Omega$  a un circuito de iluminación donde colocamos en paralelo 4 bombillas que marcan  $12 \text{ V}$  y  $40 \text{ W}$ .**

**a) ¿Qué valor tiene la resistencia equivalente del circuito sin tener en cuenta la batería?**

**b) ¿Qué intensidad real recorre el circuito?**

**c) ¿Cuál es la diferencia de potencial real que existe entre los bornes de cada bombilla?**

**d) ¿Qué potencia real disipa cada bombilla?**

**e) ¿Cuántas calorías desprende la batería si está en funcionamiento 3 horas?**

**Solución:**

$$a) R_1 = \frac{V^2}{P} = \frac{(12 \text{ V})^2}{40 \text{ W}} = 3,6 \Omega$$

Como son 4 bombillas de la misma resistencia:

$$R_T = \frac{R_1 R_2 R_3 R_4}{4 R_2 R_3 R_4} = \frac{R_1}{4} = 3,6 \Omega / 4 = 0,9 \Omega$$

**b)** Aplicando la Ley de Ohm generalizada:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{12 \text{ V}}{0,65 \Omega + 0,9 \Omega} = 7,7 \text{ A}$$

**c)** Por cada bombilla pasa la cuarta parte de la intensidad total, por lo que

$$V = IR = \frac{7,7 \text{ A}}{4} \cdot 3,6 \Omega = 6,9 \text{ V}$$

$$d) P = VI = 6,9 \text{ V} \cdot \frac{7,7 \text{ A}}{4} = 13,3 \text{ W}$$

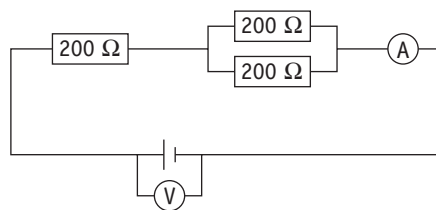
$$e) E = Pt = R I^2 t = 0,65 \Omega \cdot (7,7 \text{ A})^2 \cdot 3 \text{ h} \cdot 3600 \text{ s/h} = 4,2 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot 0,24 \text{ cal/J} = 100 \text{ kcal}$$

Es aproximadamente la cantidad de calor necesaria para llevar 1 L de agua desde el punto de fusión al de ebullición.

## Evaluación

- Dibuja un circuito que contenga dos resistencias de  $200 \Omega$  en paralelo entre ellas, que se encuentran en serie con otra resistencia de  $200 \Omega$ , donde haya un voltímetro que mida la diferencia de potencial total del circuito (marcado con la letra V) y un amperímetro (marcado con la letra A) que mida la intensidad de corriente total que circula por el circuito. Si la fuente de alimentación es corriente continua de  $14 \text{ V}$ , calcula la resistencia equivalente del circuito y la intensidad que marcaría el amperímetro.**

**Solución:**



La resistencia equivalente de las dos resistencias en paralelo vale:

$$R_{\text{eq}} = \frac{200 \Omega \cdot 200 \Omega}{200 \Omega + 200 \Omega} = 100 \Omega$$

La resistencia total será por tanto:

$$R_T = 100 \Omega + 200 \Omega = 300 \Omega$$

La intensidad se saca de la Ley de Ohm,  $V = IR$ , de donde

$$I = 14 \text{ V} / 300 \Omega = 0,047 \text{ A}.$$

- Calcula los minutos que debe estar en funcionamiento una resistencia de  $2000 \Omega$  para que desprenda una cantidad de calor de  $5000 \text{ cal}$  cuando se conecta a una fuente de alimentación que suministra  $220 \text{ V}$ .**

**Solución:**

La Ley de Ohm nos permite saber la intensidad que es:

$$V = IR, \text{ de donde } I = 220 \text{ V} / 2000 \Omega = 0,11 \text{ A}$$

La Ley de Joule nos dice que la energía disipada por una resistencia es igual a

$$Q = 0,24 R I^2 t$$

de donde podemos despejar el tiempo:

$$t = \frac{Q}{0,24 R I^2} = \frac{5000 \text{ cal}}{0,24 \cdot 2000 \Omega \cdot (0,11 \text{ A})^2} = 860 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ s}} = 14,33 \text{ minutos}$$

- Calcula la carga eléctrica que deben tener dos esferas igualmente cargadas para que su fuerza de repulsión cuando se encuentran a  $10 \text{ cm}$  de distancia una de otra sea de  $22,5 \text{ N}$ .**

**Datos:**  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$ .

**Solución:**

Aplicando la Ley de Coulomb y despejando la carga:

$$F = K \frac{Q q}{d^2} \Leftrightarrow q^2 = \frac{F d^2}{K} \Leftrightarrow q = \sqrt{\frac{F d^2}{K}} = \sqrt{\frac{22,5 \text{ N} \cdot (0,1 \text{ m})^2}{9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}}} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C} = 5 \mu\text{C}$$

4. Una carga crea un potencial de 630 V a una distancia  $r$  de su centro. En ese mismo punto, el campo eléctrico alcanza un valor de  $7000 \text{ N C}^{-1}$ . ¿Qué valor tiene la carga? Si en ese punto colocamos una carga de  $-3 \mu\text{C}$ , ¿qué fuerza actuará sobre ella?

**Solución:**

Como el potencial es  $V = K \frac{Q}{d}$  y el campo es igual a  $E = K \frac{Q}{d^2}$ , si despejamos  $d$  de la primera ecuación y lo sustituimos en la segunda, nos queda:

$$d = K \frac{Q}{V}; \quad E = K \frac{Q}{d^2} = K \frac{Q}{\left(K \frac{Q}{V}\right)^2} = \frac{K Q}{K^2 \frac{Q^2}{V^2}} = \frac{V^2}{K Q}$$

$$Q = \frac{V^2}{K E} = \frac{(630 \text{ V})^2}{9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2} \cdot 7000 \text{ N C}^{-1}} = 6,3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

(Se puede solucionar hallando  $d$ , pero esta forma no depende de valores previamente calculados por nosotros, sino sólo de datos.)

Para calcular la fuerza, no hay nada más que comparar  $F = K \frac{Q q}{d^2}$  con  $E = K \frac{Q}{d^2}$  para obtener  $F = q E = -3 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 7000 \text{ N C}^{-1} = -2,1 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ , fuerza que por ser negativa es atractiva.

5. Una pila es capaz de generar una fem de 1,5 V. Si la resistencia interna de la pila es de  $5 \Omega$  y la conectamos a un circuito que tiene una resistencia total de  $230 \Omega$ , ¿qué intensidad circulará por el circuito? ¿Cuál será la diferencia de potencial entre los bornes de la pila? ¿Cuánto calor desprenderá la pila en un minuto?

**Solución:**

La Ley de Ohm generalizada nos dice que  $\varepsilon = I (R + r)$ , por lo que la intensidad que circula por el circuito será

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{1,5 \text{ V}}{230 \Omega + 5 \Omega} = \frac{1,5 \text{ V}}{235 \Omega} = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 6,4 \text{ mA}$$

La diferencia de potencial entre los bornes de la pila vendrá dada por

$$V = I R = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 230 \Omega = 1,47 \text{ V}$$

La cantidad de calor desprendido por la pila será

$$Q = 0,24 \text{ R I}^2 t = 0,24 \cdot 5 \Omega \cdot (6,4 \cdot 10^{-3} \text{ A})^2 \cdot 60 \text{ s} = 0,003 \text{ J} = 3 \text{ mJ}$$







