

**Cuestiones de diagnóstico previo**

**Página 28**

1. La materia se puede definir como todo aquello que tiene masa y ocupa un volumen.
  - a) Justifica que el aire es materia de acuerdo con esta definición.  
**El aire es materia porque ocupa un volumen y tiene masa.**
  - b) ¿Qué experiencias realizarías para comprobarlo?  
**Pesando, en una balanza, un globo vacío, y este mismo lleno de aire.**
2. Responde verdadero o falso y justifica tu respuesta: dos trozos de materia diferente pueden...
  - a) Tener la misma masa.  
**Verdadero.**
  - b) Tener el mismo volumen.  
**Verdadero.**
  - c) Tener la misma densidad.  
**Falso. Es una propiedad característica y dos materiales diferentes no pueden tener la misma densidad.**
  - d) Tener la misma temperatura de fusión o de ebullición.  
**Falso. Es una propiedad característica y dos materiales diferentes no pueden tener el mismo punto de fusión o de ebullición.**
3. Los líquidos tienen volumen constante pero forma variable. ¿De qué depende la forma que tenga un líquido?  
**La forma de un líquido depende de la forma del recipiente que lo contiene.**

**1. ¿Qué es la materia?**

**Página 29**

**Reflexiona**

En la tabla aparecen las densidades de diferentes sustancias en estado sólido, líquido y gaseoso. Las densidades de los sólidos y líquidos están medidas a 20 °C y 1 atm; las de los gases, sin embargo, a 0 °C y 1 atm.

Sólidos	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Líquidos	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Gases	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
Oro	19 300	Mercurio	13 600	Monóxido de carbono	1,977
Plata	10 500	Agua	1 000	Oxígeno	1,429
Cobre	8 930	Benceno	880	Nitrógeno	1,250

- a) Compara las densidades de los sólidos con las de los líquidos y los gases.  
**Los valores de las densidades de los sólidos son más elevados que los valores de los líquidos y los gases.**
- b) Calcula la masa de 1 m<sup>3</sup> de oro, 1 m<sup>3</sup> de agua y 1 m<sup>3</sup> de oxígeno.  
**La masa de 1 m<sup>3</sup> de oro es 19 300 kg. La masa de 1 m<sup>3</sup> de agua es 1 000 kg y la masa de 1 m<sup>3</sup> de oxígeno es 1,429 kg.**
- c) Averigua la densidad de un líquido sabiendo que 1 dm<sup>3</sup> tiene una masa de 0,88 kg. ¿De qué líquido se trata?

$$\text{densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = \frac{0,88 \text{ kg}}{10^{-3} \text{ m}^3} = 880 \text{ kg/m}^3$$

Se trata del benceno.

- 1 Para determinar la densidad de una roca, primero averiguamos, con una balanza, su masa: 10,25 g. A continuación, vertemos agua en una probeta hasta 20 cm<sup>3</sup>, introducimos cuidadosamente la roca en la probeta y leemos el nuevo volumen, que es 22,5 cm<sup>3</sup>. Calcula la densidad de esta roca y exprésala en g/cm<sup>3</sup> y en kg/m<sup>3</sup>.

$$\begin{aligned} \text{volumen roca} &= 22,5 \text{ cm}^3 - 20 \text{ cm}^3 = 2,5 \text{ cm}^3 \\ \text{densidad} &= 10,25 \text{ g} / 2,5 \text{ cm}^3 = 4,1 \text{ g/cm}^3; \text{ densidad} = 4 100 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- 2 El níquel tiene una densidad de  $8,9 \text{ g/cm}^3$ . ¿Cuál será la masa de un bloque de níquel de  $2 \text{ cm}^3$  de volumen? Expresa la densidad del níquel en  $\text{kg/m}^3$ .

La densidad del níquel es de  $8\,900 \text{ kg/m}^3$ .

$$\text{masa} = \text{densidad} \times \text{volumen} = 8,9 \text{ g/cm}^3 \cdot 2 \text{ cm}^3 = 17,8 \text{ g}$$

## 2. El estado gaseoso

### Página 30

- 3 Llena un vaso de agua hasta el borde y después coloca una cartulina sobre él. Cógelo y dale la vuelta con mucho cuidado. Retira la mano con la que sujetabas la cartulina. Describe lo que sucede. ¿Se ha caído el agua? ¿Por qué la cartulina se mantiene en su lugar?



El agua no se cae. La cartulina se queda adherida al vaso y el agua no se derrama porque la presión atmosférica mantiene la cartulina en su sitio.

- 4 Un gas está encerrado en un recipiente a una presión de  $1,6 \text{ atm}$ . Expresa este valor en  $\text{mmHg}$ .

$$1,6 \text{ atm} \cdot 760 \text{ mmHg/atm} = 1\,216 \text{ mmHg}$$

### Página 31

- 5 Expresa en grados centígrados las siguientes temperaturas indicadas en la escala Kelvin:  $100 \text{ K}$ ,  $300 \text{ K}$ ,  $250 \text{ K}$  y  $325 \text{ K}$ .

Son respectivamente:  $-173 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $-23 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $52 \text{ }^\circ\text{C}$ .

- 6 Expresa en la escala Kelvin las siguientes temperaturas indicadas en grados centígrados:  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Son respectivamente:  $273 \text{ K}$ ;  $253 \text{ K}$ ;  $353 \text{ K}$ ;  $473 \text{ K}$ .

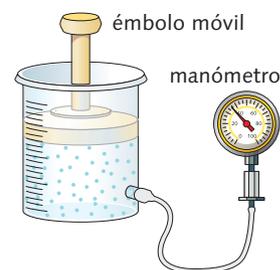
## 3. El comportamiento de los gases

### Página 32

#### Reflexiona

Estudiamos el comportamiento de una masa gaseosa encerrada en un recipiente calibrado para medir volúmenes. El volumen se modifica al empujar el émbolo móvil que cierra el recipiente, y la presión se mide con un manómetro conectado con el interior. La temperatura permanece constante durante la experiencia. Los resultados obtenidos son los de la tabla:

Experiencia	$p$ (atm)	$V$ (L)
1	0,250	2,80
2	0,500	1,40
3	0,750	0,93
4	1,00	0,70

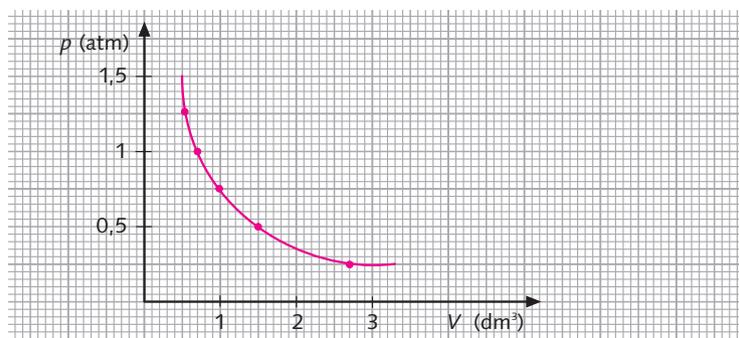


El objetivo del *Reflexiona* es tratar de que los alumnos deduzcan la ley de Boyle siguiendo el método científico.

Los alumnos deben identificar las variables que permanecen constantes (masa de gas y temperatura), la variable independiente (volumen) y la variable dependiente (presión).

- a) Representa gráficamente la relación  $p$ - $V$ . ¿Qué tipo de gráfica se obtiene?

Se obtiene una rama hiperbólica.

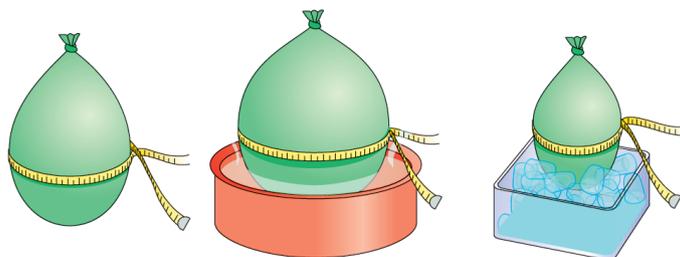


- b) Calcula la relación  $p \cdot V$ . ¿Cómo es en todos los casos?  
**La relación  $p \cdot V$  es cercana a 1 500. Se aproxima a una constante en todos los casos.**
- c) Expresa en lenguaje científico cómo es la relación entre las variables presión y volumen cuando la temperatura es constante.  
**A temperatura constante el producto de la presión que ejerce una determinada masa de un gas por el volumen que ocupa permanece constante. A temperatura constante la presión que ejerce una determinada masa de un gas es inversamente proporcional al volumen que ocupa.**
- d) ¿Qué volumen ocupa esta masa de gas a una presión de 1,25 atm? ¿A qué presión el volumen del gas sería de 3 dm<sup>3</sup>?  
**El volumen ocupado por esta masa de gas a una presión de 1,25 atm es  $1\,500/1,25 = 1\,200$  dm<sup>3</sup>. La presión que ejercen 3 dm<sup>3</sup> del gas es 500 atm.**

- 7 ¿Qué le sucede a la presión de un gas cuando se triplica su volumen si se mantiene la temperatura constante?  
**El valor de la presión disminuye a la tercera parte.**
- 8 Una bombona de dióxido de carbono tiene un volumen de 2 dm<sup>3</sup>. La presión del gas en el interior es de 80 atm a 25 °C. ¿Qué volumen ocuparía este gas si la presión fuera de 1 atm? La temperatura no varía.  
**Insistir en que las unidades de presión y volumen deben ser las mismas a ambos lados del signo igual.**  
**Condiciones iniciales:  $T = 25$  °C;  $V_1 = 2$  dm<sup>3</sup>;  $p_1 = 80$  atm**  
**Condiciones finales:  $T = 25$  °C;  $V_2 =$  desconocido;  $p_2 = 1$  atm**  
 $2 \text{ dm}^3 \cdot 80 \text{ atm} = V_2 \cdot 1 \text{ atm}; V_2 = 160 \text{ dm}^3$
- 9 A partir de los datos del *Reflexiona*, responde estas cuestiones:  
a) ¿Qué presión ejerce el gas para un volumen de 2 L? ¿Y para 7 L?  
**Para 2 L el gas ejerce una presión de 0,35 atm y para 7 L, ejerce una presión de 0,1 atm.**  
b) ¿Qué volumen ocupa el gas si sobre él se ejerce una presión de 5 atm?  
**A 5 atm, ocupa un volumen de 0,14 L.**

### Página 33

### Experimenta



El objetivo del experimenta es que los alumnos conozcan la relación cualitativa que existe entre el volumen de un gas y la temperatura.

- Infla un globo y, con mucho cuidado, mide su circunferencia.  
**La circunferencia del globo se puede medir con una cinta métrica o con un lazo en el que señalen con marcas el perímetro inicial y el final en cada uno de los casos.**
- Mantenlo diez minutos dentro de un recipiente que contenga agua caliente y, después, mide otra vez su perímetro. ¿Qué le ha sucedido?  
**Cuando el globo se sumerge en agua caliente durante unos minutos se observa que su perímetro aumenta ligeramente, es decir, el gas se expande.**
- Coloca ahora el globo, otros diez minutos, en un recipiente que contenga hielo y mide de nuevo su circunferencia. ¿Qué variaciones observas?  
**Cuando el globo se sumerge en agua con hielo se observa que su perímetro disminuye ligeramente, es decir, el gas se comprime.**

10 ¿Qué le sucede al volumen de un gas a presión constante si se duplica su temperatura?

**No se duplica el volumen a no ser que se duplique la temperatura en Kelvin.**

11 Diez litros de aire a 25 °C se enfrían hasta 273 K. ¿Cuál será su volumen final si la presión ha permanecido constante?

Aplicamos la ley de Charles:

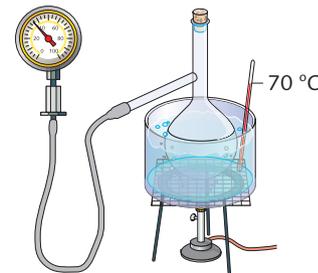
$$V = \frac{273 \text{ K} \cdot 10 \text{ L}}{298 \text{ K}} = 9,16 \text{ L}$$

## Página 34

### Reflexiona

Realizamos un montaje como el del dibujo. El matraz tiene un volumen constante de 250 cm<sup>3</sup>, y la presión en su interior se mide con un manómetro. El matraz está sumergido en un recipiente con agua que se va calentando poco a poco. Un termómetro nos indica la temperatura del agua que inicialmente es de 0 °C, es decir, de 273 K. Los resultados obtenidos son los siguientes:

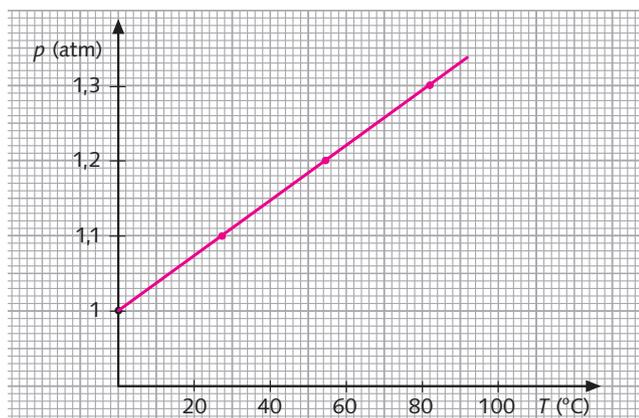
Experiencia	$p$ (atm)	$V$ (L)
1	1	0
2	1,1	27
3	1,2	55
4	1,3	82



El objetivo del *Reflexiona* es que los alumnos deduzcan la ley de Gay-Lussac siguiendo el método científico.

Se debería explicar detalladamente el diseño experimental necesario para justificar la ley de Gay-Lussac señalando la función de cada uno de los aparatos e instrumentos.

a) Representa gráficamente la relación  $p$ - $T$ . ¿Qué tipo de gráfica se obtiene?



Se obtiene una línea recta. Conviene destacar la importancia de extrapolar la gráfica y observar el punto de corte de la recta con el eje de abscisas.

b) Calcula la relación  $p/T$ . Expresa la temperatura en la escala Kelvin. ¿Cómo es en todos los casos?

**La relación  $p/T$  es constante en todos los casos;  $p/T = 3,66 \cdot 10^{-3}$ .**

c) Expresa en lenguaje científico cómo es la relación entre las variables presión y temperatura cuando el volumen es constante.

**Si el volumen permanece constante, la presión de una determinada masa de un gas es directamente proporcional a la temperatura absoluta.**

d) ¿Qué presión habrá en ese recipiente si el termómetro indica una temperatura de 110 °C?

**La presión es 1,4 atm.**

12 ¿Qué magnitudes aumentan en un gas cuando se calienta en un recipiente cerrado herméticamente? ¿Y cuando se calienta a presión constante?

**Cuando un gas se calienta a volumen constante aumentan la presión y la temperatura. Si se calienta a presión constante aumenta el volumen y la temperatura.**

### Página 35

- 13 La presión del aire en el interior de un neumático a la temperatura de 25 °C es de 2 atm. Si el neumático se calienta a causa del movimiento hasta alcanzar la temperatura de 45 °C, ¿cuál será la presión del aire en su interior, suponiendo que el volumen permanece constante?

Aplicamos la ley de Gay-Lussac:

$$\frac{2 \text{ atm}}{298 \text{ K}} = \frac{p_2}{318 \text{ K}}; p_2 = 2,13 \text{ atm}$$

- 14 ¿A qué presión estará sometido un gas a una temperatura de 323 K, si su presión a 5 °C es de 760 mmHg y su volumen no se ha modificado?

Aplicamos la ley de Gay-Lussac:

$$\frac{760 \text{ mmHg}}{278 \text{ K}} = \frac{p_2}{323 \text{ K}}; p_2 = 883 \text{ mmHg}$$

- 15 ¿Cómo es la presión de un gas a 0 K?

La presión de un gas a 0 K es nula.

- 16 Enumera los hechos y observaciones que deben ser justificados por la teoría que explique el comportamiento de los gases en cuanto a:

- |                            |                                  |
|----------------------------|----------------------------------|
| a) La presión de un gas.   | d) La relación entre $p$ y $V$ . |
| b) El volumen del gas.     | e) La relación entre $V$ y $T$ . |
| c) La temperatura del gas. | f) La relación entre $p$ y $T$ . |

**RESPUESTA LIBRE.** Los alumnos tendrán que imaginar una teoría. Para poder explicar los hechos y observaciones. Lo perfecto serían todas las observaciones que aparecen en las tablas de las páginas 36 y 37.

- 17 El volumen ocupado por una masa gaseosa es de 10 L a 2 atm de presión. ¿Qué volumen ocupará esa misma masa gaseosa si la presión se reduce a 750 mmHg?

Aplicamos la ley de Boyle para dos condiciones:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$
$$2 \text{ atm} \cdot 10 \text{ L} = \frac{750 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg/atm}} \cdot V_2; V_2 = 20,26 \text{ L}$$

## 4. El modelo cinético de los gases

### Página 37

- 18 Justifica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- a) Los choques de las partículas del gas son los responsables de la presión que ejerce el gas.

Verdadero.

- b) La velocidad de las partículas del gas es independiente de la temperatura.

Falso, la temperatura es proporcional a la velocidad de las partículas del gas.

- c) Los gases tienden a ocupar todo el volumen disponible porque la distancia a la que se encuentran las partículas del gas es variable.

Verdadero.

- 19 ¿Cómo justifica el modelo cinético de los gases que la presión de un gas sea inversamente proporcional al volumen?

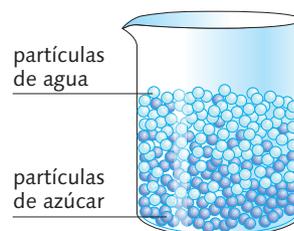
Si comprimimos el gas (el volumen disminuye), las colisiones se hacen más frecuentes y la presión del gas aumenta. Si el gas se expande (el volumen aumenta) las colisiones se hacen menos frecuentes y la presión disminuye.

## 5. La teoría cinética de la materia

### Página 39

- 20 Explica, de acuerdo con la teoría cinética, por qué cuando depositamos un terrón de azúcar en el fondo de un vaso con agua se disuelve y se endulza rápidamente todo el líquido. Acompaña la explicación con dibujos.

Cuando depositamos un terrón de azúcar en el fondo de un vaso con agua se endulza rápidamente todo el líquido, porque las partículas de agua que están en movimiento arrancan y separan a las partículas de azúcar.



- 21 Explica, de acuerdo con la teoría cinética, por qué cuando agregamos una gota de tinta a un vaso con agua, se tiñe rápidamente todo el líquido.

Cuando agregamos una gota de tinta a un vaso con agua el líquido se tiñe rápidamente, porque las partículas de agua bombardean las partículas de tinta y hacen que se dispersen por todo el volumen disponible.

#### Página 40

- 22 ¿Cómo justifica la teoría cinética de la materia las características generales del estado sólido: masa, volumen y forma constantes?

La teoría cinética de la materia justifica las propiedades características de los sólidos admitiendo que están formados por partículas unidas por grandes fuerzas de atracción.

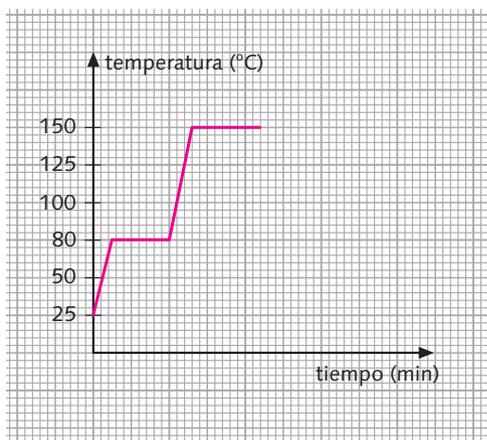
- 23 Observa los dibujos de la materia en los tres estados. ¿Por qué se ha dibujado el líquido contenido en un recipiente y el sólido no? ¿Es necesario que el recipiente del líquido esté cerrado? ¿Por qué se ha dibujado el gas en el interior de un recipiente cerrado?

Los sólidos tienen una forma fija, sin embargo, los líquidos no, y su forma depende de la forma del recipiente que lo contiene.

Los líquidos están contenidos en recipientes que pueden estar abiertos. Sin embargo, es imprescindible que los gases estén encerrados en recipientes cerrados.

#### Página 41

- 24 Representa la gráfica de calentamiento de una sustancia que se encuentra inicialmente a 25 °C y cuyos puntos de fusión y ebullición son 80 °C y 150 °C, respectivamente. ¿En qué estado se encuentra la sustancia a 130 °C?



La sustancia se encuentra en estado líquido a 130 °C.

#### Página 42

- 25 Responde a las siguientes cuestiones:

- a) ¿Cómo justifica la teoría cinética de la materia el hecho de que cuando un sólido comienza a fundirse, la temperatura se mantiene constante hasta que el sólido se funde por completo?
- b) ¿Para qué se utiliza la energía que se suministra a las sustancias?
- a) y b) Toda la energía que se suministra a la sustancia es utilizada para romper la estructura de la red sólida y no para elevar la temperatura, por lo que esta permanece constante durante todo el cambio de estado.

- 26 ¿Qué sucede con la velocidad media de las partículas de un líquido cuando se eleva la temperatura?

Cuando se eleva la temperatura la velocidad media de las partículas de un líquido se incrementa.

- 27 ¿Cómo justifica la teoría cinética de la materia el hecho de que cuando un líquido comienza a hervir, la temperatura se mantiene constante hasta que todo el líquido hierve por completo?

La energía que se suministra se utiliza para que las partículas escapen de la superficie del líquido y se formen burbujas en la totalidad del líquido, haciendo que queden espacios libres entre grupos de partículas. La temperatura permanece constante durante todo el cambio de estado.

### Página 43

- 28** ¿Por qué tendemos la ropa para secarla? ¿Por qué se seca antes en los días de viento?  
Tendemos la ropa para aumentar su superficie y favorecer la evaporación. La ropa se seca mejor los días de viento porque este permite que las partículas puedan escapar y pasar al estado vapor.
- 29** ¿Crees que la superficie del recipiente influye en la velocidad de evaporación de un líquido contenido en él? En caso afirmativo, ¿cómo lo hace?  
El tamaño de la superficie del recipiente sí influye en la velocidad de evaporación del líquido contenido en él. Cuanto mayor es la superficie, más rápida es la evaporación.
- 30** ¿Por qué al poco tiempo de destapar un frasco de perfume se percibe su fragancia en toda la habitación?  
Porque algunas partículas del perfume tienen la energía necesaria para escapar del líquido y pasar al estado gaseoso. Como los gases ocupan todo el volumen del recipiente que los contiene, en este caso la habitación, su fragancia se percibe en toda ella.
- 31** Si nos ponemos un poco de alcohol en la palma de la mano, comprobaremos que esta sustancia desaparece rápidamente y sentimos que la mano se nos queda fría. Explica por qué ocurre esto.  
El alcohol desaparece porque se evapora, para lo cual toma la energía necesaria de la mano, por eso percibimos que la mano se queda fría.

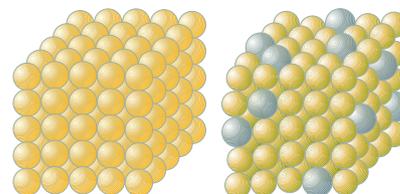
### Página 44

- 32** Consulta la tabla de los puntos de fusión y ebullición. ¿En qué estado se encuentra el etanol a  $-3^{\circ}\text{C}$ , a  $25^{\circ}\text{C}$  y a  $100^{\circ}\text{C}$ ? ¿Y el mercurio a  $-50^{\circ}\text{C}$ , a  $-10^{\circ}\text{C}$  y a  $200^{\circ}\text{C}$ ?

Sustancia ( $^{\circ}\text{C}$ )	p. f. ( $^{\circ}\text{C}$ )	p. e. ( $^{\circ}\text{C}$ )
Etanol	$-114$	$78$
Mercurio	$-39$	$357$

- El etanol a  $-3^{\circ}\text{C}$  se encuentra en estado líquido; a  $25^{\circ}\text{C}$ , en estado líquido, y a  $100^{\circ}\text{C}$ , en estado gaseoso. El mercurio a  $-50^{\circ}\text{C}$  se encuentra en estado sólido y en estado líquido, a  $-10^{\circ}\text{C}$  y a  $200^{\circ}\text{C}$ .
- 33** ¿En qué estado se encuentran a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C}$ ) las sustancias que aparecen en la tabla del margen?  
Oxígeno: gas; etanol: líquido; sodio: sólido; azufre: sólido; hierro: sólido; mercurio: líquido.
- 34** Busca información acerca de qué sustancias (anticongelantes) se pueden agregar al agua del radiador de un automóvil para que no se congele a  $0^{\circ}\text{C}$ .  
La respuesta puede ser variada y puede que mencionen marcas comerciales o sustancias con denominación registrada. Las sustancias anticongelantes más importantes son la glicerina, el alcohol, la glisantina y el dixol.
- 35** Responde verdadero o falso y justifica la respuesta:
- a)** No existen dos sustancias puras que tengan el mismo punto de fusión.  
Verdadero.
  - b)** La energía necesaria para fundir dos sustancias en estado sólido es siempre la misma.  
Falso. La energía depende de la clase de partículas y de cómo están unidas.
  - c)** El hierro con impurezas funde a una temperatura diferente a la del hierro puro.  
Verdadero.
  - d)** Todas las sustancias gaseosas puras condensan a la misma temperatura.  
Falso. Cada sustancia tiene un punto de ebullición diferente y por eso condensan a temperaturas distintas.

- 36** Dibuja la estructura reticular de una sustancia pura y de esta misma sustancia con impurezas. ¿Se necesita la misma cantidad de energía para romper estas retículas?  
No. Porque las impurezas hacen que se modifiquen los puntos de fusión y ebullición, por tanto se necesita diferente energía.

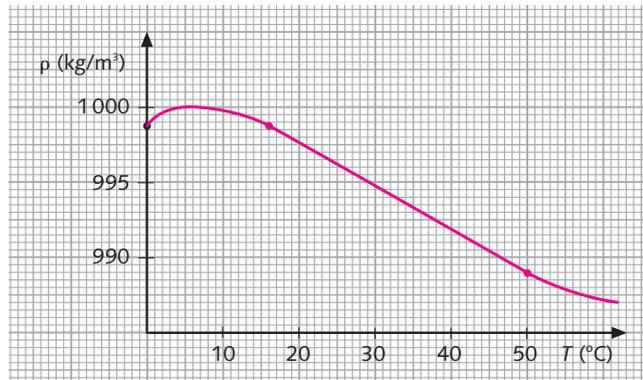


## Reflexiona

En la tabla aparecen los valores de la densidad del agua a diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
0 (hielo)	917,0
0 (agua líquida)	999,8
2	999,9
4	1 000,0
8	999,8
15	999,1
50	988,0

- a) Representa gráficamente la variación de la densidad del agua con la temperatura.



- b) ¿A qué temperatura es mayor la densidad del agua? ¿En qué estado se encuentra el agua a esa temperatura?  
**A 4°C es mayor la densidad del agua. El agua se encuentra en estado líquido a esa temperatura.**
- c) ¿A qué temperatura es máximo el volumen del agua? ¿En qué estado se encuentra el agua a esa temperatura?  
**El volumen del agua es máximo a 0°C (hielo). El agua se encuentra en estado sólido a esa temperatura.**
- d) ¿Qué volumen ocupa 1 kg de hielo a 0°C? ¿Y 1 kg de agua líquida a esa misma temperatura?  
**1 kg de hielo a 0°C ocupa 1,090 5 dm<sup>3</sup> de volumen. 1 kg de agua a 0°C ocupa un volumen de 1 dm<sup>3</sup> de volumen.**

## IDEAS CLARAS (página 46)

- Elabora un mapa conceptual o esquema con los principales conceptos de la unidad.  
**RESPUESTA LIBRE.**

## Actividades (página 48)

### La materia

- 1 ¿Cuál es el significado de la palabra gas?  
**La palabra gas deriva de la palabra griega «caos» que hace referencia a la materia original de la Tierra.**
- 2 ¿Qué tienen en común los gases y los líquidos? ¿En qué se diferencian?  
**Los gases y los líquidos tienen en común que su masa es constante pero se diferencian en que su volumen y su forma son variables.**
- 3 ¿Por qué crees que se comercializan los gases en recipientes cerrados?  
**Porque tienden a ocupar todo el volumen disponible y escapan si los recipientes están abiertos.**

## La densidad

- 4 Responde las siguientes cuestiones:
- a) Dos sustancias ocupan el mismo volumen, pero la primera tiene el doble de masa que la segunda. ¿En qué proporción están sus densidades?  
**La primera tiene el doble de densidad que la segunda.**
- b) Dos sustancias tienen la misma masa, pero la primera ocupa el doble que la segunda. ¿Qué relación guardan sus densidades?  
**La primera tiene la mitad de densidad que la segunda.**

- 5 D Si hubiera un escape de gas butano en una cocina, ¿dónde quedaría el gas? Justifica las medidas de seguridad existentes en una cocina.

Datos: densidad del aire a 20 °C = 1,3 kg/m<sup>3</sup>; densidad del butano a 20 °C = 2,6 kg/m<sup>3</sup>.

Como la densidad del gas butano es mayor que la del aire a la misma temperatura, el gas butano quedaría debajo del aire, a ras del suelo.

Medidas de seguridad: los orificios de ventilación de las cocinas se encuentran cerca del suelo porque, al ser el gas butano más denso que el aire, se deposita en él.

- 6 La densidad de cierto plástico es de 2,8 g/cm<sup>3</sup>. ¿Qué volumen ocupa una pieza fabricada con este material cuya masa es de 29,4 g?

Aplicamos la expresión de la densidad, para calcular el volumen que ocupa la pieza:

$$\rho = \frac{m}{V}; V = \frac{m}{\rho} = \frac{29,4 \text{ g}}{2,8 \text{ g/cm}^3} = 10,5 \text{ cm}^3$$

- 7 La densidad de un metal es 21 g/cm<sup>3</sup>. ¿Cuál es la masa de un cubo de 2 cm de arista fabricado con este metal?

Aplicamos la expresión de la densidad, para calcular la masa del cubo. Pero primero tenemos que hallar el volumen.

El volumen de un cubo es:  $V = l^3 = (2 \text{ cm})^3 = 8 \text{ cm}^3$

Por tanto:

$$\rho = \frac{m}{V}; m = \rho \cdot V = 21 \text{ g/cm}^3 \cdot 8 \text{ cm}^3 = 168 \text{ g}$$

- 8 ¿Cómo calcularías experimentalmente la densidad de una piedra cuya masa es de 125 g y que ocupa un volumen de 80 cm<sup>3</sup>?

La masa se obtendría mediante una balanza y el volumen con una probeta. Se pondría la piedra dentro de una probeta con agua y la diferencia de volúmenes en la probeta con la piedra y si ella, sería el volumen de la piedra.

Aplicando la fórmula de la densidad, se obtendría su valor:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{125 \text{ g}}{80 \text{ cm}^3} = 1,562 \text{ g/cm}^3$$

- 9 Para calcular la densidad de un mineral, pesamos su masa en una balanza (12,5 g). A continuación, tomamos una probeta y echamos agua hasta 15 cm<sup>3</sup> e introducimos el mineral en la probeta; leemos que el nuevo volumen es 17,5 cm<sup>3</sup>. Calcula la densidad de este mineral y exprésala en g/cm<sup>3</sup> y en kg/cm<sup>3</sup>.

Primero calculamos el volumen del mineral con la diferencia de volúmenes en la probeta con y sin el mineral:

$$V_{\text{mineral}} = V_{\text{con}} - V_{\text{sin}} = 17,5 \text{ cm}^3 - 15 \text{ cm}^3 = 2,5 \text{ cm}^3$$

A continuación, hallamos la densidad mediante su expresión:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{12,5 \text{ g}}{2,5 \text{ cm}^3} = 5 \text{ g/cm}^3$$

Para pasarlo a kg/m<sup>3</sup> hacemos una doble conversión:

$$5 \text{ g/cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \cdot \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 5000 \text{ kg/m}^3$$

## El estado gaseoso

- 10 Llenamos de agua una pipeta y tapamos con el dedo su extremo superior. ¿Por qué no cae el agua?

Porque la presión atmosférica impide que el agua pueda salir por su extremo inferior.

- 11** ¿Por qué es posible tomar un refresco succionando por una pajita?  
**Porque la presión atmosférica empuja el líquido del vaso que asciende por la pajita cuando hacemos el vacío en ella succionando.**
- 12** ¿Qué hay en el espacio que se encuentra por encima del mercurio en el tubo de la experiencia de Torricelli?  
**Solo el vacío.**

- 13** Un gas está encerrado en un recipiente a una presión de 1,8 atm. Exprésala en mmHg. Sabemos que 1 atm equivalen a 760 mmHg. Por tanto:

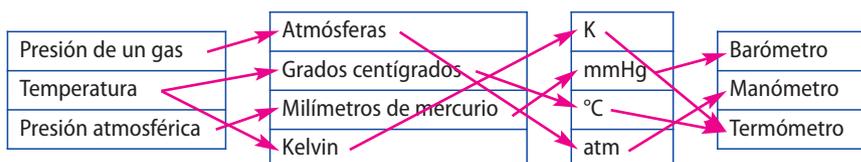
$$1,8 \text{ atm} \cdot \frac{760 \text{ mmHg}}{1 \text{ atm}} = 1\,368 \text{ mmHg}$$

- 14** La presión atmosférica en cierto lugar es de 1 025 mbar. Expresa esta presión en atm y en mmHg, sabiendo que 1 atm = 1 013 mbar.

$$1\,025 \text{ mbar} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{1\,013 \text{ mbar}} = 1,012 \text{ atm}$$

$$1,012 \text{ atm} \cdot \frac{760 \text{ mmHg}}{1 \text{ atm}} = 769 \text{ mmHg}$$

- 15** Copia en tu cuaderno estas columnas y relaciona sus elementos:



- 16** Un determinado proceso enfría un cuerpo de 350 °C a –80 °C. Expresa la variación de temperatura en escala Kelvin.

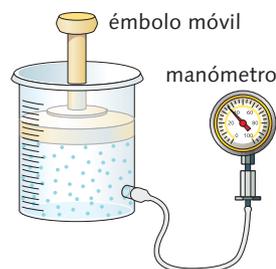
**La variación de temperatura es de 623 K a 193 K, es decir, 430 K.**

- 17** El punto de fusión del oro es de 1 064 °C y su punto de ebullición es de 2 660 °C. Expresa estas temperaturas en la escala Kelvin. Calcula las diferencias entre estas dos temperaturas en grados centígrados y en kelvin y compara los resultados.

**La diferencia en grados centígrados es 1 596 °C. La diferencia en kelvin es 1 596 K.**

## El comportamiento de los gases

- 18** Copia y completa el siguiente enunciado en tu cuaderno:  
 A **temperatura** constante el volumen ocupado por una **determinada** masa de gas es **inversamente** proporcional a la presión.
- 19** **D** Describe la experiencia que nos permite comprobar las variaciones de la presión de un gas con el volumen. Puedes acompañar la descripción de un dibujo esquemático.



Encerramos una masa gaseosa en un recipiente calibrado para medir volúmenes. El volumen se modifica al empujar el émbolo móvil y la presión se mide con un manómetro conectado con el interior. La temperatura debe permanecer constante durante la experiencia.

- 20** ¿Qué relación existe entre la temperatura y el volumen de un gas si la presión permanece constante?

**A presión constante, el volumen ocupado por una determinada masa de gas es directamente proporcional a la temperatura.**

- 21 ¿Qué relación existe entre la presión y la temperatura de un gas si el volumen permanece constante?

Si el volumen de un gas permanece constante, el volumen de una masa fija de gas es directamente proporcional a la temperatura absoluta.

- 22 ¿A qué presión debe someterse 1 L de un gas medido a 1 atm y  $-20^{\circ}\text{C}$  para que se comprima hasta ocupar 0,5 L, manteniendo constante la temperatura?

Aplicamos la ley de Boyle:  $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$

$$1 \text{ atm} \cdot 1 \text{ L} = p_2 \cdot 0,5 \text{ L}; p_2 = 2 \text{ atm}$$

- 23 D Si la temperatura de un gas permanece constante, ¿cómo evolucionan las variables presión y volumen? ¿Cómo sería la gráfica de la presión en función del volumen?

Las variables presión y volumen son inversamente proporcionales cuando la temperatura del gas permanece constante. La gráfica sería una hipérbola.

- 24 Una masa de amoníaco gaseoso ocupa un volumen de  $38 \text{ cm}^3$  a  $750 \text{ mmHg}$ . Halla su volumen a  $630 \text{ mmHg}$  si la temperatura permanece constante.

Aplicamos la ley de Boyle:  $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$

$$750 \text{ mmHg} \cdot 38 \text{ cm}^3 = 630 \text{ mmHg} \cdot V_2; V_2 = 45,24 \text{ cm}^3$$

- 25 Cierta masa de un gas ocupa un volumen de  $2 \text{ dm}^3$  a  $10^{\circ}\text{C}$  y 1 atm de presión. Si elevamos la temperatura del gas:

- a) Manteniendo constante la presión, ¿qué volumen ocupa el gas si la temperatura es de  $20^{\circ}\text{C}$ ? ¿Se ha duplicado el volumen al duplicar la temperatura?

Aplicamos la ley de Charles para dos condiciones:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; \frac{2 \text{ dm}^3}{283 \text{ K}} = \frac{V_2}{293 \text{ K}}; V_2 = 2,07 \text{ dm}^3$$

No se duplica el volumen porque no se ha duplicado la temperatura en kelvin.

- b) Manteniendo constante el volumen, ¿qué presión ejerce el gas si la temperatura es de  $20^{\circ}\text{C}$ ? ¿Se ha duplicado la presión al duplicar la temperatura?

Aplicamos la ley de Gay-Lussac para dos condiciones:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}; \frac{1 \text{ atm}}{283 \text{ K}} = \frac{p_2}{293 \text{ K}}; p_2 = 1,03 \text{ atm}$$

No se duplica la presión porque no se ha duplicado la temperatura en Kelvin.

- 26 Un gas ocupa un volumen de  $22,4 \text{ L}$  a  $0^{\circ}\text{C}$  y 1 atm de presión. Halla su volumen cuando se encuentre a una presión de  $2,5 \text{ atm}$  a temperatura constante.

Aplicamos la ley de Boyle para dos condiciones:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2; 1 \text{ atm} \cdot 22,4 \text{ L} = 2,5 \text{ atm} \cdot V_2; V_2 = 8,96 \text{ L}$$

- 27 Un gas ocupa a  $0^{\circ}\text{C}$  y 1 atm un volumen de  $10 \text{ dm}^3$ . Se calienta el gas a presión constante hasta los  $40^{\circ}\text{C}$ . ¿Qué volumen ocupa en estas condiciones?

Aplicamos la ley de Charles para dos condiciones:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; \frac{10 \text{ dm}^3}{273 \text{ K}} = \frac{V_2}{313 \text{ K}}; V_2 = 11,46 \text{ dm}^3$$

- 28 A presión constante, el volumen de un gas a  $0^{\circ}\text{C}$  es de  $75 \text{ L}$ . ¿A qué temperatura su volumen será de  $150 \text{ L}$ ?

Aplicamos la ley de Charles:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$
$$\frac{75 \text{ L}}{273 \text{ K}} = \frac{150 \text{ L}}{T_2}; T_2 = 546 \text{ K}$$

- 29 Una masa de cloro ocupa un volumen de  $10 \text{ m}^3$  a  $25^{\circ}\text{C}$ . Halla su volumen a  $50^{\circ}\text{C}$  si la presión es constante.

Aplicamos la ley de Charles:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$
$$\frac{10 \text{ m}^3}{298 \text{ K}} = \frac{V_2}{323 \text{ K}}; V_2 = 10,84 \text{ m}^3$$

- 30 Una botella de acero contiene dióxido de carbono a 0 °C y 12 atm de presión. Halla la presión del gas si se eleva la temperatura hasta 50 °C.

Aplicamos la ley de Gay-Lussac:

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

$$\frac{12 \text{ atm}}{283 \text{ K}} = \frac{p_2}{323 \text{ K}}; p_2 = 14,2 \text{ atm}$$

- 31 Dentro de las cubiertas de un coche, el aire está a 20 °C y 2 atm. Calcula qué presión ejercerá dicho aire si la temperatura sube a 45 °C debido al rozamiento.

Aplicamos la ley de Gay-Lussac:  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

$$\frac{2 \text{ atm}}{293 \text{ K}} = \frac{p_2}{318 \text{ K}}; p_2 = 2,17 \text{ atm}$$

- 32 Copia en tu cuaderno la tabla y completa los datos que faltan:

Magnitud que permanece constante	Condiciones iniciales	Condiciones finales
Temperatura	$p_1 = 0,75 \text{ atm}$ $V_1 = 500 \text{ cm}^3$	$p_2 = 1 \text{ atm}$ $V_2 = 375 \text{ cm}^3$
Presión	$V_1 = 500 \text{ cm}^3$ $T_1 = 293 \text{ K}$	$V_2 = 483 \text{ cm}^3$ $T_2 = 283 \text{ K}$
Volumen	$p_1 = 0,75 \text{ atm}$ $T_1 = 293 \text{ K}$	$p_2 = 1 \text{ atm}$ $T_2 = 390 \text{ K}$

Aplicamos la ley de Boyle:

$$0,75 \text{ atm} \cdot 500 \text{ cm}^3 = 1 \text{ atm} \cdot V_2; V_2 = 375 \text{ cm}^3$$

Aplicamos la ley de Charles:

$$\frac{500 \text{ cm}^3}{293 \text{ K}} = \frac{V_2}{283 \text{ K}}; V_2 = 483 \text{ cm}^3$$

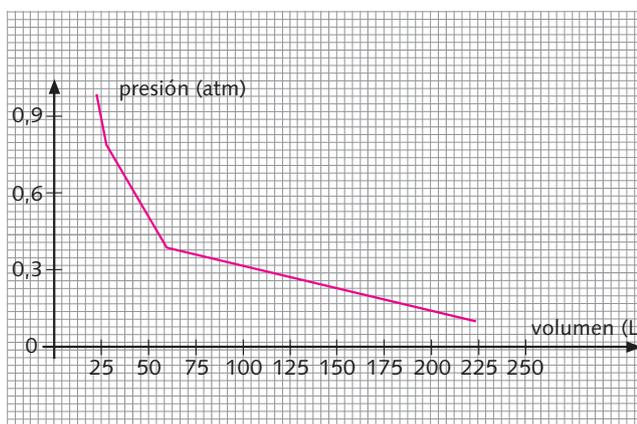
Aplicamos la ley de Gay-Lussac:

$$\frac{0,75 \text{ atm}}{283 \text{ K}} = \frac{1 \text{ atm}}{T_2}; T_2 = 390 \text{ K}$$

- 33 D En la tabla adjunta aparecen los valores de presión y volumen de una determinada masa de oxígeno gaseoso a 0 °C.

Presión (atm)	0,10	0,38	0,81	1,00
Volumen (L)	224	59,1	27,7	22,4

Representa gráficamente la presión en función del volumen y demuestra que se cumple la ley de Boyle.



$p \cdot V$	22,4	22,4	22,4	22,4
-------------	------	------	------	------

## El modelo cinético de los gases

34 ¿A qué es debida la presión de los gases?

La presión de los gases es debida a que las partículas del gas están en continuo movimiento y chocan una y otra vez entre sí y contra las paredes del recipiente. Estas colisiones son las responsables de la presión del gas.

35 D ¿Por qué en un mismo recipiente es mayor la presión a medida que aumenta el número de partículas?

A mayor número de partículas mayor número de choques, lo que implica una mayor presión.

36 Explica por qué un gas puede comprimirse en un volumen más pequeño.

La distancia a la que se encuentran las partículas de un gas es variable por lo que si las partículas se aproximan entre sí, el gas se comprime en un volumen más pequeño.

37 ¿En qué consiste el modelo cinético de los gases? ¿Qué hipótesis hacemos con este modelo? ¿Justifica este modelo el comportamiento de los gases? ¿Podemos hablar, entonces, de teoría cinética de los gases?

El modelo cinético de los gases supone que un gas se comporta como si consistiera principalmente en un espacio vacío ocupado en algunos puntos por pequeñas partículas en movimiento incesante y caótico.

Hipótesis:

1. Los gases están formados por un gran número de partículas muy pequeñas, sobre todo si se las compara con la distancia que las separa.
2. Entre partícula y partícula no hay nada, solo espacio vacío.
3. Estas partículas se mueven continuamente y de forma desordenada.
4. Las partículas, en su movimiento, chocan entre sí y contra las paredes del recipiente que contiene el gas.
5. La velocidad de las partículas del gas aumenta al elevar la temperatura y disminuye al descenderla.

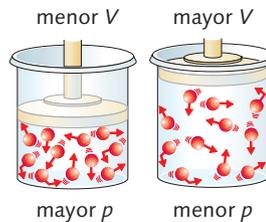
Este modelo sí justifica el comportamiento de los gases:

Las hipótesis en las que se basa el modelo pueden ser confirmadas y sus predicciones, comprobadas, por tanto, podemos hablar de teoría cinética de los gases.

38 ¿Cómo justifica la teoría cinética de los gases los siguientes hechos y observaciones? Completa tus explicaciones con dibujos.

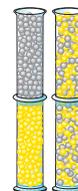
a) La presión de un gas varía con el volumen.

Si comprimimos el gas a temperatura constante, las partículas tienen que recorrer menos espacio para chocar contra las paredes del recipiente. Las colisiones se hacen más frecuentes y la presión del gas aumenta. Si el gas se expande, la distancia entre las partículas aumenta y tienen que recorrer más espacio para chocar contra las paredes. Las colisiones se vuelven menos frecuentes, por lo que la presión disminuye.



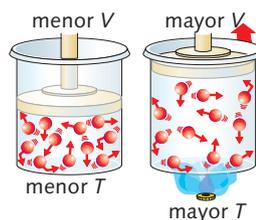
b) Los gases se difunden.

Si ponemos en contacto dos gases diferentes, sus partículas chocan entre sí y los gases se mezclan.



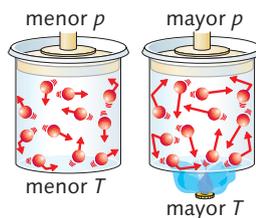
- c) El volumen de un gas varía con la temperatura.

Con el incremento de temperatura, las partículas del gas se mueven más rápidamente y golpean el émbolo. Este se desplaza y hace que aumente el volumen disponible del recipiente, mientras la presión externa permanece constante.

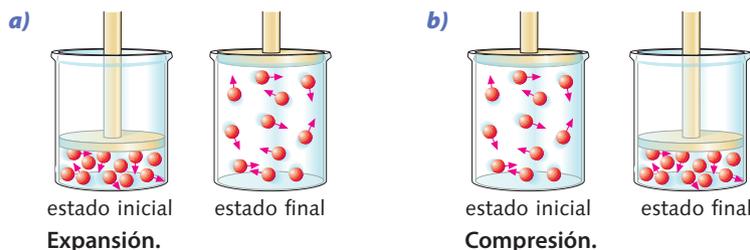


- d) La presión de un gas varía con la temperatura.

Si calentamos un gas, manteniendo constante el volumen del recipiente, la velocidad de las partículas aumenta; de este modo, las colisiones contra las paredes se hacen más frecuentes y fuertes, es decir, se eleva la presión del gas.

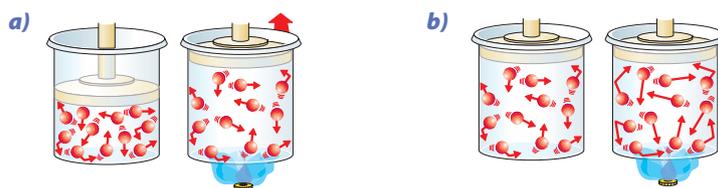


- 39) ¿Cuál de estas dos situaciones corresponde a la expansión de un gas y cuál a la compresión? Indica en ambos casos en cuál de los recipientes es mayor la presión teniendo en cuenta que la temperatura se mantiene constante.



La presión es mayor en el recipiente de la compresión.

- 40) D) Observa los dibujos siguientes y trata de explicar lo que sucede en cada caso:



- a) A presión constante, al aumentar la temperatura, aumenta el volumen.  
 b) A volumen constante, al aumentar la temperatura, aumenta la presión.

- 41) Explica qué enunciado es el verdadero y redacta los dos enunciados falsos de forma correcta:

- a) Los gases están formados por un gran número de partículas muy pequeñas que se encuentran en reposo y siempre a la misma distancia unas de otras.  
**Falso. Están en continuo movimiento y no están a la misma distancia unas de otras.**
- b) Cuando un gas se comprime las partículas se separan y cuando el gas se expande se aproximan entre sí.  
**Falso. Cuando se comprime un gas, las partículas se aproximan entre sí y cuando se expande se separan.**
- c) Cuando se calienta un gas aumenta su temperatura porque las partículas se mueven más deprisa.  
**Verdadero.**

- 42) ¿Crees que dos gases pueden estar juntos en el mismo recipiente sin mezclarse entre sí?  
**No, los gases se mezclan porque se difunden uno en otro.**

## La teoría cinética de la materia

- 43 ¿Qué descubrió Robert Brown cuando observaba al microscopio granos de polen suspendidos en agua? ¿Cómo justificó Einstein el movimiento browniano?

**Brown descubrió que los granos de polen se movían de manera imprevisible. Einstein pensó que el movimiento de las partículas de polen era consecuencia del impacto de las partículas de agua sobre las de polen.**

- 44 Cómo explica la teoría cinética de la materia el siguiente hecho experimental: se deposita en el fondo de un vaso con agua un cristal verde de una sal de cobre y el líquido adquiere rápidamente esa coloración.

**Las partículas de agua bombardean las partículas de cristal y las dispersan por todo el volumen, por lo que el agua adquiere rápidamente color verde.**

- 45 ¿Qué sucede si dejas caer unas gotas de leche en un vaso de agua? ¿Cómo lo explicarías de acuerdo con la teoría cinética de la materia?

**El agua toma rápidamente color lechoso. Las partículas de agua chocan contra las partículas de leche y las dispersan por todo el volumen.**

- 46 D Si un haz de luz muy delgado penetra por una pequeña rendija en una habitación a oscuras se observa que el polvo en suspensión se mueve de manera desordenada y continuamente. ¿Cuál es la causa de ese movimiento?

**El aire está formado por partículas que se mueven continuamente de manera aleatoria y que bombardean incesantemente a las partículas de polvo, de manera que estas se mueven en zigzag cambiando constantemente de dirección.**

- 47 Copia en tu cuaderno estas cuatro columnas y relacionalas entre sí.

Estado sólido	Fuerzas de atracción muy débiles entre partículas.	Las partículas vibran alrededor de sus posiciones.	Las partículas chocan entre sí y con las paredes del recipiente.
Estado líquido	Fuerzas de atracción muy fuertes entre partículas.	Las partículas se mueven a gran velocidad.	Los grupos de partículas se deslizan unos sobre otros.
Estado gaseoso	Fuerzas de atracción débiles entre partículas.	Las partículas forman grupos.	Las partículas están ordenadas en una red.

## Los cambios de estado

- 48 Justifica si las siguientes frases son verdaderas o falsas:

- a) El punto de fusión es la temperatura a la que una sustancia pasa de estado sólido a líquido y viceversa.

**Verdadero.**

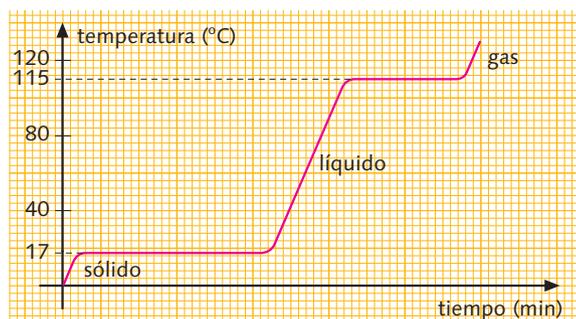
- b) El punto de ebullición es la temperatura a la que una sustancia pasa de estado sólido a gaseoso y viceversa.

**Falso. Es la temperatura a la que una sustancia pasa del estado líquido a gaseoso y viceversa.**

- c) La condensación es el cambio de estado de líquido a sólido.

**Falso. Es el cambio de estado gaseoso a líquido.**

- 49 La gráfica siguiente corresponde a la curva de calentamiento de una sustancia pura.

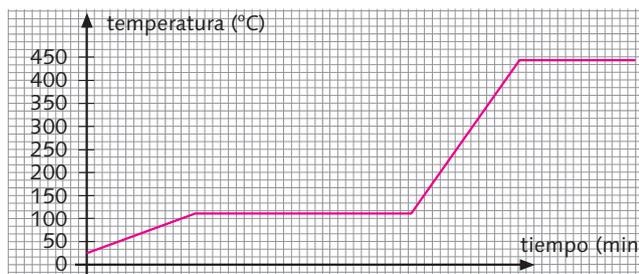


- a) ¿Cuál es el punto de fusión de esta sustancia?

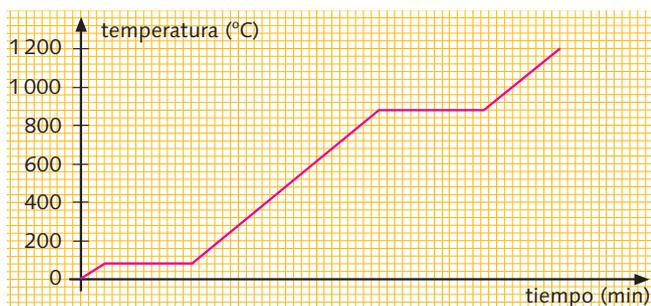
**El punto de fusión es 17 °C.**

- b) ¿Cuál es su punto de ebullición?  
**El punto de ebullición es 115 °C.**
- c) ¿Qué sucede con la temperatura mientras el sólido se funde?  
**Mientras el sólido se funde la temperatura permanece constante.**
- d) ¿Qué sucede con la temperatura durante la vaporización de esta sustancia?  
**Durante al vaporización de esta sustancia la temperatura permanece constante.**

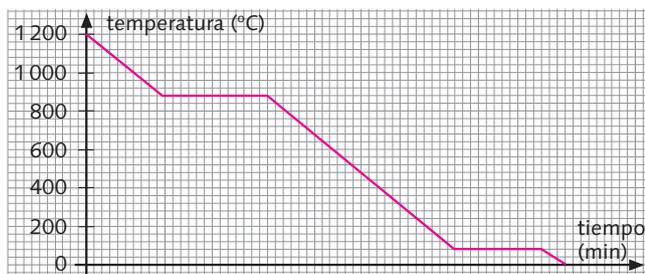
50 Representa la gráfica de calentamiento de una sustancia que se encuentra inicialmente en estado sólido a 25 °C y cuyos puntos de fusión y ebullición son 113 °C y 445 °C, respectivamente.



51 La gráfica corresponde a la curva de calentamiento de cierto metal alcalino.

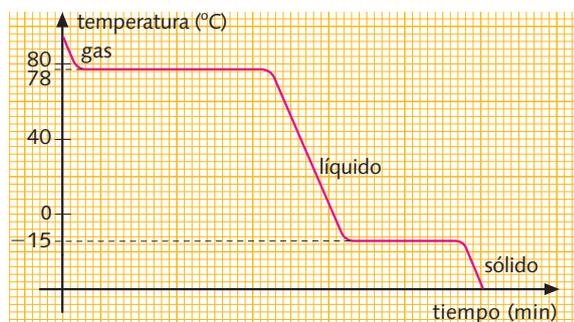


- a) ¿Cuál es el punto de fusión? ¿Y su punto de ebullición?  
**El punto de fusión es 80 °C. El punto de ebullición es 880 °C.**
- b) ¿Qué pasa con la temperatura mientras el metal se funde?  
**La temperatura permanece constante.**
- c) Dibuja la correspondiente gráfica de enfriamiento.



- d) ¿En qué estado se encuentra este metal a 100 °C?  
**A 100 °C se encuentra en estado líquido.**

52 Esta gráfica corresponde a la curva de enfriamiento de una sustancia pura.

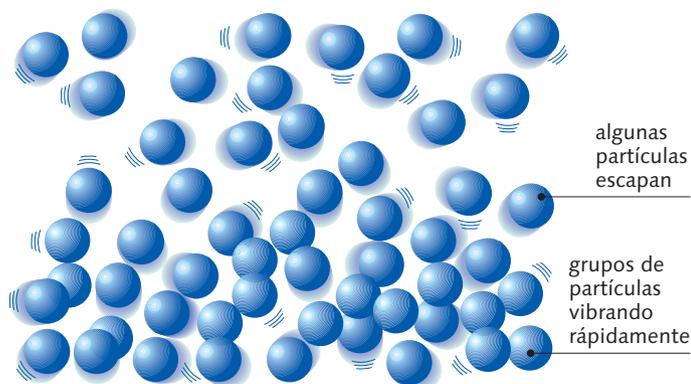


- a) ¿Cuál es el punto de fusión de esta sustancia?  
El punto de fusión es  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- b) ¿Cuál es su punto de ebullición?  
El punto de ebullición es  $78\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- c) ¿En qué estado se encuentra la sustancia a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?  
A  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  la sustancia se encuentra en estado líquido.

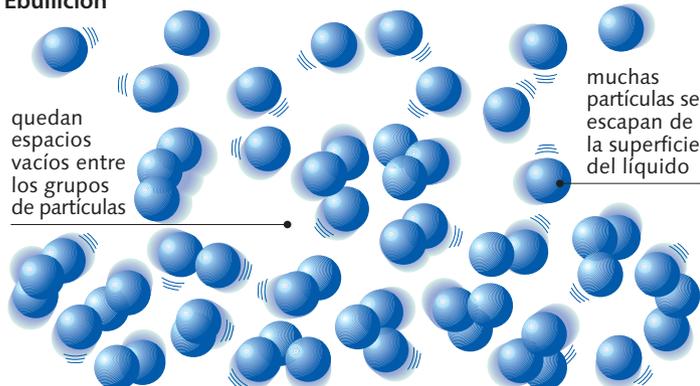
53 D ¿Qué diferencia hay entre que se evapore o hierva una sustancia? Dibuja un diagrama que muestre qué le sucede a las partículas de un líquido en ambos procesos.

Una sustancia se evapora a cualquier temperatura mientras que hierve solo a la temperatura de ebullición.

#### Evaporación



#### Ebullición



54 D Algunos ambientadores son perfumes sólidos. ¿En qué fenómeno físico se basa su funcionamiento? ¿Qué cambio de estado se produce al destaparlos o abrirlos?

Los perfumes sólidos basan su funcionamiento en la sublimación o cambio de estado de sólido a gas.

55 D Explica mediante la teoría cinética por qué:

- a) Un sólido pasa al estado líquido y, de este, al gaseoso.

Al incrementar la temperatura, las partículas del sólido aumentan su energía cinética y escapan de la redícula pasando al estado líquido. Si se sigue incrementando la temperatura, las partículas pueden tener energía suficientemente para pasar al estado gaseoso.

- b) Hay sólidos que pasan directamente a gas.

Algunas partículas tienen energía suficiente para escapar del sólido y pasar al estado gaseoso directamente.

56 Consulta la tabla de los puntos de fusión y ebullición de la página 44. ¿En qué estado se encuentra el azufre a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  y a  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

Sustancia ( $^{\circ}\text{C}$ )	p. f. ( $^{\circ}\text{C}$ )	p. e. ( $^{\circ}\text{C}$ )
Azufre	113	445

El azufre a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  es sólido; a  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , líquido, y a  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , gas.

- 57 D Justifica con los datos de la tabla de densidad del agua (página 45) la razón de que el hielo flote en el agua líquida, aunque ambos estén a 0 °C.

Temperatura (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
0 (hielo)	917,0
0 (agua líquida)	999,8
2	999,9
4	1 000,0
8	999,8
15	999,1
50	988,0

Este comportamiento anormal del agua explica que el hielo flote en el agua, por ser menos denso, y que el agua líquida hasta 4 °C se vaya al fondo, por ser más densa.

## Evaluación (página 51)

Lee el siguiente texto y responde a las preguntas:

*Seis experimentos realizados con el aire atmosférico, en los que dejé de lado todo aquello que podría resultar inseguro, me dieron los siguientes resultados: el aire atmosférico, que a la temperatura de la nieve en fusión tenía un volumen de 100 partes, calentado hasta la temperatura del agua en ebullición, se había dilatado hasta un volumen medio de 137,5 partes.*

*Si se divide toda esta dilatación en partes iguales para cada uno de los grados que la ha producido, es decir, 100, y si se toma como unidad el volumen a la temperatura de 0 °C, se encontrará que el aumento de volumen es de 1/266,66 para cada grado centígrado.*

*Los experimentos descritos aquí, realizados todos ellos con el mayor cuidado, establecen sin ningún lugar a dudas que el aire atmosférico, el oxígeno, el nitrógeno, el hidrógeno, el amoníaco, el cloruro de hidrógeno, el dióxido de azufre y el dióxido de carbono, se dilatan todos ellos casi de la misma manera por iguales grados de temperatura y que, en consecuencia, la diferencia de densidad de estas clases de gases a cualquier presión y temperatura, y en general su naturaleza específica, no influye para nada en su dilatación por el calor.*

*De esto saco la conclusión de que los gases se dilatan casi exactamente de la misma manera por iguales grados de temperatura y en igualdad de todas las otras condiciones.*

L. J. GAY-LUSSAC

*Investigaciones sobre la dilatación de los gases y los vapores*  
Annales de Chimie (Adaptación)

**Nota:** Los cálculos de Gay-Lussac no eran exactos, debido a la poca precisión de los instrumentos de medida. Hoy sabemos que, a presión constante, por cada grado centígrado de cambio de temperatura, el volumen de cualquier gas se modifica en 1/273 del volumen que tiene a 0 °C.

- 1 ¿Con qué sustancias gaseosas realiza Gay-Lussac sus investigaciones? ¿Con qué sustancia gaseosa realiza el experimento que se describe de manera cuantitativa en el texto?

**Las sustancias gaseosas con las que realiza Gay-Lussac sus investigaciones son: el aire atmosférico, el oxígeno, el nitrógeno, el hidrógeno, el amoníaco, el cloruro de hidrogeno, el dióxido de azufre y el dióxido de carbono. El experimento que se describe cuantitativamente en el texto se realiza con aire atmosférico.**

- 2 ¿Qué es lo que pretende investigar Gay-Lussac?

**Gay-Lussac investiga la relación que existe entre la dilatación de los gases (variación del volumen) y la temperatura, independientemente del tipo de gas.**

- 3 ¿Cuál es el volumen inicial del gas que se describe en el texto? ¿A qué temperatura se encuentra?

**El volumen inicial del gas es de 100 partes a la temperatura de la nieve en fusión (0 °C).**

- 4 ¿Cuál es el volumen final del gas? ¿A qué temperatura se encuentra? ¿Qué magnitud permanece constante en estos experimentos?

**El volumen final del gas es de 137,5 partes a la temperatura del agua en ebullición (100 °C). La magnitud que permanece constante en estos experimentos es la presión.**

- 5 Si se toma la unidad de volumen el volumen a 0 °C:
- ¿Cuál es el aumento de volumen por cada grado centígrado que obtiene Gay-Lussac?  
El aumento de volumen por cada grado centígrado que obtiene Gay-Lussac es 1/266,66 por cada grado centígrado.
  - ¿Cuál es el valor aceptado en la actualidad para ese aumento de volumen?  
El valor aceptado hoy es 1/273 del volumen que tiene a 0 °C.

- 6 ¿Depende el resultado de estos experimentos de la naturaleza del gas que se utiliza en los mismos?  
Los resultados de este experimento no dependen de la naturaleza del gas que se utiliza en los mismos.

- 7 ¿A qué conclusión llega Gay-Lussac sobre la dilatación de los gases?  
La conclusión a la que llega Gay-Lussac es que los gases se dilatan casi exactamente de la misma manera por iguales grados de temperatura y en igualdad de todas las otras condiciones.

- 8 Enuncia las tres leyes de los gases. ¿En qué unidades se expresan las magnitudes de sus ecuaciones?

Ley de Boyle: a temperatura constante, el volumen ocupado por una determinada masa de un gas es inversamente proporcional a la presión.

Para dos condiciones distintas del problema:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

La presión se expresa en atm o mmHg; el volumen en cualquiera de las unidades de volumen. Es imprescindible que las unidades sean las mismas a uno y otro lado del signo igual.

Ley de Charles: si la presión de un gas permanece constante, el volumen de una masa fija de gas es directamente proporcional a la temperatura absoluta.

Para dos condiciones distintas del problema:

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

El volumen se expresa en cualquiera de las unidades de volumen siempre que sean las mismas a un lado y otro de la ecuación. La temperatura se expresa en kelvin.

Ley de Gay-Lussac: si el volumen de un gas permanece constante, la presión de una masa fija de gas es directamente proporcional a la temperatura absoluta.

Para dos condiciones distintas del problema:

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

La presión se expresa en atm o en mmHg y la temperatura en kelvin.

- 9 Una masa de dióxido de carbono ocupa un volumen de 50 cm<sup>3</sup> a 750 mmHg. Calcula su volumen a 1,2 atm de presión si la temperatura permanece constante.

Aplicamos la ley de Boyle para dos condiciones:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$$50 \text{ cm}^3 \cdot 750 \text{ mmHg} = V_2 \cdot 1,2 \text{ atm} \cdot 760 \text{ mmHg/atm}; V_2 = 41,12 \text{ cm}^3$$

- 10 Una botella de acero contiene oxígeno a 25 °C y 5 atm de presión. Halla la presión del gas si se eleva la temperatura a 45 °C.

Aplicamos la ley de Gay-Lussac:

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

$$\frac{5 \text{ atm}}{298 \text{ K}} = \frac{p_2}{318 \text{ K}}; p_2 = 5,33 \text{ atm}$$

- 11 ¿Es nula la presión de un gas a 0 °C? Justifica la escala Kelvin de temperatura.

La presión de un gas a 0 °C no es cero. La escala Kelvin de temperaturas tiene como punto cero -273 °C que es la temperatura a la que la presión de un gas es cero.

- 12 Justifica los siguientes hechos con la teoría cinética de los gases:

- Si se calienta un gas, aumenta su temperatura.

Al calentar las partículas del gas adquieren más energía por lo que se mueven más deprisa.

**b)** Los gases ejercen presión.

Cuando un gas está contenido en un recipiente, sus partículas se encuentran en movimiento y chocan una y otra vez contra las paredes del mismo. La presión que ejerce el gas se debe a estas condiciones.

**c)** Los gases son compresibles.

La distancia a la que se encuentran las partículas de un gas varía. Cuando el gas se comprime, las partículas se aproximan entre sí.

**13** ¿Cuáles son las ideas fundamentales de la teoría cinética de la materia?

Las ideas fundamentales de la teoría cinética de la materia son:

1. La materia está formada por partículas muy pequeñas que no podemos ver.
2. Las partículas están en continuo movimiento de manera aleatoria.

**14** ¿Cómo justifica la teoría cinética de la materia los diferentes estados de agregación?

En los sólidos, las partículas están unidas por fuertes fuerzas de atracción que las mantienen en posiciones fijas.

En los líquidos, estas fuerzas de atracción son más débiles y no pueden mantener las partículas en posiciones fijas.

En los gases, las fuerzas de atracción entre las partículas son despreciables, y las partículas se pueden mover a gran velocidad en todas las direcciones.

**15** ¿Qué dos cambios de estado se citan en el texto? ¿Cómo se llaman las temperaturas a las que se realizan estos cambios de estado? ¿Cómo son estas temperaturas mientras tiene lugar el cambio de estado?

En el texto se menciona la fusión del hielo y la ebullición del agua. Las temperaturas a las que se realizan estos cambios se denominan punto de fusión y punto de ebullición, respectivamente. Estas temperaturas permanecen constantes mientras tiene lugar el cambio de estado.

**16** Distingue entre vaporización, ebullición y evaporación.

La vaporización es el cambio de estado líquido a estado gaseoso. Si la vaporización tiene lugar a cualquier temperatura y en la superficie del líquido, exclusivamente, recibe el nombre de evaporación. Si la vaporización tiene lugar en toda la masa del líquido y a temperatura constante se denomina ebullición.