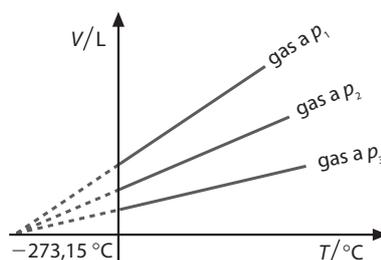
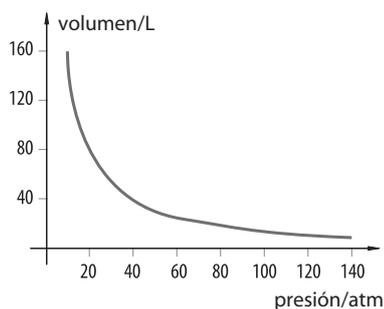


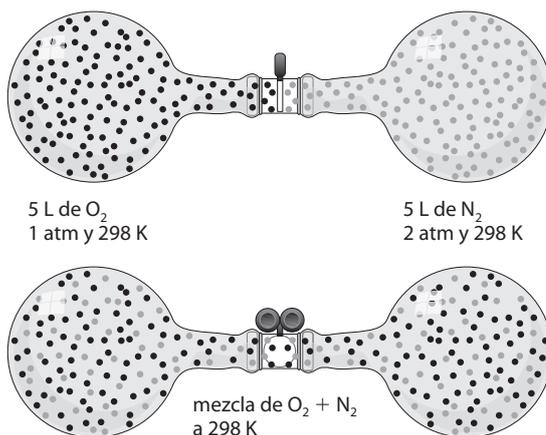
# Evaluación

**NOMBRE** \_\_\_\_\_ **APELLIDOS** \_\_\_\_\_  
**CURSO Y GRUPO** \_\_\_\_\_ **FECHA** \_\_\_\_\_ **CALIFICACIÓN** \_\_\_\_\_

- 1** Enuncia la ley de Boyle y la de Charles y Gay-Lussac. Asigna las siguientes gráficas a cada ley, explicando los criterios en los que te basas.



- 2 a)** Un gas ocupa un volumen de 5 L cuando la presión es de 2 atm. ¿Qué presión es necesaria para que, a temperatura constante, ocupe un volumen de 4 L?  
**b)** El mismo volumen de gas anterior (5 L) se calienta, manteniendo constante la presión, y sufriendo un incremento de temperatura de 90 °C. Si el volumen adquirido es de 6,5 L, calcula la temperatura inicial.
- 3** A 25 °C, un volumen de 3 L de gas ideal ejerce una presión de 750 mmHg. ¿Qué volumen ocupará la misma masa de gas si cambia la presión a 780 mmHg y la temperatura a 10 °C?
- 4** ¿Qué volumen ocuparán 40 g de nitrógeno (gas) en condiciones normales de presión y temperatura? (Supóngase un comportamiento ideal.)
- 5** Se tienen dos gases ideales separados por una llave de comunicación tal y como se aprecia en la figura:



Calcula, indicando las leyes que aplicas:

- a)** La presión que ejercerá cada gas cuando se abra la llave y los dos gases se difundan, a una temperatura constante de 298 K.  
**b)** La presión total que mediría un manómetro conectado en medio de los dos recipientes.
- 6** Enuncia los cuatro postulados de la teoría cinético-molecular.
- 7 a)** ¿A qué se llama presión de vapor de un líquido? ¿Con qué aparato puede medirse?  
**b)** De un líquido se dice que es volátil cuando tiene mucha tendencia a evaporarse. Según esto, dados dos líquidos con diferentes presiones de vapor, ¿cuál de ellos será más volátil?
- 8** ¿Puede hervir el agua a 20 °C? Explícalo.

# Solución de la evaluación

- 1 Ley de Boyle.** A temperatura constante, el producto de la presión por el volumen de una masa de gas permanece también constante.
- Ley de Charles y Gay-Lussac.** A presión constante, el volumen de una masa de gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta.
- La gráfica de la derecha corresponde a la ley de Charles y Gay-Lussac, ya que las rectas están de acuerdo con la ecuación lineal:  $V = kT$ , donde el valor de  $k$  depende de la presión a la que se realice el experimento.
- La gráfica de la izquierda corresponde a la ley de Boyle, ya que su expresión matemática:  $pV = k$ , es la ecuación de una hipérbola.
- 2 a)** Dado que la temperatura permanece constante, se puede aplicar la ley de Boyle:  $p_1V_1 = p_2V_2$ . Sustituyendo:
- $$2 \text{ atm} \cdot 5 \text{ L} = p_2 \cdot 4 \text{ L} \Rightarrow p_2 = 2,5 \text{ atm}$$
- b)** Puesto que la presión es constante, se puede aplicar la ley de Charles y Gay-Lussac:
- $$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{5 \text{ L}}{T_1} = \frac{6,5 \text{ L}}{T_1 + 90}$$
- $$5 \cdot (T_1 + 90) = 6,5 \cdot T_1 \Rightarrow 450 = 1,5 T_1$$
- $$T_1 = \frac{450}{1,5} = 300 \text{ K}$$
- 3** En primer lugar transformamos las unidades de temperatura:
- $T_1 = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$
  - $T_2 = 10^\circ\text{C} = 283 \text{ K}$
- A continuación sustituimos los valores en la ecuación general:
- $$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_1V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{(750/760) \text{ atm} \cdot 3 \text{ L}}{298 \text{ K}} = \frac{(780/760) \text{ atm} \cdot V_2}{283 \text{ K}}$$
- Es decir:
- $$\frac{750 \text{ mmHg} \cdot 3 \text{ L}}{298 \text{ K}} = \frac{780 \text{ mmHg} \cdot V_2}{283 \text{ K}} \Rightarrow V_2 = 2,7 \text{ L}$$
- 4** Aplicamos la ecuación general de los gases:  $pV = nRT$ . No obstante, antes de sustituir valores, debemos hallar el número de moles de nitrógeno ( $\text{N}_2$ ):
- $$n = \frac{40 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = 1,4 \text{ mol de } \text{N}_2$$
- Así pues:
- $$1 \text{ atm} \cdot V = 1,4 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm L/K mol} \cdot 273 \text{ K}$$
- $$V = 31,3 \text{ L}$$
- 5** En una mezcla de gases ideales, cada gas ejerce una presión parcial igual a la que ejercería si él solo ocupase todo el volumen a la misma temperatura; la presión total de la mezcla coincide con la suma de las presiones parciales de todos los gases que la componen (ley de Dalton).
- a)** Como  $T$  es constante:  $p_1V_1 = p_2V_2$ ; es decir:
- Para el oxígeno:
 
$$1 \text{ atm} \cdot 5 \text{ L} = p_2 \cdot 10 \text{ L}; p_2 = 0,5 \text{ atm}$$
  - Para el nitrógeno:
 
$$2 \text{ atm} \cdot 5 \text{ L} = p_2 \cdot 10 \text{ L}; p_2 = 1 \text{ atm}$$
- b)** La presión total es la suma de las dos:
- $$0,5 \text{ atm} + 1 \text{ atm} = 1,5 \text{ atm}$$
- 6** ■ Los gases están formados por partículas (átomos o moléculas). El tamaño de estas es insignificante en relación con las distancias que las separan, de modo que las interacciones entre ellas pueden despreciarse.
- Las moléculas del gas se mueven de forma continua y al azar, chocando entre sí y con las paredes del recipiente que las contiene.
  - Los choques que se originan son completamente elásticos, es decir, su energía cinética no varía.
  - La energía cinética media de las moléculas gaseosas es directamente proporcional a la temperatura de la muestra.
- 7 a)** La presión de vapor de un líquido es la presión que ejercen las moléculas que se escapan de su superficie. Puede medirse con un manómetro.
- b)** Es más volátil el que, a la misma temperatura, tiene mayor presión de vapor.
- 8** La temperatura de ebullición de un líquido es aquella para la cual la presión de vapor de dicho líquido coincide con la presión exterior. Por tanto, para conseguir que el agua hierva a  $20^\circ\text{C}$ , basta con que la presión exterior sea lo suficientemente baja (unas pocas decenas de mmHg); para conseguirlo, es necesario hacer el vacío hasta alcanzar esa presión.

# 1. Propiedades de los tres estados

**1** Adjudica las siguientes propiedades observables al estado de agregación de la materia a que correspondan:

- No tienen volumen propio.
- Tienen volumen propio.
- Tienen forma definida.
- Se adaptan a la forma del recipiente.
- Son compresibles.
- Son prácticamente incompresibles.
- Apenas se dilatan.
- Pueden dilatarse indefinidamente.
- Son rígidos y no pueden fluir.
- Son fluidos.
- Tienen una densidad generalmente elevada.
- Presentan una densidad muy baja.
- Tienen una densidad media o moderadamente alta.
- Presentan estructuras cristalinas.

| Sólido | Líquido | Gaseoso |
|--------|---------|---------|
|        |         |         |

**2** ¿Es la mantequilla sólida o líquida?

**3** ¿Es el plástico sólido o líquido?

## 2. ¿Seguro que solo hay tres estados?

---

### El cuarto estado

Una parte muy importante de la materia que compone el universo se encuentra en un estado distinto del sólido, el líquido y el gaseoso. Gran parte de la materia que compone las estrellas, la materia interestelar, parte de nuestra atmósfera e incluso de la materia comprendida en las lámparas fluorescentes y en algunas zonas de las llamas, se encuentra en forma de plasma.

En un plasma, todo se halla altamente ionizado; átomos y moléculas cargados positivamente se mueven junto a electrones libres, no ligados a sus núcleos. Dado que las energías necesarias para ionizar los átomos o las moléculas son muy elevadas, para producir plasma en un laboratorio, es necesario comunicar al gas temperaturas altísimas, que oscilan entre los cientos de miles de grados y las decenas o centenares de millones de grados. A estas temperaturas no hay material que no se funda, y aunque encontráramos uno que las soportara, debido al intercambio térmico que se produciría entre el plasma y las paredes del recipiente, los electrones se recombinarían con los iones positivos y la vida media del plasma sería muy breve. En la actualidad se está consiguiendo confinar el plasma empleando potentes campos magnéticos, capaces de obligar a los iones a describir continuamente trayectorias cerradas, o bien a reflejarse en determinadas regiones de estos campos de forma parecida a como se refleja la luz en un espejo.

### Actividades

---

- 1 ¿Es el plasma una forma de materia que se presenta en estado sólido, líquido o gaseoso?
- 2 ¿Por qué es tan difícil confinar el plasma?

## 3. El quinto estado

Lee detenidamente la siguiente noticia de prensa y contesta las cuestiones.

### CIENCIA

## Einstein tenía razón cuando postuló, hace setenta años, el quinto estado de la materia

Científicos americanos han demostrado su existencia a partir de átomos de rubidio

Washington. **Pedro Rodríguez/Madrid. J. M. Fernández-Rúa**

La Universidad de Colorado ha dado la razón a Albert Einstein, setenta años después de que el genial científico de origen alemán postulase la existencia de un quinto estado de la materia. Einstein y el investigador hindú Satyendra Nath Bose apostaron en 1925 por su existencia. Ahora, un equipo de investigadores de ese campus norteamericano, dirigido por el profesor Anderson, ha observado a bajísima temperatura el estado condensado Bose-Einstein.

El nuevo y peculiar estado de la materia se ha conseguido en EE UU al congelar una nube de átomos a una temperatura de ciento setenta milmillonésimas de grado por encima del cero absoluto ( $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Quizá inspirados por las frías temperaturas del campus universitario situado en la pintoresca localidad de Boulder, el ya célebre equipo de investigadores consiguió demostrar, el día 5 del mes de junio, la existencia de este nuevo estado a partir de átomos de rubidio que fueron sometidos a las más bajas temperaturas que el hombre es capaz de crear en laboratorio.

Los responsables de este nuevo avance son dos físicos de la Universidad de Colorado, Carl Wieman y Eric Cornell. También firman este trabajo J. R. Ensher y M. R. Matthews, además del profesor Anderson.

Como ha explicado el profesor Wieman, el nuevo estado tiene propiedades completamente diferentes a los conocidos hasta el momento (sólido, líquido, gaseoso y plasma). En opinión de Cornell, este supermáximo estado de enfriamiento jamás existió de forma natural en ningún lugar del universo. «El ejemplo en nuestro laboratorio es solo un trozo de la materia en el universo, a menos que exista otro laboratorio en algún otro sistema solar», añadió.

Las intuiciones de Albert Einstein, que fue discutido en su época y considerado por algunos como un soñador y un matemático verborrónico, se han venido confirmando en las últimas décadas. Cabe citar, por ejemplo, que en 1980 un equipo de astrónomos observó la presencia simultánea de un mismo objeto que se comportaba como una estrella en tres lugares diferentes del cielo. Se confirmaba así la teoría general de la relatividad, dada a conocer por Einstein en 1919.

El quinto estado de la materia, denominado condensado Bose-Einstein, es la última de estas verificaciones. Básicamente,

y según ha publicado *Science*, consiste en una nube de gas de átomos que han sido sometidos a unas temperaturas tan frías, que su movimiento casi se ha logrado detener.

Pese a su triunfo, los científicos han sido cautos a la hora de predecir posibles aplicaciones prácticas de su hallazgo. Algunos avances se podrían registrar a la hora de fijar estándares y medición de espacio y tiempo, para lo que se requieren las más ajustadas medidas de átomos.

### Santo grial

Normalmente, los átomos de rubidio sometidos a temperatura ambiente se mueven en todas direcciones, a una velocidad de mil seiscientos kilómetros por hora. Los átomos de rubidio utilizados en el experimento de la Universidad de Colorado apenas si se desplazaron unos centímetros.

El material llegó a experimentar, casi por una milésima de millón, la temperatura del cero absoluto. En este punto teórico, imposible de alcanzar por las leyes de la termodinámica, los átomos de cualquier sustancia se deberían detener sin producir calor alguno.

Además de la lluvia de fotones, los investigadores de la Universidad de Colorado han utilizado una especie de «trampa magnética» para separar los átomos más calientes de sus muestras.

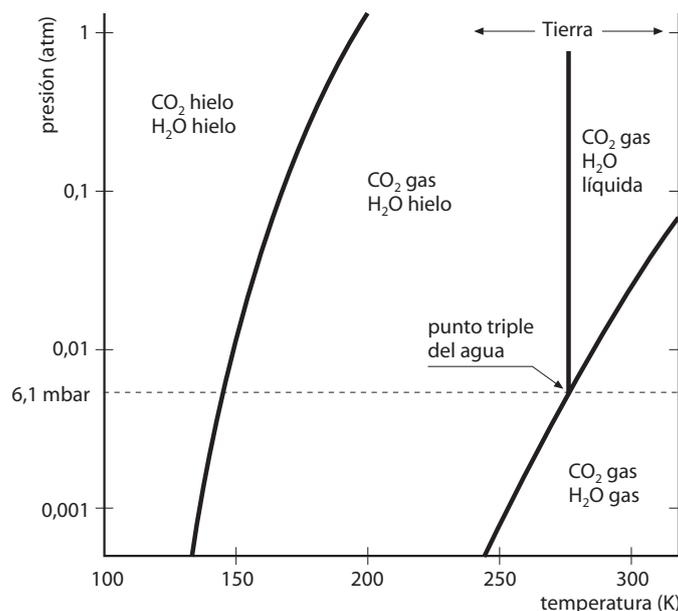
Como es habitual en trabajos de esta importancia, la revista *Science* incluye la opinión de un acreditado experto. En este caso se trata del profesor Keith Burnett, del Laboratorio Clarendon de la universidad británica de Oxford. El profesor Clarendon no ha dudado en escribir: «El calificativo de *santo grial* parece totalmente apropiado para definir la singular importancia de este descubrimiento».

### Actividades

- 1 ¿A qué se debe que el quinto estado de la materia reciba el nombre de condensado Bose-Einstein?
- 2 ¿Cuál ha de ser la temperatura para que la materia se encuentre en este estado?
- 3 ¿Por qué dicen que el quinto estado no existe de forma natural en ningún lugar del universo?
- 4 ¿Se puede detener el movimiento de una nube de átomos gaseosos?

## 4. El punto triple y las escalas de temperatura

En determinadas condiciones, una sustancia puede encontrarse, simultáneamente, en los tres estados. El punto de presión y temperatura al cual sucede este fenómeno se denomina **punto triple**. El punto triple del agua es la temperatura donde coexisten en equilibrio la fase sólida (hielo), líquida y gaseosa (vapor de agua). Este equivale a 273,16 K de temperatura absoluta y a una presión de 0,006 025 atm. La escala centígrada usa el punto triple del agua como punto de partida. En esta escala, la unidad de medida corresponde a 1/100 entre la distancia que hay desde el punto triple del agua y su temperatura de ebullición a 1 atmósfera de presión.



La **escala Celsius** usaba como punto de partida la temperatura de fusión del hielo ( $0^{\circ}\text{C} = 273,15\text{ K}$ ) a 1 atm de presión. La temperatura de ebullición del agua a la misma presión es de  $100^{\circ}\text{C}$ .

El punto de partida de la **escala Fahrenheit** fue bastante diferente. Antiguamente,  $0^{\circ}\text{F}$  correspondía a la temperatura de fusión de una mezcla frigorífica (la idea original del doctor Fahrenheit era tener un  $0^{\circ}$  que correspondiera a la temperatura más baja alcanzable) y  $100^{\circ}\text{F}$  correspondían a la temperatura media del cuerpo humano (reflejo de la formación médica de su creador). Es fácil apreciar cómo la escala Fahrenheit tiene puntos de referencia poco precisos, a diferencia de la escala centígrada. Esto hace que actualmente la escala Fahrenheit tenga su referencia real en la centígrada. Hoy en día se define como  $32^{\circ}\text{F}$  el punto de fusión del hielo a 1 atm de presión y como  $212^{\circ}\text{F}$  el punto de ebullición del agua a 1 atm de presión.

### Actividades

- 1 Calcula, en la escala Celsius, la temperatura del punto triple del agua.
- 2 Calcula la equivalencia actual entre el grado Fahrenheit y el grado Celsius.
- 3 El doctor Fahrenheit consideraba que las personas tenían fiebre cuando superaban los  $100^{\circ}\text{F}$ . Calcula su equivalencia actual en grados centígrados.
- 4 La presión atmosférica media en Marte es muy parecida (ligeramente inferior) a la del punto triple del agua y su temperatura media en la superficie es de  $-63^{\circ}\text{C}$ . ¿Crees que es posible en esas condiciones la existencia de agua líquida en la superficie del planeta?

## 5. El vacío

---

La idea del vacío no tenía cabida en las antiguas teorías del universo. Para el influyente **Aristóteles** (384 a. C.-322 a. C.), considerado por muchos el pensador más importante de la Antigüedad, el vacío era inaceptable. Los argumentos que daba, más que científicos o empíricos, eran de orden filosófico: «sería un contrasentido —decía— el dejar que lo que no es el vacío entrara en la consideración de las cosas».

Este *horror vacui* («horror al vacío») se prolongó durante la Edad Media y comienzos de la Edad Moderna. A la luz de este principio fueron interpretados multitud de fenómenos como, por ejemplo, la succión que ejerce una ventosa, la dificultad en separar un fuelle si no se permite la entrada del aire, la succión del agua que realizaban las bombas aspirantes, etc. Todas estas observaciones parecían demostrar que la naturaleza se resiste a tolerar la ausencia de aire; nada más extraer este, el vacío creado es rellenado por la materia de los alrededores.

El principio del *horror vacui* se convirtió en dogma prácticamente irrefutable hasta el siglo xvii. El primer experimento en contra, y el más decisivo de todos, fue el de Torricelli (1608-1647). Este científico italiano demostró que los efectos atribuidos al *horror vacui* eran debidos en realidad a la presión del aire y estableció la equivalencia de esta presión con la altura que alcanza el mercurio en un tubo. La difusión en toda Europa de las experiencias de **Torricelli** animó a muchos otros científicos a investigar en la misma línea. Los más destacados fueron **Pascal** (1623-1662), en Francia; **Boyle** (1627-1691), en Inglaterra, y **Guericke** (1602-1686), en Alemania. Finalmente, con **Newton** (1642-1727), el vacío se hizo componente imprescindible en la configuración del cosmos.

### Actividades

---

- 1** Explica por qué al apretar contra una superficie lisa y bien pulimentada una ventosa, esta queda adherida a dicha superficie.
- 2** En el siglo xviii se usaban bombas aspirantes para sacar agua de pozos o minas inundadas. ¿Por qué crees que dichas bombas no podían elevar el agua a más de 10,5 m?
- 3** Explica cómo puede usarse el barómetro de Torricelli para producir el vacío en volúmenes importantes.

## EXPERIMENTO

## 6. Con el calor de las manos

Si la temperatura de las manos es superior a la del entorno, entonces podrán comunicar calor a la sustancia u objeto con el que se pongan en contacto, sin necesidad de aplicar sobre él ningún tipo de llama. En este experimento se propone comprobar el efecto que tiene un aumento de temperatura sobre un gas encerrado en un recipiente. El montaje es sencillo, y el resultado, sorprendente.

### Objetivo

Comprobar que el volumen de un gas aumenta con la temperatura.

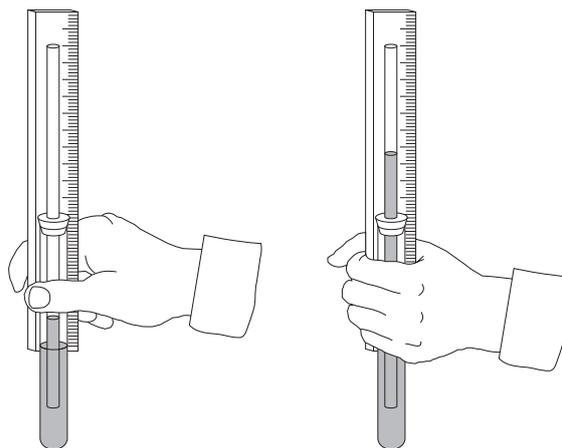
### Material necesario

- Un tubo de ensayo ancho.
- Un tubo fino de vidrio (una varilla de 1/2 cm, o menos, de diámetro).
- Un tapón agujereado.

### Procedimiento

1. Debemos conseguir un tapón de corcho (o de goma) agujereado de tal manera que por el agujero pase el tubo fino de vidrio, y que, además, tape el tubo de ensayo.
2. Atravesamos el tapón con el tubo de vidrio.
3. Echamos agua coloreada (con unas gotas de tinta) en el tubo de ensayo hasta 1/3 de su capacidad.
4. Se tapa con el tapón e introducimos el tubo fino de vidrio hasta que quede sumergido en el agua.

**Nota.** El simple calor de las manos en la parte alta del tubo de ensayo, tal y como se observa en la figura, es suficiente para desplazar el agua y que ascienda por la varilla.



### Cuestiones

- 1 ¿Por qué asciende el agua por la varilla?
- 2 ¿Influirá en el experimento la temperatura a la que esté el entorno?

## EXPERIMENTO

# 7. ¿Por qué no pasa el agua?

Cuando transvasas un líquido de un recipiente a otro mediante un embudo colocado en el segundo recipiente, no siempre pasa. Sucede que, a veces, el líquido que estás transvasando llena el embudo y no pasa al interior del recipiente. El sentido común parece indicar que, entonces, se debe levantar ligeramente el embudo para que el líquido siga pasando. Pero, *¿qué explicación física se puede dar a este fenómeno?, ¿tiene algo que ver el hecho de que el embudo cierre o no herméticamente la boca del segundo recipiente?, ¿influye el aumento o disminución del volumen de aire encerrado en el segundo recipiente (siempre que el embudo cierre herméticamente la boca del mismo)?* Si no has observado nunca este fenómeno, realiza y analiza la experiencia que te proponemos a continuación.

## Objetivo

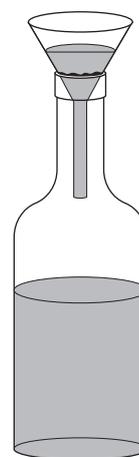
Analizar un fenómeno físico, aplicando los pasos del método científico, relacionado con el aumento de la presión de un gas cuando disminuye su volumen.

## Material necesario

- Una botella de vidrio.
- Un embudo.
- Silicona o plastilina.

## Procedimiento

1. Coloca el embudo en el cuello de la botella y ajusta ambos elementos con silicona o plastilina para que no entre aire del exterior a la botella.
2. Vierte agua en el embudo.



## Cuestiones

- 1 ¿Por qué después de caer algo de agua en la botella deja de hacerlo?
- 2 ¿Por qué pasa toda el agua del embudo si no ajustas perfectamente este a la botella?

## EXPERIMENTO

# 8. Medida de la presión que ejerce un gas

Un **manómetro** mide la presión que ejerce un gas sobre la superficie de un líquido. Este instrumento consta de un tubo en forma de «U» que contiene un líquido (en este caso agua): uno de los brazos va unido a un depósito de gas, y el otro queda abierto a la atmósfera. Si dejamos pasar el gas a través del brazo correspondiente, este ejerce sobre el líquido una fuerza y produce un desnivel (el nivel desciende en ese brazo y aumenta en el otro). Con esta diferencia de alturas se calcula la presión.

## Objetivo

Construir un manómetro y medir la presión en el interior de un líquido en comparación con la presión atmosférica.

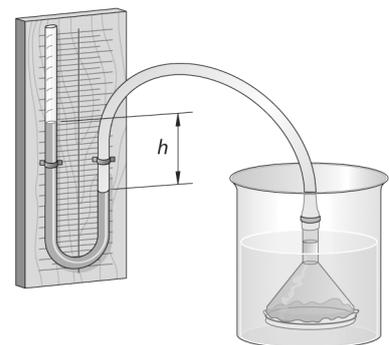
## Material necesario

Escala graduada, tubo de plástico, embudo, gomas elásticas, papel de celofán, recipiente de cristal ancho y agua con colorante.

## Procedimiento

1. Mediante unas gomas elásticas sujetamos a una escala graduada un tubo de plástico transparente de aproximadamente 1 m, como se ve en la figura.
2. Tapamos la boca de un embudo con papel de celofán, lo ajustamos con una goma elástica e introducimos el cuello del embudo en el tubo de plástico.
3. Echamos agua coloreada en el tubo en «U» hasta alcanzar una altura algo inferior a la mitad del brazo corto.

Si sumergimos el embudo cubierto con el papel de celofán en un recipiente que contenga agua, podemos observar cómo, al ir aumentando la profundidad, se incrementa el desnivel en los brazos del tubo en «U». Midiendo este desnivel en la escala, tendremos una idea del aumento de la presión del aire encerrado en el tubo sobre la presión atmosférica.



Manómetro.

## Cuestiones

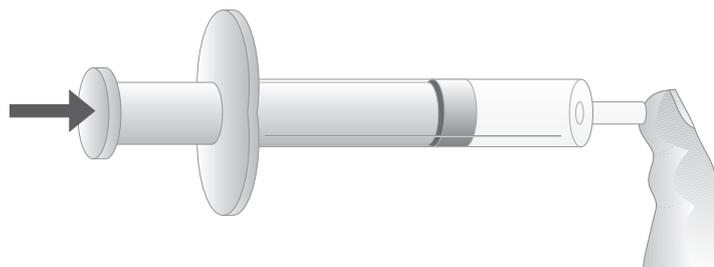
1. ¿Por qué aumenta la presión del aire encerrado en el tubo al ir profundizando en el agua del recipiente?
2. ¿Cómo podríamos utilizar este instrumento para medir presiones de gases?

## EXPERIMENTO

## 9. Comprobación de la ley de Boyle

Imagina que podemos medir las presiones ejercidas por el aire sobre el émbolo de la jeringuilla de la figura, así como los distintos volúmenes de aire contenidos en su interior. El resultado de las mediciones, realizadas a una determinada temperatura, es registrado en la siguiente tabla:

| Presión (atm) | Volumen (L) |
|---------------|-------------|
| 1             | 0,060       |
| 2             | 0,030       |
| 3             | 0,020       |
| 4             | 0,015       |



A temperatura constante, si la presión del gas aumenta el doble, el volumen se reduce a la mitad.

### Cuestiones

- 1** Representa gráficamente la presión frente al volumen.
- 2** Comprueba que se cumple la ley de Boyle.
- 3** ¿Qué volumen de aire le corresponde a una presión aplicada de 2,3 atm?
- 4** ¿Qué presión tendrá el gas cuando el volumen es de 35 cm<sup>3</sup>?

## EXPERIMENTO

# 10. Fabricación de rocío

La temperatura a la que se produce el paso del vapor de agua a agua líquida se denomina **punto de rocío**. Esto ocurre cuando la temperatura disminuye por debajo de ese punto. Este fenómeno se observa sobre todo por las mañanas temprano: en las hojas de los árboles, en la hierba, etc., se han formado gotitas de agua. Esto se debe a que, por la noche, el aire cargado de humedad se enfría por debajo del punto de rocío.

## Objetivo

Demostrar que el aire contiene vapor de agua.

## Material necesario

Vaso de cristal, agua y hielo.

## Procedimiento

Vierte agua en un vaso hasta su mitad, añade unos cubitos de hielo y espera unos minutos.



En las paredes exteriores del vaso se forman gotitas de agua.

## Cuestiones

- 1 ¿De dónde han salido las gotitas de agua que se forman en las paredes exteriores del vaso?

### 1. Propiedades de los tres estados

| 1 | Sólido   | Líquido   | Gaseoso   |
|---|--|---|---|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Tienen volumen propio.</li> <li>■ Tienen forma definida.</li> <li>■ Son prácticamente incompresibles.</li> <li>■ Apenas se dilatan.</li> <li>■ Son rígidos y no pueden fluir.</li> <li>■ Tienen una densidad generalmente elevada.</li> <li>■ Presentan estructuras cristalinas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Tienen volumen propio.</li> <li>■ Se adaptan a la forma del recipiente.</li> <li>■ Son prácticamente incompresibles.</li> <li>■ Son fluidos.</li> <li>■ Tienen una densidad media o moderadamente alta.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ No tienen volumen propio.</li> <li>■ Son compresibles.</li> <li>■ Pueden dilatarse indefinidamente.</li> <li>■ Son fluidos.</li> <li>■ Presentan una densidad muy baja.</li> </ul> |

- 2 La mantequilla se considera un líquido muy viscoso.
- 3 El plástico se considera, igualmente, un líquido muy viscoso.

### 2. ¿Seguro que solo hay tres estados?

- 1 El plasma es un estado distinto del sólido, del líquido y del gaseoso. Se trata de un estado de agregación en el que la materia se encuentra altamente ionizada.
- 2 Para crear el plasma, es necesario comunicar al gas temperaturas altísimas, que oscilan entre cientos de miles de grados y decenas o centenares de millones de grados. A esas temperaturas no hay material que no se funda.

### 3. El quinto estado

- 1 Porque fueron los dos investigadores quienes postularon su existencia.
- 2 La temperatura ha de ser de  $-273,149\ 999\ 83\ ^\circ\text{C}$ .
- 3 Porque esa temperatura solo se puede alcanzar en el laboratorio. El universo no es tan frío.
- 4 Eso solo sería posible en el cero absoluto ( $-273,15\ ^\circ\text{C}$ ), una temperatura inalcanzable, por consiguiente el movimiento de los átomos no se puede detener.

### 4. El punto triple y las escalas de temperatura

- 1 Como  $273,15\ \text{K} = 0\ ^\circ\text{C}$ , entonces:  
 $273,16\ \text{K} = 0,01\ ^\circ\text{C}$
- 2 Una diferencia de  $100\ ^\circ\text{C}$  ( $100\ ^\circ\text{C} - 0\ ^\circ\text{C}$ ) equivale a una diferencia de  $180\ ^\circ\text{F}$  ( $212\ ^\circ\text{F} - 32\ ^\circ\text{F}$ ); por consiguiente, cabe establecer la siguiente proporción:

$$\frac{100\ ^\circ\text{C}}{180\ ^\circ\text{F}} = \frac{x\ ^\circ\text{C}}{1\ ^\circ\text{F}}; x = \frac{5}{9}$$

es decir:

$$1\ ^\circ\text{F} = \frac{5}{9}\ ^\circ\text{C}$$

- 3 Se establece esta proporción:

$$\frac{1\ ^\circ\text{F}}{(5/9\ ^\circ\text{C})} = \frac{100\ ^\circ\text{F}}{x\ ^\circ\text{C}}; x = 55,6\ ^\circ\text{C}$$

Ninguna persona estaría viva a esa temperatura.

- 4 En esas condiciones, es imposible la existencia de agua líquida; solo podría estar en fase sólida y gaseosa. Sin embargo, no olvidemos que se trata de presiones y temperaturas medias, por lo que podría haber agua líquida en alguna región (fondo de cráteres) donde la presión fuera más alta o en zonas donde la temperatura superase los  $0\ ^\circ\text{C}$ .

De todas formas, siempre acabaría congelándose o evaporándose, ya que en el supuesto de que el agua líquida corriera por la superficie de Marte, disolvería  $\text{CO}_2$  de la atmósfera marciana, con lo que la presión atmosférica disminuiría hasta caer enseguida por debajo del punto triple del agua.

Es decir, la atmósfera marciana se autolimita.

### 5. El vacío

- 1 Al apretar la ventosa contra la superficie, sale el aire que se encuentra en su interior. Al actuar sobre esta la presión atmosférica sin que pueda ser contrarrestada, se impide que caiga, por lo que queda adherida a la pared. La entrada de aire neutraliza el efecto de la presión atmosférica, y la ventosa puede despegarse con facilidad.
- 2 Porque esa es la altura que debe tener una columna de agua con respecto a la superficie libre en contacto con el aire para contrarrestar la presión atmosférica.
- 3 Sea cual sea la altura o la forma del tubo, el mercurio alcanza siempre una altura aproximada de  $76\ \text{cm}$  con respecto a la superficie libre en contacto con el aire. De ese modo, la parte de tubo cerrado que queda por encima de la columna de mercurio (cápsula barométrica) ¡está simplemente vacía!

### 6. Con el calor de las manos

- 1 Al poner la mano, aumentamos la temperatura del aire encerrado en el tubo de ensayo. De este modo, se incrementa la presión del tubo y obliga al agua que contiene a ascender por el capilar.
- 2 Si es superior a la temperatura de la mano, este efecto no se notará. El efecto será más acusado en invierno que en verano.

### 7. ¿Por qué no pasa el agua?

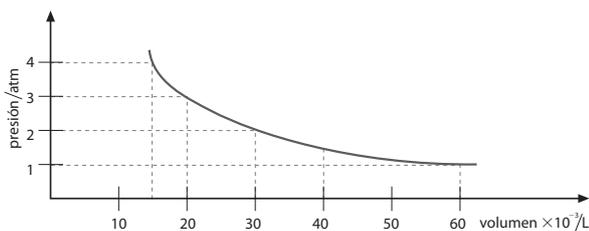
- 1 La primera porción de agua que cae hace que disminuya el volumen del aire encerrado en el recipiente, por lo que la presión de dicho aire (que antes era igual a la exterior) aumenta e impide (al ser mayor que la atmosférica) que caiga más agua.
- 2 Porque las presiones del exterior y del interior se igualan, y el agua cae por su propio peso.

## 8. Medida de la presión que ejerce un gas

- 1 Aumenta por el principio fundamental de la hidrostática,  $p = \rho hg$ . Con la profundidad se eleva la presión que ejerce el agua y, con ella, la ejercida sobre la membrana. Este aumento de presión sobre la membrana se transmite al aire contenido en el tubo y hace variar la diferencia de alturas del líquido coloreado contenido en la otra parte del tubo.
- 2 Retirando el embudo del tubo de plástico y conectándolo directamente a la salida del recipiente que contiene el gas.

## 9. Comprobación de la ley de Boyle

- 1 Al representar gráficamente la presión frente al volumen, tenemos:



- 2 Como puede verse, se trata de una hipérbola, en cuyos puntos se cumple la ley de Boyle:

$$1 \text{ atm} \cdot 0,060 \text{ L} = 2 \text{ atm} \cdot 0,030 \text{ L} = 3 \text{ atm} \cdot 0,020 \text{ L} = 4 \text{ atm} \cdot 0,015 \text{ L} = 0,060 \text{ atm L}$$

- 3 Aplicando la ley de Boyle:

$$0,060 \text{ atm L} = 2,3 \text{ atm} \cdot V; V = 0,026 \text{ L}$$

- 4 Aplicando la ley de Boyle:

$$0,060 \text{ atm L} = p \cdot 0,035 \text{ L}; p = 1,71 \text{ atm}$$

## 10. Fabricación de rocío

- 1 Las gotitas de agua se han originado por la condensación del vapor de agua existente en el aire que rodea el vaso.