

## INTERPRETA LA IMAGEN

- **¿Qué par de fuerzas constituyen la acción y la reacción que ocasionan la fuerza de sustentación cuando vuela un avión?**

El ala, debido a la forma que tiene, empuja al aire hacia abajo y este, por el principio de acción y reacción, ejercerá una fuerza sobre el ala hacia arriba.

El peso tiene sentido hacia abajo, y la fuerza de sustentación, hacia arriba, contrarrestando el peso.

- **¿Cómo están relacionadas entre sí las fuerzas que actúan sobre el avión durante el vuelo de crucero a velocidad constante?**

Si la velocidad es constante, es porque la fuerza neta que actúa sobre el avión es nula. El peso se ve contrarrestado por la fuerza de sustentación, mientras que la fuerza que proporciona el motor contrarresta la fuerza de rozamiento.

## CLAVES PARA EMPEZAR

- **¿Por qué unos cuerpos flotan en agua y otros no?**

Porque algunos tienen una densidad mayor que la del agua y se hunden. Otros son menos densos que el agua y flotan. La flotación de los cuerpos viene determinada por la composición de las fuerzas existentes: el peso del cuerpo, hacia abajo, y el empuje que ejerce el fluido sobre el cuerpo hacia arriba. Cuando el peso es mayor que el empuje, el cuerpo se hunde. En caso contrario, flota.

- **¿De qué magnitudes depende la flotabilidad de un cuerpo en agua?**

De su densidad y de la densidad del agua.

- **Opina. ¿Cómo diseñarías un avión para que soporte más carga?**

Para que soporte más carga, debe ocasionar una fuerza de sustentación que contrarreste un peso mayor. Esto se consigue con motores más potentes que desplacen una mayor cantidad de aire.

## ACTIVIDADES

- 1** Expresa la densidad de los siguientes materiales en unidades del SI:

a)  $d_{\text{agua}} = 1 \text{ g/mL}$

c)  $d_{\text{aceite}} = 85 \text{ g/dL}$

b)  $d_{\text{aluminio}} = 2,7 \text{ g/cm}^3$

d)  $d_{\text{hielo}} = 900 \text{ g/dm}^3$

- a) Empleamos los factores de conversión correspondientes:

$$d_{\text{agua}} = 1 \frac{\cancel{\text{g}}}{\cancel{\text{mL}}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \cancel{\text{g}}} \cdot \frac{1000 \cancel{\text{mL}}}{1 \cancel{\text{L}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{L}}}{1 \text{ m}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- b) Como en el caso anterior:

$$d_{\text{aluminio}} = 2,7 \frac{\cancel{\text{g}}}{\cancel{\text{cm}^3}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \cancel{\text{g}}} \cdot \frac{10^6 \cancel{\text{cm}^3}}{1 \text{ m}^3} = 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- c) En este caso:

$$d_{\text{aceite}} = 85 \frac{\cancel{\text{g}}}{\cancel{\text{dL}}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \cancel{\text{g}}} \cdot \frac{10 \cancel{\text{dL}}}{1 \cancel{\text{L}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{L}}}{1 \text{ m}^3} = 0,85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

d) Y por último:

$$d_{\text{hielo}} = 900 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot \frac{1000 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3} = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**2** Observa la imagen. Utilizando los datos del ejercicio anterior, calcula la masa del agua y la del aceite contenidos en las probetas.

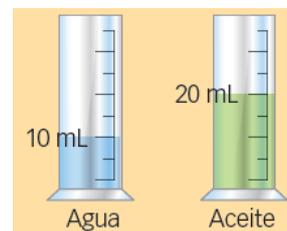
La masa se calcula a partir de la expresión de la densidad.

Para el agua:

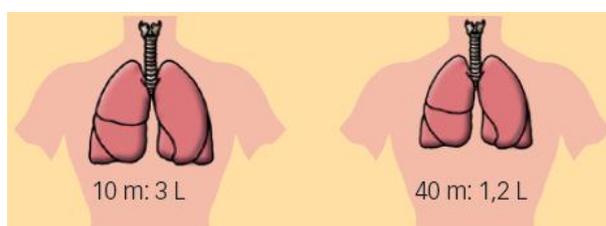
$$d_{\text{agua}} = \frac{m_{\text{agua}}}{V_{\text{agua}}} \rightarrow m_{\text{agua}} = d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{agua}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \cdot 10 \text{ mL} = 10 \text{ g}$$

Para el aceite:

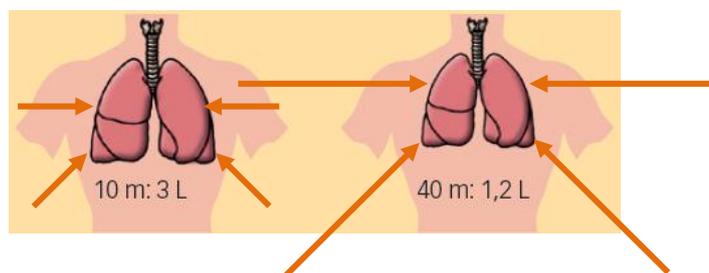
$$d_{\text{aceite}} = \frac{m_{\text{aceite}}}{V_{\text{aceite}}} \rightarrow m_{\text{aceite}} = d_{\text{aceite}} \cdot V_{\text{aceite}} = 85 \frac{\text{g}}{\text{dL}} \cdot \frac{1 \text{ dL}}{100 \text{ mL}} \cdot 20 \text{ mL} = 17 \text{ g}$$



**3** En la imagen se muestran los pulmones de un buceador cuando está sumergido a una profundidad de 10 m y a una de 40 m. Observa el tamaño de los pulmones y dibuja las flechas que representan la fuerza que actúa sobre ellos durante la inmersión:



En el caso en que se encuentra a mayor profundidad, la presión es mayor, lo que quiere decir que los pulmones sufrirán una fuerza mayor que reduce su tamaño.



**4** ¿Quién ejerce más presión sobre el suelo?

- a) Un elefante de dos toneladas que se apoya sobre una de sus patas de 500 cm<sup>2</sup> de superficie.  
 b) Una bailarina de 50 kg que se apoya sobre la punta de uno de sus pies de 3 cm<sup>2</sup> de superficie.  
 Dato:  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

a) La presión se calcula dividiendo la fuerza entre la superficie de apoyo. Para el elefante:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{2000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{500 \text{ cm}^2 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \text{ cm}^2}} = 392 \text{ 000 Pa}$$

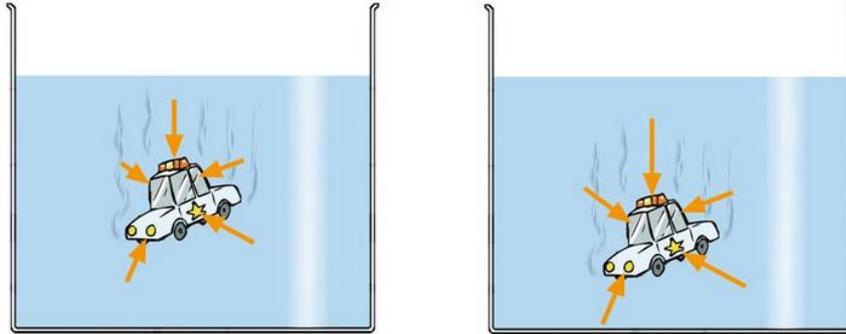
b) Para la bailarina.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{50 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{3 \text{ cm}^2 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \text{ cm}^2}} = 1,63 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Por tanto, ejerce más presión la bailarina.

- 5 Un coche cae al agua y queda sumergido. Dibuja la dirección y el sentido de las fuerzas que actúan sobre el coche. ¿Qué les ocurre a estas fuerzas a medida que el coche se hunde?

Sobre el coche actúan fuerzas desde todos los lados. A medida que el coche se hunde, las fuerzas que actúan sobre el coche son mayores, pues la presión es mayor.



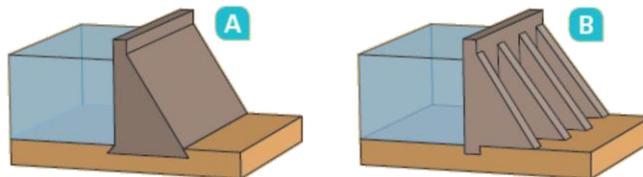
### INTERPRETA LA IMAGEN

- El nivel de los líquidos, ¿llega a la misma altura en ambas ramas del tubo en U?  
No; alcanza mayor nivel en la columna de aceite.
- ¿Qué líquido alcanza el nivel más alto, el más denso o el menos denso?  
El aceite, que es el líquido con menor densidad.
- Se utiliza el tubo en U para medir la densidad del aceite. La columna del aceite sobre el agua en una de las ramas es de 10 cm. El nivel del agua en la otra rama es 1,2 cm inferior a la del aceite. ¿Cuál es el valor de la densidad del aceite si la del agua es  $1 \text{ g/cm}^3$ ?

Utilizando la expresión que relaciona la altura en ambas columnas:

$$d_{\text{aceite}} = \frac{d_{\text{agua}} \cdot h_B}{h_A} = \frac{1 \text{ g/cm}^3 \cdot 8,8 \text{ cm}}{10 \text{ cm}} = 0,88 \text{ g/cm}^3$$

- 6 La forma de las presas que se construyen para embalsar agua en un río o en un pantano suelen ser similares a las siguientes:



Explica por qué no se construyen con una única pared vertical del mismo grosor en toda la pared.

Porque la presión es mayor en la parte inferior de la presa, pues tiene más cantidad de agua por encima.

- 7 En un hospital se administra un medicamento a un enfermo desde un gotero. La densidad del líquido que contiene el medicamento es  $1030 \text{ kg/m}^3$ . ¿A qué altura mínima hay que colocar el gotero si la presión sanguínea en vena está entre 13,3 hPa y 21,3 hPa?

Hay que colocarlo de modo que la presión sobre la parte inferior del gotero sea igual o mayor que la presión sanguínea, de modo que el líquido penetre en el torrente sanguíneo.



La presión en la parte inferior del tubo del gotero aumenta a medida que aumentamos la altura del gotero, pues habrá más cantidad de líquido sobre el tubo que lleva el líquido hasta el paciente.

$$p = d_{\text{líquido}} \cdot g \cdot h \rightarrow h = \frac{p}{d_{\text{líquido}} \cdot g} = \frac{21,3 \text{ hPa} \cdot \frac{100 \text{ Pa}}{1 \text{ hPa}}}{1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 0,21 \text{ m}$$

Así, debe estar a una altura sobre el paciente mayor que esta para que caiga el líquido sobre el torrente sanguíneo.

**8** En 2002, el petrolero *Prestige* se hundió a 133 millas del cabo Finisterre hasta una profundidad de 3600 m, llevando 65 000 toneladas de fuel en sus tanques. Calcula la presión que soportaron los tanques a dicha profundidad. ¿Qué peligro puede ocasionar esa presión? Dato:  $d_{\text{agua de mar}} = 1020 \text{ kg/m}^3$ .

La presión se calcula a partir de la profundidad:

$$p = d_{\text{agua de mar}} \cdot g \cdot h = 1020 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 3600 \text{ m} = 3,6 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

Esta presión tan elevada puede ocasionar la rotura de los tanques, haciendo que salga el líquido de su interior y contaminando de esta manera el agua.

**9** El cloroformo, cuya densidad es 1,5 g/mL, es un líquido incoloro e insoluble en agua. Supón que utilizas un tubo en U y agua para medir la densidad del cloroformo, de manera similar a como se describe para el aceite:

- a) ¿Cuál de los dos líquidos, agua o cloroformo, alcanzará un nivel más alto?  
 b) Si la columna de cloroformo mide 10 cm, ¿cuál es el desnivel que alcanza la columna de agua?
- a) Alcanzará un nivel más alto el líquido que tenga una densidad menor. En este caso, el agua.  
 b) La presión en la parte superior de cada extremo del tubo debe ser la misma. Por tanto:

$$p_{\text{agua}} = p_{\text{cloroformo}} \rightarrow d_{\text{agua}} \cdot g \cdot h_{\text{agua}} = d_{\text{cloroformo}} \cdot g \cdot h_{\text{cloroformo}} \rightarrow$$

$$\rightarrow h_{\text{agua}} = \frac{d_{\text{cloroformo}} \cdot h_{\text{cloroformo}}}{d_{\text{agua}}} = \frac{1,5 \text{ g/mL} \cdot 10 \text{ cm}}{1 \text{ g/mL}} = 15 \text{ cm}$$

**10** Razona si se podría utilizar un tubo en U para medir la densidad del alcohol, como se hace con el aceite.

No, porque el alcohol se mezclaría con el agua y en este caso la altura alcanzada en ambas ramas del tubo en U sería la misma.

**11** Si Torricelli hubiese utilizado en su experiencia agua en vez de mercurio, ¿qué altura habría alcanzado el agua en el interior del tubo al invertirlo?

La altura habría sido mucho mayor, puesto que la densidad del agua es mucho menor que la del mercurio. Empleando la expresión que relaciona la profundidad del líquido con la presión alcanzada en el fondo:

$$p = d \cdot g \cdot h \rightarrow h = \frac{p}{d \cdot g} = \frac{1 \text{ atm} \cdot \frac{101300 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 10,34 \text{ m}$$

**12** Un altímetro nos indica que la presión atmosférica en lo alto de la torre Eiffel es 8 mbar menor que en su base. Calcula la altura del edificio. Datos:  $d_{\text{aire}} = 1,29 \text{ kg/m}^3$ ;  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ .

La diferencia de presión se debe a la distinta cantidad de columna de aire que hay por encima en cada caso.

$$p_{\text{abajo}} - p_{\text{arriba}} = d_{\text{aire}} \cdot g \cdot \Delta h \rightarrow \Delta h = \frac{p_{\text{abajo}} - p_{\text{arriba}}}{d_{\text{aire}} \cdot g} = \frac{8 \text{ mbar} \cdot \frac{1 \text{ bar}}{1000 \text{ mbar}} \cdot \frac{10^5 \text{ Pa}}{1 \text{ bar}}}{1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 63,28 \text{ m}$$

13

Se denomina mal de altura a un conjunto de síntomas como mareo, fatiga y dolor de cabeza que sufren las personas que están en un ambiente donde la presión atmosférica es más baja de lo normal. Explica por qué el mal de altura puede afectar a los alpinistas.

Porque los alpinistas, en sus escaladas, llegan a puntos del planeta donde la altitud es de varios miles de metros sobre el nivel del mar, lo que hace que la presión atmosférica sea menor ahí, pues la altura de la columna de aire que tienen sobre sus cabezas es menor que a nivel del mar.

14

Un ratón de 50 g se coloca sobre el cilindro pequeño de una prensa hidráulica de 10 cm<sup>2</sup> de sección. ¿Conseguirá subir a un elefante de 5000 kg, colocado sobre un émbolo de 200 m<sup>2</sup> de sección?

La presión se transmite de un punto a otro, por lo que, si las superficies son diferentes, la fuerza en cada extremo del cilindro también será diferente. Entonces podemos escribir:

$$p_1 = p_2 \rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \rightarrow F_2 = \frac{F_1}{S_1} \cdot S_2 = \frac{m_{\text{ratón}} \cdot g}{S_1} \cdot S_2 = \frac{0,050 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{10 \text{ cm}^2} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \text{ cm}^2} = 98 \text{ 000 N}$$

Esta es la fuerza ejercida sobre el émbolo donde se encuentra el elefante. El peso del elefante será:

$$P_{\text{elefante}} = m_{\text{elefante}} \cdot g = 5000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 49 \text{ 000 N}$$

Por tanto, sí será capaz de subir al elefante.

15

Un objeto de 100 kg pesa 900 N sumergido en el agua:

- Calcula el empuje que experimenta.
- ¿Qué volumen tiene el cuerpo?
- ¿Cuál es la densidad del cuerpo?

Dato:  $d_{\text{agua}} = 1 \text{ g/mL}$ .

- El empuje experimentado es igual al peso del cuerpo en el aire (peso «real») menos el peso en el agua (peso «aparente»). Por tanto:

$$E = P_{\text{aire}} - P_{\text{agua}} = m \cdot g - P_{\text{agua}} = 100 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} - 900 \text{ N} = 80 \text{ N}$$

- El empuje es igual al peso del líquido desalojado. El volumen de líquido desalojado coincide con el volumen del cuerpo, pues nos dicen que está sumergido en el agua. Como conocemos la densidad del agua, podemos saber cuánto volumen de agua ha desalojado:

$$E = P_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} \cdot g = d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{agua}} \cdot g \rightarrow$$

$$\rightarrow V_{\text{agua}} = \frac{E}{d_{\text{agua}} \cdot g} = \frac{80 \text{ N}}{1 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \cdot 9,8 \text{ N/kg}} = 0,0082 \text{ m}^3 = 8,2 \text{ mL}$$

- La densidad del cuerpo se puede calcular a partir de su masa y su volumen:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{100 \text{ kg}}{8,2 \text{ mL} \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}} = 12 \text{ 195 kg/m}^3$$

16

Un cuerpo pesa 1000 N y tiene un volumen de 0,1 m<sup>3</sup>:

- ¿Flotará en una piscina de agua dulce? ¿Y en una piscina de agua salada?
- ¿Qué densidad deberá tener el líquido de la piscina para que el cuerpo quede completamente sumergido, pero sin irse al fondo?
- Calcula la densidad del cuerpo y razona cómo debe ser con respecto a la del fluido para que flote o se hunda.

Datos:  $d_{\text{agua salada}} = 1030 \text{ kg/m}^3$ ;  $d_{\text{agua dulce}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

- a) El cuerpo flotará si el empuje es capaz de igualar al peso del cuerpo. En el agua dulce:

$$E = P \rightarrow P_{\text{liq. desalojado}} = P \rightarrow m_{\text{liq. desalojado}} \cdot g = P \rightarrow d_{\text{liq. desalojado}} \cdot V_{\text{liq. desalojado}} \cdot g = P \rightarrow$$

$$\rightarrow V_{\text{liq. desalojado}} = \frac{P}{d_{\text{liq. desalojado}} \cdot g} = \frac{1000 \text{ N}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg}} = 0,102 \text{ m}^3$$

El volumen sale mayor que el del cuerpo, lo que es imposible, pues un cuerpo no puede desalojar un volumen mayor que el suyo propio. Esto quiere decir que el empuje no puede igualar al peso y entonces el cuerpo se hundirá en una piscina de agua dulce.

En el caso de agua salada la situación es diferente porque la densidad del líquido es distinta:

$$E = P \rightarrow P_{\text{liq. desalojado}} = P \rightarrow m_{\text{liq. desalojado}} \cdot g = P \rightarrow d_{\text{liq. desalojado}} \cdot V_{\text{liq. desalojado}} \cdot g = P \rightarrow$$

$$\rightarrow V_{\text{liq. desalojado}} = \frac{P}{d_{\text{liq. desalojado}} \cdot g} = \frac{1000 \text{ N}}{1030 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg}} = 0,09907 \text{ m}^3$$

Es decir, el cuerpo flota. Se sumerge casi por completo en el agua salada, pero no se va al fondo.

- b) Para que el cuerpo quede completamente sumergido, la densidad del líquido de la piscina debe tener el mismo valor que la densidad del cuerpo.  
 c) Como conocemos su masa y el volumen:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{P/g}{V} = \frac{1000 \text{ N} / 9,8 \text{ N/kg}}{0,1 \text{ m}^3} = 1020,4 \text{ kg/m}^3$$

Por tanto, su densidad está comprendida entre la del agua dulce y la del agua salada. Como es mayor que la del agua dulce, no flotará en agua dulce, pero como es menor que la del agua salada, sí flotará en agua salada.

17

**Introducimos completamente un cilindro de corcho de 2 cm de radio y 5 cm de alto en un líquido cuya densidad es 1,2 g/cm<sup>3</sup>. Sabiendo que la densidad del corcho es 0,72 g/cm<sup>3</sup>, haz los cálculos que te permitan:**

- a) **Demostrar que cuando el corcho quede libre, subirá hasta la superficie.**  
 b) **Conocer la aceleración con que asciende.**  
 c) **Saber qué porcentaje del corcho sobresale del líquido.**  
 a) Calculamos el empuje que sufre el cilindro dentro del líquido. Si está completamente sumergido, el volumen de líquido desalojado coincide con el volumen del cilindro, que es:

$$V = A_{\text{base}} \cdot h = \pi \cdot r^2 \cdot h = \pi \cdot (2 \text{ cm})^2 \cdot 5 \text{ cm} = 62,83 \text{ cm}^3 =$$

$$= 62,83 \text{ cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} = 6,283 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Entonces el empuje vale:

$$E = P_{\text{liq. desalojado}} = m_{\text{liq. desalojado}} \cdot g = d_{\text{liq. desalojado}} \cdot V_{\text{liq. desalojado}} \cdot g = d_{\text{liq. desalojado}} \cdot V_{\text{cilindro}} \cdot g =$$

$$= 1,2 \text{ g/cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 62,83 \text{ cm}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 0,739 \text{ N}$$

Subirá a la superficie si el empuje es mayor que el peso del corcho. El peso del corcho es:

$$P = m_{\text{corcho}} \cdot g = d_{\text{corcho}} \cdot V_{\text{corcho}} \cdot g = 0,72 \text{ g/cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 62,83 \text{ cm}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 0,443 \text{ N}$$

Como el peso es menor que el empuje, el cuerpo subirá hasta la superficie, hasta que el empuje se iguale con el peso.

- b) La fuerza neta sufrida por el corcho es la diferencia entre el empuje, hacia arriba, y el peso, hacia abajo. Por tanto, la aceleración será:

$$F_{\text{Neta}} = m_{\text{corcho}} \cdot a \rightarrow a = \frac{F_{\text{Neta}}}{m_{\text{corcho}}} = \frac{E - P}{m_{\text{corcho}}} = \frac{E - P}{d_{\text{corcho}} \cdot V_{\text{corcho}}} =$$

$$= \frac{0,739 \text{ N} - 0,443 \text{ N}}{0,72 \text{ g/cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 62,83 \text{ cm}^3} = 6,54 \text{ m/s}^2$$

- c) El porcentaje del corcho que sobresale del líquido es igual al cociente entre la densidad del corcho y la densidad del líquido.

Por tanto:

$$\% \text{ visible} = \frac{d_{\text{Corcho}}}{d_{\text{Líquido}}} \cdot 100 = \frac{0,72 \text{ g/cm}^3}{1,2 \text{ g/cm}^3} \cdot 100 = 60 \%$$

### INTERPRETA LA IMAGEN Página 217

Teniendo en cuenta los símbolos que se muestran en el mapa meteorológico de la imagen:

- **Identifica los puntos 1 y 2 como anticiclón o borrasca.**

Punto 1: anticiclón. Punto 2: borrasca.

- **Explica cómo será el tiempo en la península ibérica y en las islas Canarias.**

En Canarias habrá tiempo estable y seco, mientras que en gran parte de la Península habrá lluvias y el viento será más intenso, pues las isobaras están más juntas y hay un frente frío.

#### 18 ¿Por qué motivos la presión atmosférica a una misma altura puede variar?

Por cambios en la temperatura. Cuanto mayor es la temperatura, menor es la presión atmosférica. Además, en la atmósfera se dan movimientos de aire frío y caliente que asciende o desciende, de modo que la cantidad de aire que existe por encima de una altitud determinada puede variar.

#### 19 ¿Cómo se denomina la región que tiene una presión mayor que las regiones que la rodean?

Anticiclón.

### REPASA LO ESENCIAL

#### 20 Copia y completa el siguiente texto:

Bajo el nombre de fluidos se incluyen todos los cuerpos que no son **sólidos**; es decir, **líquidos** y gases.

Las partículas de un sólido están **fuertemente** unidas y, por tanto, el sistema conserva la **forma**; mientras que en los fluidos, las partículas pueden **fluir** unas sobre otras. Las fuerzas de unión entre las partículas de los gases son **débiles**, esto hace que sean fluidos **compresibles**, mientras que los líquidos son fluidos incompresibles.

#### 21 De las siguientes características, indica en tu cuaderno cuáles se refieren a la presión y cuáles a la fuerza:

- Es una magnitud escalar.
- Es una magnitud vectorial.
- La experimentan los cuerpos sumergidos en un fluido.
- Si aumenta la superficie de actuación, la magnitud disminuye.
- Si aumenta la superficie de actuación, la magnitud también aumenta.
- En el SI se mide en N.
- En el SI se mide en Pa.
- Se mide con un manómetro.
- Se mide con un dinamómetro.

a) Presión.

f) Fuerza.

b) Fuerza.

g) Presión.

c) Presión.

h) Presión.

d) Presión.

i) Fuerza.

e) Fuerza.

**22** Explica en tu cuaderno si son verdaderas o falsas las afirmaciones referidas a un cuerpo sumergido en un fluido:

- a) Solo está sometido a fuerzas de presión cuando el fluido es un líquido; no cuando es un gas.
- b) Las fuerzas que actúan sobre el cuerpo siempre tienen dirección vertical y sentido hacia arriba.
- c) Las fuerzas que experimenta dependen de la profundidad a la que se encuentre el cuerpo.

- a) Falso. En el interior de los gases hay presiones que originan fuerzas.
- b) Falso. Actúan en todas direcciones, dirigidas hacia el cuerpo.
- c) Verdadero. A mayor profundidad, mayor es la fuerza que experimenta.

**23** Razona en tu cuaderno si es cierto que la presión hidrostática:

- a) Es la presión que ejerce el agua.
- b) Es la presión que sufre un cuerpo sumergido en un fluido.
- c) Depende de la densidad del cuerpo sumergido.
- d) Se puede medir en atmósferas.

- a) Falso. Es la presión que ejerce un líquido.
- b) Verdadero.
- c) Falso. Depende de la densidad del fluido.
- d) Verdadero.

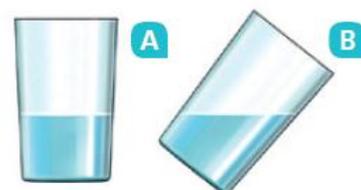
**24** Justifica en tu cuaderno cuál de las siguientes afirmaciones sobre la presión atmosférica es correcta:

- a) No depende de la densidad del aire.
- b) Aumenta con la altura.
- c) Se anula al nivel del mar.

- a) Falso. La presión depende de la densidad del fluido, de la altura del fluido y de la aceleración de la gravedad.
- b) Falso. Disminuye con la altura.
- c) Falso. No es nula; su valor es mayor que a más altitud.

**25** Explica por qué la superficie del agua en el vaso siempre es horizontal, aunque se incline el vaso.

Porque la presión atmosférica es la misma en todos los puntos de la superficie del vaso.



**26** Razona en tu cuaderno si es cierto que la prensa hidráulica es un dispositivo que:

- a) Puede cambiar el valor de la presión.
- b) Puede cambiar el valor de la fuerza.
- c) Puede cambiar la dirección en la que actúa una fuerza.
- d) Necesita contener en su interior un fluido incompresible.

- a) Falso.
- b) Verdadero.
- c) Verdadero.
- d) Verdadero, para que pueda transmitir la presión.

**27** Razona en tu cuaderno si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones referidas a la fuerza de empuje y a la flotabilidad:

- a) El valor del empuje depende de la masa del cuerpo sumergido.
- b) El valor del empuje depende del volumen del líquido donde se sumerge el cuerpo.
- c) El valor del empuje depende del volumen del cuerpo sumergido.
- d) El valor del empuje depende de la profundidad a la que se sumerge el cuerpo.



**31** Calcula la presión que ejercerá un faquir de 60 kg al ponerse sobre un solo clavo, de 0,1 cm<sup>2</sup> de superficie.

a) Compárala con la presión que ejercería tumbado sobre una cama de 1000 clavos.

b) ¿Qué conclusión puedes sacar sobre la peligrosidad de este espectáculo?



La presión es:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{P}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{60 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg}}{0,1 \text{ cm}^2 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \text{ cm}^2}} = 5,88 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

a) Si se apoya en 1000 clavos:

$$p_{1000} = \frac{p}{1000} = \frac{5,88 \cdot 10^7 \text{ Pa}}{1000} = 5,88 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

b) Cuantos más clavos tenga la cama, menos peligroso será el espectáculo.

**32** Indica en tu cuaderno la opción correcta que explica por qué no se puede clavar un clavo en una madera cuando se le golpea por su punta en lugar de sobre su cabeza:

- a) La punta se rompe y el clavo se dobla.
- b) La punta tiene mayor superficie y la presión es mayor.
- c) La cabeza tiene menor superficie y la presión es mayor.
- d) La cabeza tiene mayor superficie y la presión es menor.

- a) Falso. Aunque, puede ocurrir.
- b) Falso. La punta tiene menor superficie.
- c) Falso. La cabeza tiene mayor superficie.
- d) Verdadero.

**33** Calcula la presión que ejerce sobre el suelo una maleta de 30 kg de 1 m de largo, 80 cm de ancho y 40 cm de alto cuando se apoya sobre cada una de sus caras.

Cuando se apoya sobre la cara de 1 m por 0,80 m:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{30 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg}}{1 \text{ m} \cdot 0,80 \text{ m}} = 367,5 \text{ Pa}$$

Cuando se apoya sobre la cara de 1 m por 0,40 m:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{30 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg}}{1 \text{ m} \cdot 0,40 \text{ m}} = 735 \text{ Pa}$$

Cuando se apoya sobre la cara de 0,80 m por 0,40 m:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{30 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg}}{0,80 \text{ m} \cdot 0,40 \text{ m}} = 918,75 \text{ Pa}$$

**34** Utiliza el análisis dimensional para comprobar si es cierta o no la siguiente equivalencia:

$$\text{Pa} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m}$$

Nos queda:

$$[p] = \frac{[F]}{[S]} = \frac{[m] \cdot [a]}{[S]} = \frac{[m] \cdot \left[ \frac{v}{t} \right]}{[S]} = \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{s}}}{\text{m}^2} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

Por tanto, la equivalencia es cierta.

**35** Un batiscafo se encuentra sumergido en el mar.

Dato:  $d_{\text{agua del mar}} = 1030 \text{ kg/m}^3$ .

- a) ¿Qué presión soporta cuando está 1 m bajo la superficie? ¿Y cuando está a 100 m de profundidad?  
 b) Una de sus escotillas tiene una superficie de  $0,5 \text{ m}^2$ . ¿Qué fuerza mínima hay que ejercer para abrirla en ambos casos?

a) Cuando está a 1 m:

$$p = d \cdot g \cdot h_1 = 1030 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 1 \text{ m} = 10\,094 \text{ Pa}$$

Cuando está a 100 m:

$$p = d \cdot g \cdot h_{100} = 1030 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 100 \text{ m} = 1,0094 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

b) La fuerza se calcula multiplicando la presión por la superficie. Para el caso en que está a 1 m de profundidad:

$$p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \cdot S = 10\,094 \text{ Pa} \cdot 0,5 \text{ m}^2 = 5047 \text{ N}$$

Cuando se encuentra a 100 m de profundidad:

$$p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \cdot S = 1,0094 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 0,5 \text{ m}^2 = 504\,700 \text{ N}$$

En este segundo caso la fuerza necesaria es mucho mayor, pues a mayor profundidad la presión es mayor.

**36** ¿Por qué razón no se puede salir de un vehículo sumergido bajo el agua? ¿Qué tendríamos que hacer para poder salir?

- a) Empujar muy fuerte la puerta para abrirla.  
 b) Bajar la ventanilla y salir por el hueco.  
 c) Esperar a que el interior se llene de agua y abrir la puerta.

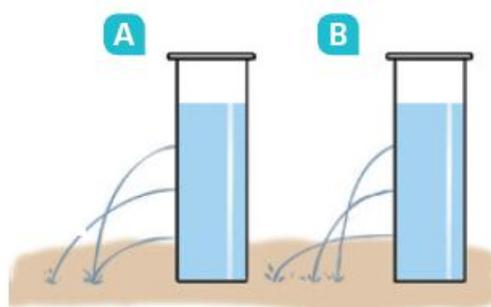
Porque la presión hidrostática es muy elevada.

- a) No, porque no podemos ejercer fuerza suficiente.  
 b) No, porque estaría entrando agua y no podríamos salir.  
 c) Correcto.

**37** Una probeta llena de agua tiene tres agujeros espaciados a intervalos iguales. Explica cuál de las figuras muestra la forma en la que saldrá el agua de ellas.

Hay más presión en el fondo de la probeta que en la parte superior de la misma. Entonces, el agua que sale por el agujero más inferior deberá llegar más lejos, pues sale con una velocidad mayor.

Y el agua que sale por el agujero más superior debe llegar menos lejos, pues saldrá con una velocidad inicial menor. La figura B muestra el hecho de manera correcta.



**38** Calcula la presión que soporta la base de un depósito cuando contiene los siguientes fluidos:

Fluido	Altura (m)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Presión (Pa)
Mercurio	5	13600	
Agua	50	1000	
Aire	50	1,3	
Hidrógeno	500	0,07	

La presión depende tanto de la densidad del líquido como de la altura del mismo:

$$p_{\text{Mercurio}} = d_{\text{Mercurio}} \cdot g \cdot h = 13\,600 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 5 \text{ m} = 666\,400 \text{ Pa}$$

Para el agua:

$$p_{\text{Agua}} = d_{\text{Agua}} \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 50 \text{ m} = 490\,000 \text{ Pa}$$

Para el aire:

$$p_{\text{Aire}} = d_{\text{Aire}} \cdot g \cdot h = 1,3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 50 \text{ m} = 637 \text{ Pa}$$

Y para el hidrógeno:

$$p_{\text{Hidrógeno}} = d_{\text{Hidrógeno}} \cdot g \cdot h = 0,07 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 500 \text{ m} = 343 \text{ Pa}$$

**39** ¿Qué altura debe tener una columna de alcohol para que ejerza la misma presión que otra de mercurio de 25 cm de altura? Datos:  $d_{\text{alcohol}} = 810 \text{ kg/m}^3$ ;  $d_{\text{mercurio}} = 13\,600 \text{ kg/m}^3$ .

Si la presión en ambas columnas es la misma, podemos escribir:

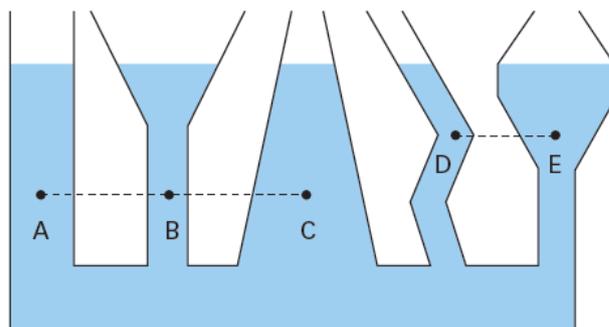
$$p_{\text{Alcohol}} = p_{\text{Mercurio}} \rightarrow d_{\text{Alcohol}} \cdot g \cdot h_{\text{Alcohol}} = d_{\text{Mercurio}} \cdot g \cdot h_{\text{Mercurio}} \rightarrow$$

$$\rightarrow h_{\text{Alcohol}} = \frac{d_{\text{Mercurio}} \cdot h_{\text{Mercurio}}}{d_{\text{Alcohol}}} = \frac{13\,600 \text{ kg/m}^3 \cdot 25 \text{ cm}}{810 \text{ kg/m}^3} = 419,8 \text{ cm}$$

**40** Busca información sobre la paradoja hidrostática y observa la imagen. Los puntos situados en los tubos más anchos, ¿soportan una presión mayor? Ordena los puntos según la presión que soportan.

La presión que soporta cada punto no depende de la anchura ni de la forma del tubo, sino de la profundidad a la que se encuentra.

En este caso, los puntos D y E se encuentran a menor profundidad que los puntos A, B y C. Así, la presión en los puntos A, B y C es la misma y mayor que la presión en los puntos D y E, que es la misma para ambos.



**41** Con frecuencia, las tuberías de saneamiento de los edificios tienen un sifón para evitar el retroceso de malos olores. Explica por qué el agua se queda en la parte de la tubería con forma de U, taponando así permanentemente la tubería. ¿Qué ocurriría si la tubería tuviera forma de L?

El agua se queda en la parte más baja de la tubería. De esta forma actúa como tapón evitando el paso de los malos olores hacia el grifo.

Si la tubería tuviera forma de L, podrían pasar los olores desde la parte interna de la tubería hacia el grifo, pues no habría agua que llenase la sección de la tubería y lo evitase, tal y como ocurre con el sifón.



**42** Una de las evidencias de la presión atmosférica es que podemos dar la vuelta a un vaso con agua tapado por un papel y el agua no se cae. Supón que dentro del vaso de 8 cm de diámetro hay 100 mL de agua.

- Calcula la fuerza que ejerce el agua sobre el papel.
- Calcula la fuerza que ejerce la presión atmosférica sobre el papel.

a) La fuerza que ejerce el agua es su propio peso. 100 mL tienen una masa de 100 g:

$$F = P = m \cdot g = 0,1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 0,98 \text{ N}$$

b) La fuerza que ejerce la presión atmosférica será la presión por la superficie:

$$F = p \cdot S = p \cdot \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 1 \text{ atm} \cdot \frac{101\,300 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} \cdot \pi \cdot \left(\frac{0,08 \text{ m}}{2}\right)^2 = 3,26 \text{ N}$$

Es decir, la fuerza que ejerce la atmósfera es mayor que el peso del agua; por eso el líquido no se cae.

- 43** Las torres Petronas, con 509 m de altura, son el undécimo edificio más alto del mundo. Suponiendo que la densidad del aire permaneciera constante a esas alturas a  $1,29 \text{ kg/m}^3$ , calcula la diferencia de presión que existe entre la planta baja y la última planta.

La diferencia de presión depende de la diferencia de altura:

$$\Delta p = d_{\text{Aire}} \cdot g \cdot \Delta h = 1,29 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 509 \text{ m} = 74,59 \text{ Pa}$$

- 44** El pico del Teide es el punto más alto de España; en su cima, la presión atmosférica es 543 hPa. Suponiendo que la densidad del aire es igual a  $1,29 \text{ kg/m}^3$  en toda la altura de esa montaña, ¿a qué altura está la cima del Teide sobre el nivel del mar?

Al nivel del mar la presión es de una atmósfera. En la cima de la montaña la presión es menor. Por tanto:

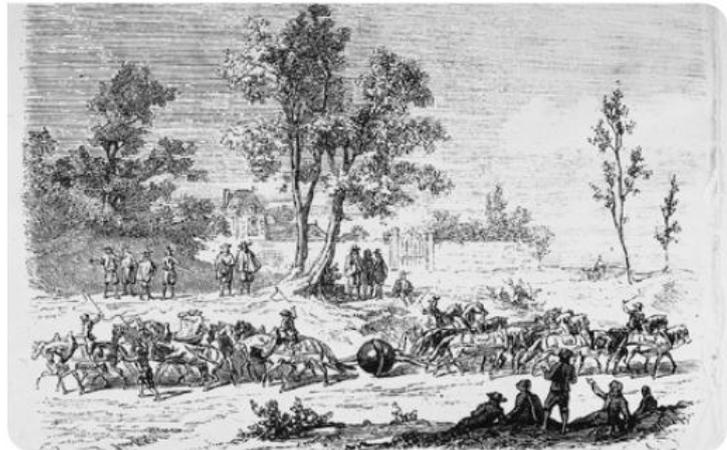
$$\Delta p = d_{\text{Aire}} \cdot g \cdot \Delta h \rightarrow \Delta h = \frac{\Delta p}{d_{\text{Aire}} \cdot g} = \frac{1 \text{ atm} \cdot \frac{101\,300 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} - 543 \cdot 10^2 \text{ Pa}}{1,29 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg}} = 3718 \text{ m}$$

- 45** En 1654, en la ciudad alemana de Magdeburgo, el científico alemán Otto von Guericke, ante el emperador Fernando III y su séquito, demostró la eficiencia de su máquina de vacío, al tiempo que demostró el alto valor de la presión atmosférica.

Usó dos semiesferas de cobre, de 50 cm de diámetro, a las que soldó argollas. Conectó una de ellas a una máquina de hacer vacío y puso entre las semiesferas una pieza de cuero para conseguir un cierre hermético.

Cuando la bomba comenzó a extraer el aire, las esferas se fueron uniendo hasta quedar herméticamente unidas. Fueron necesarios dos grupos de caballos, tirando en sentido opuesto, para lograr separarlos.

En 2005 se repitió el experimento en Granada, y los 16 caballos no lograron separar los hemisferios.



¿Qué fuerza debería ejercer cada grupo de caballos para abrir las dos partes de la esfera? ¿Por qué los 16 caballos de Granada no lograron separar los hemisferios?

Cada grupo de caballos debe realizar una fuerza capaz de vencer la fuerza que realiza la presión atmosférica sobre cada semiesfera.

$$p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \cdot S_{\text{semiesfera}} = p \cdot \frac{4\pi \cdot R^2}{2} = 1 \text{ atm} \cdot \frac{101\,300 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} \cdot \frac{4\pi \cdot (0,50 \text{ m})^2}{2} = 159\,122 \text{ N}$$

Los caballos de Granada no realizaron la fuerza suficiente para vencer la presión atmosférica reinante en el momento del experimento. Existen varias causas posibles:

- Que la presión atmosférica en Granada fuese mayor que la del experimento inicial.
- Que, dados los avances técnicos, el vacío logrado en Granada fuese más perfecto que el alcanzado en el experimento inicial de Magdeburgo, con lo cual resulta más difícil separar los hemisferios.

- 46** Habrás observado que cuando te pinchas un dedo, es frecuente que salga una gota de sangre. La presión de la sangre en tus capilares, ¿es mayor o menor que la presión atmosférica? ¿Qué ocurriría al pincharte si fuese al revés?

La presión de la sangre en los capilares es mayor que la presión atmosférica. Si fuese al revés, no saldría nada de sangre.

Cuando decimos que la presión es de 120/80, eso quiere decir que la presión más alta es 120 mm de Hg

más elevada que la atmosférica, y la presión más baja, 80 mm de Hg más alta que la atmosférica.

**47** Uno de los test que se realiza a un coche durante una revisión es comprobar el líquido de frenos.

a) ¿Por qué es importante que el circuito esté lleno?

b) ¿Se podría sustituir el líquido por un gas de frenos?

a) Porque si no, el líquido no transmite la presión necesaria para accionar el sistema de frenado.

b) No, porque los gases son compresibles, y entonces al apretar el pedal el gas se comprimiría y no transmitiría la fuerza como en el caso del líquido de frenos.

**48** En 1653, el científico francés Blaise Pascal logró que se rompiera un barril completamente lleno de agua añadiendo solo un litro más de agua.

Utilizó para ello un tubo de vidrio muy fino que introdujo en la parte superior del tonel, cerrando herméticamente el agujero por el que el tubo perforaba su tapa. Observa la ilustración y explica por qué se produjo este hecho. ¿Se rompería el tonel si, para echar el litro de agua, utilizáramos un tubo de 10 cm de diámetro?

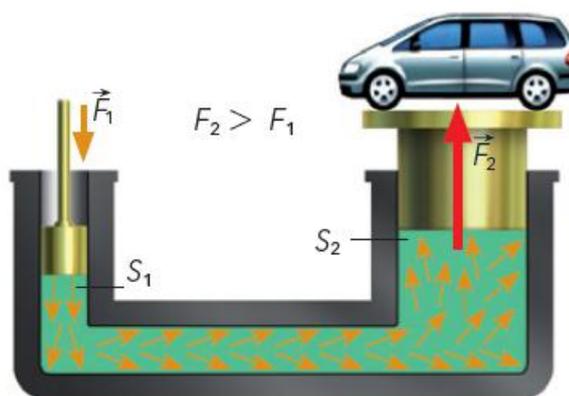


Al cerrar el tubo la presión en la parte inferior del tubo iba aumentando conforme aumentaba la altura alcanzada por el líquido, es decir, al aumentar la longitud del tubo.

Si usamos un tubo más ancho, la altura del líquido sería menor, por lo que la presión en la parte inferior del tubo sería menor y entonces no llegaría a romperse el tonel.

**49** Se quiere elevar un coche de dos toneladas en una prensa elevadora que está formada por un pistón pequeño de 100 cm<sup>2</sup> de superficie y otro grande de 10 m<sup>2</sup>. Dibuja en tu cuaderno un esquema de su funcionamiento. ¿En qué pistón convendría ejercer la fuerza? ¿Qué fuerza habrá que aplicar?

Esquema de la situación:



Convendría ejercer la fuerza en el pistón de menor superficie,  $S_1$  en el esquema.

La fuerza necesaria sería:

$$p_1 = p_2 \rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \rightarrow F_1 = \frac{S_1}{S_2} \cdot F_2 = \frac{S_1}{S_2} \cdot m \cdot g = \frac{100 \text{ cm}^2}{10 \cdot 10^4 \text{ cm}^2} \cdot 2000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 19,6 \text{ N}$$

50

Calcula el empuje que experimenta una canica de acero de  $5 \text{ cm}^3$  ( $d_{\text{acero}} = 7,85 \text{ g/cm}^3$ ) en los siguientes líquidos:

- Agua del grifo ( $d_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ ).
- Agua de mar ( $d_{\text{agua de mar}} = 1030 \text{ kg/m}^3$ ).
- Aceite ( $d_{\text{aceite}} = 800 \text{ kg/m}^3$ ).

El empuje es igual al peso del volumen de líquido desalojado. En todos los casos se desaloja una cantidad de líquido igual al volumen de la canica, pero como la densidad de los líquidos varía, también variará el empuje.

a) Para el agua del grifo:

$$E = P_{\text{Líquido}} = m_{\text{Líquido}} \cdot g = d_{\text{Agua del grifo}} \cdot V_{\text{Canica}} \cdot g = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 5 \text{ cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 0,049 \text{ N}$$

b) Para el agua de mar:

$$E = P_{\text{Líquido}} = m_{\text{Líquido}} \cdot g = d_{\text{Agua de mar}} \cdot V_{\text{Canica}} \cdot g = 1030 \text{ kg/m}^3 \cdot 5 \text{ cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 0,051 \text{ N}$$

c) Para el aceite:

$$E = P_{\text{Líquido}} = m_{\text{Líquido}} \cdot g = d_{\text{aceite}} \cdot V_{\text{Canica}} \cdot g = 800 \text{ kg/m}^3 \cdot 5 \text{ cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 0,039 \text{ N}$$

51

Un fragmento de mineral pesa  $35,5 \text{ N}$  en el aire y  $26,1 \text{ N}$  cuando está sumergido en agua ( $d_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ ). ¿Cuál es el volumen y la densidad del mineral?

La diferencia de peso es igual al peso del líquido desalojado. Es decir:

$$\begin{aligned} P_{\text{Aire}} - P_{\text{Agua}} &= P_{\text{Líquido desalojado}} = m_{\text{Líquido desalojado}} \cdot g = d_{\text{Líquido desalojado}} \cdot V \cdot g \rightarrow \\ \rightarrow V &= \frac{P_{\text{Aire}} - P_{\text{Agua}}}{d_{\text{Líquido desalojado}} \cdot g} = \frac{35,5 \text{ N} - 26,1 \text{ N}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg}} = 9,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 959 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

La densidad se calcula a partir de este volumen y su masa, que obtenemos a partir de su peso en el aire.

$$d = \frac{m}{V} = \frac{P_{\text{Aire}} / g}{V} = \frac{35,5 \text{ N} / (9,8 \text{ N/kg})}{9,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3} = 3777,3 \text{ kg/m}^3$$

52

Un objeto pesa  $150 \text{ N}$  en el aire,  $100 \text{ N}$  en el agua y  $125 \text{ N}$  en otro líquido. ¿Cuál es la densidad del objeto? ¿Y la del otro líquido?

El empuje que sufre el cuerpo en el agua es igual al peso en el aire menos el peso en el agua. Además, este empuje es igual al peso del líquido desalojado (agua). Por tanto, podemos escribir:

$$P_{\text{Aire}} - P_{\text{Agua}} = E = d_{\text{Agua}} \cdot V \cdot g \rightarrow V = \frac{P_{\text{Aire}} - P_{\text{Agua}}}{d_{\text{Agua}} \cdot g} = \frac{150 \text{ N} - 100 \text{ N}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg}} = 0,0051 \text{ m}^3 = 5,1 \text{ L}$$

Podemos determinar la masa a partir del peso en el aire:

$$P_{\text{Aire}} = m \cdot g \rightarrow m = \frac{P_{\text{Aire}}}{g} = \frac{150 \text{ N}}{9,8 \text{ N/kg}} = 15,306 \text{ kg}$$

Entonces determinamos la densidad del objeto a partir de su masa y su volumen:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{15,306 \text{ kg}}{0,0051 \text{ m}^3} = 3001,2 \text{ kg/m}^3$$

La densidad del otro líquido se calcula a partir del peso en dicho líquido:

$$P_{\text{Aire}} - P_{\text{Líquido}} = E = d_{\text{Líquido}} \cdot V \cdot g \rightarrow d_{\text{Líquido}} = \frac{P_{\text{Aire}} - P_{\text{Líquido}}}{V \cdot g} = \frac{150 \text{ N} - 125 \text{ N}}{0,0051 \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ N/kg}} = 500,2 \text{ kg/m}^3$$

Como el peso aparente en el líquido es mayor que en el agua, eso quiere decir que el líquido «empuja» al objeto menos que el agua, pues tiene una densidad menor que la del agua.

- 53** Colocamos distintas cantidades de arena en una cápsula de plástico y la introducimos en agua. Cuando la dejamos en reposo, observamos lo que se muestra en las fotografías. Observa y responde en tu cuaderno:



- Indica en qué caso el empuje es mayor, menor e igual que el peso.
  - Ordena las cápsulas de menor a mayor masa.
  - Ordena las cápsulas de menor a mayor densidad. ¿Hay alguna cápsula cuya densidad media coincida con la del líquido?
- El empuje es mayor que el peso en A, igual que el peso en B y menor que el peso en C.
  - Mayor masa en C, luego en B y menor masa en A.
  - Mayor densidad en C, luego B y luego A. La cápsula B tiene una densidad media igual que la del líquido.

- 54** Los grandes barcos que surcan el mar suelen estar contruidos con acero, un material cuya densidad es  $7850 \text{ kg/m}^3$ . ¿Cómo es posible que floten si pesan muchas toneladas?

Porque una gran cantidad de espacio encerrado por el barco está relleno de aire. Podemos decir que la «densidad media» del conjunto barco más aire es menor que la del agua, lo que debe ocurrir para que el barco flote. El barco junto con el aire que encierra desaloja una gran cantidad de líquido, lo que hace que el empuje sea suficiente como para contrarrestar el peso.

- 55** Sabiendo que la densidad del plomo es mucho mayor que la de la paja, contesta:

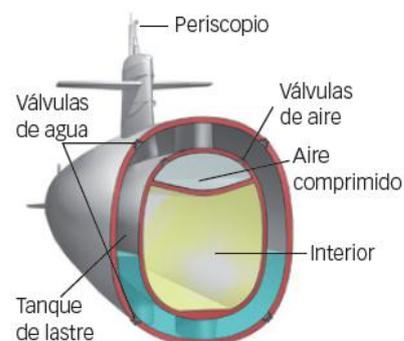
- ¿Pesa lo mismo en el aire un kilogramo de paja que un kilogramo de plomo?
  - ¿Cómo lo podrías demostrar? Para ello responde las siguientes preguntas: ¿ocupan ambos el mismo volumen? ¿Están inmersos en un fluido?
- No exactamente. Como la densidad del plomo es mucho mayor, ocupará un volumen mucho menor, y entonces desalojará menos cantidad de aire que la paja. Por tanto, la paja sufrirá un empuje mayor y pesará algo menos que el plomo.
  - El kilogramo de plomo ocupa menos volumen que el de paja.  
Efectivamente, están inmersos en un fluido: el aire.

## AMPLÍA

- 56** Observa el esquema de un submarino. Para controlar las maniobras se hace variar su peso introduciendo agua o aire en unos tanques de lastre. Explica qué válvulas se abren para que se produzca la inmersión y cuáles para que ascienda a la superficie.

Para que tenga lugar la inmersión debe entrar agua en el submarino, de modo que su «densidad media» supere a la del agua. Deben abrirse las válvulas de agua. Así el peso supera al empuje.

Para ascender a la superficie su «densidad media» debe disminuir, por lo que deben abrirse las válvulas de aire. Así el empuje es mayor que el peso.



**57** Los globos aerostáticos calientan el aire con unos potentes quemadores de gas butano para ascender y desplazarse por el aire.

a) ¿Por qué calientan el aire?

b) Cuando quieren descender, ¿cómo lo consiguen?

a) Porque al aire caliente es menos denso que el aire frío y al calentarlo desciende la densidad media del globo.

b) Para descender pueden dejar de calentar el aire. El aire frío es más denso, por lo que hace que la densidad media del globo sea menor que la del aire y descienda.

**58** Imagina que atamos el cilindro del ejemplo anterior con una cuerda al fondo del recipiente. ¿Qué fuerza tendrá que ejercer la cuerda para que el cilindro permanezca completamente sumergido?

Como el corcho flota, para que quede completamente sumergido debemos ejercer una fuerza adicional. Se debe ejercer una fuerza tal que el empuje sea igual al peso que ejerce el líquido sobre el cilindro más la fuerza de la cuerda. Es decir:

$$E = P + F \rightarrow F = E - P$$

Como el cuerpo debe quedar totalmente sumergido, el empuje que experimenta será igual al peso del líquido desalojado, teniendo en cuenta que el volumen de líquido desalojado coincide con el volumen del cilindro:

$$V_{\text{Cilindro}} = \pi \cdot R^2 \cdot h = \pi \cdot (0,02 \text{ m})^2 \cdot 0,05 \text{ m} = 6,28 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Como el cuerpo debe quedar totalmente sumergido, el empuje que experimenta será igual al peso del líquido desalojado, teniendo en cuenta que el volumen de líquido desalojado coincide con el volumen del cilindro:

$$\begin{aligned} E = P + F \rightarrow F = E - P &= V_{\text{Cilindro}} \cdot d_{\text{Fluido}} \cdot g - m_{\text{Cilindro}} \cdot g = \\ &= (V_{\text{Cilindro}} \cdot d_{\text{Fluido}} - m) \cdot g = [6,28 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot 1200 \text{ kg/m}^3 - 0,04524 \text{ kg}] \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 0,3 \text{ N} \end{aligned}$$

## COMPETENCIA CIENTÍFICA

**59** Elabora dos esquemas con las fuerzas ejercidas en cada caso. Presta atención a la longitud de las flechas dibujadas.

a) Para el primer caso, sin introducir el dedo en el vaso.

b) Para el segundo caso, con el dedo introducido en el vaso.

a) El vaso ejerce una fuerza sobre la balanza: su peso. La balanza ejerce una fuerza sobre el vaso: la normal. Respuesta:



b) El vaso ejerce una fuerza sobre la balanza: su peso. La balanza ejerce una fuerza sobre el vaso: la normal. Además, el fluido ejerce un empuje hacia arriba y el dedo ejerce la consiguiente fuerza de reacción hacia el fluido. Esta fuerza se suma al peso y la báscula indica una masa mayor entonces.

Respuesta:



**60** Calcula la diferencia entre las dos medidas recogidas en las imágenes.

- ¿A qué se debe este valor? Relaciónalo con el volumen de agua desalojada por el vaso.
- ¿Cómo se modifica la segunda medida si introduces más el dedo en el vaso?
- ¿Y si metes en el vaso un objeto más denso que el dedo, como una barra de acero?

La diferencia es el peso de 9 g, es decir  $0,009 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 0,088 \text{ N}$ .

- Este valor se debe a que el líquido ejerce un empuje sobre el dedo, y este, por el principio de acción y reacción, ejerce una fuerza igual al empuje hacia abajo sobre el líquido. La fuerza ejercida es igual al peso del volumen de agua desalojada.
- Si se introduce más el dedo, se desaloja más volumen de agua y el empuje será mayor, por lo que el valor señalado por la balanza aumentará.
- Si el objeto es más denso, la medida no varía, puesto que el empuje es el mismo: el peso del líquido desalojado.

**61** Imagina ahora que realizas el mismo experimento en un vaso que contiene aceite, un líquido menos denso que el agua.

- ¿Cómo se modificaría la primera medida si echamos el mismo volumen de líquido en el vaso?
- ¿Cómo cambiará la segunda medida al introducir el dedo en igual cuantía?
- ¿Cómo será en el caso del aceite la diferencia entre ambas medidas? ¿Habrá una diferencia mayor o menor? ¿Por qué?

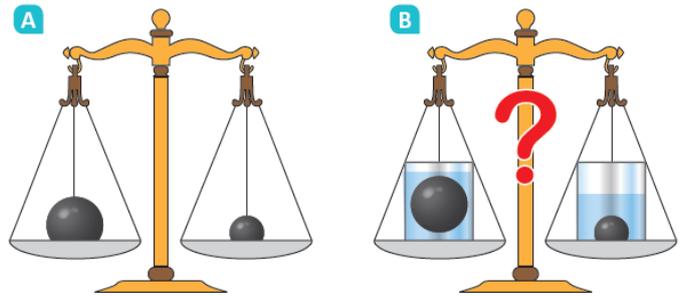
- Si el líquido es menos denso, la balanza medirá un valor menor de la masa.
- La balanza marcará un valor mayor.
- El empuje sufrido por el dedo será menor, y entonces ejercerá una fuerza extra menor sobre el líquido, por lo que el aumento en la masa medida será menor.

**62** Entonces, ¿de qué magnitudes depende el valor señalado por la balanza en un experimento como el mostrado? Copia en tu cuaderno las opciones correctas.

- De la densidad del cristal que forma el vaso.
- De la densidad del líquido que hay en el vaso.
- De la densidad del objeto introducido en el líquido.
- Del peso total del objeto introducido en el líquido.
- Del volumen total del objeto introducido.
- Del volumen de la parte del objeto introducida en el líquido.

- a) Falso. El peso sí depende de la densidad del cristal, pero la diferencia observada entre ambas imágenes no depende de la densidad del cristal.
- b) Verdadero.
- c) Falso.
- d) Falso.
- e) Falso.
- f) Verdadero.

**63** Tenemos dos esferas de acero, ambas de 1 kg de masa, la primera de mayor volumen y hueca y la segunda de menor volumen, pero maciza (A). Si introducimos ambas colgadas en un vaso con la misma cantidad de agua (B), ¿hacia dónde se inclinará la balanza? ¿Por qué?



El peso en el aire de ambas bolas es el mismo. Pero la bola de mayor volumen experimentará un mayor empuje al introducirla en el agua, por lo que su pérdida de peso será más apreciable. Por tanto, la balanza se inclinará hacia la bola con menor volumen y maciza.

**64** **COMPRESIÓN LECTORA.** ¿Qué debate plantea el texto?

Si todas las motocicletas deberían estar obligadas a llevar frenos de tipo ABS.

**65** **EXPRESIÓN ESCRITA.** Escribe un párrafo en tu cuaderno resumiendo el texto.

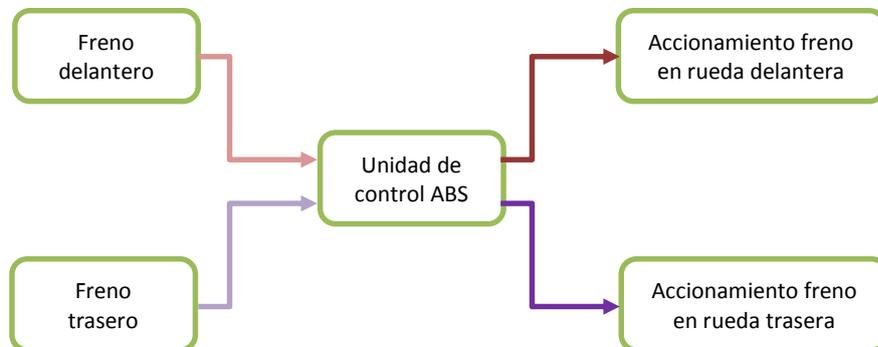
Respuesta personal.

**66** ¿Por qué es importante incluir un sistema de frenado eficiente en las motocicletas, según la información contenida en el artículo?

Porque las motocicletas necesitan realizar frenadas bruscas en numerosas situaciones, y además, en caso de desvío el vehículo, al ser más inestable que un vehículo de cuatro ruedas, puede volcar con más facilidad y causar daños a sus ocupantes.

**67** **Elabora un esquema sencillo en tu cuaderno explicando cómo funciona el sistema de frenado en una motocicleta cuando se complementa con una unidad ABS.**

Un esquema simplificado sería el siguiente:



**68** **Explica la siguiente frase:**

«La solución sería un ABS que permite frenar a tope en caso de emergencia».

En vehículos con sistema ABS podemos frenar apretando al máximo la manilla correspondiente sin miedo a que se bloqueen las ruedas.

**69 Explica cómo funciona el sistema de frenado ABS en una motocicleta. ¿Qué es el sistema de frenada dual?**

En una motocicleta el sistema ABS limita el frenado de una rueda cuando esta derrapa sobre el asfalto, mejorando el agarre del vehículo. El sistema de frenada dual reparte la frenada entre ambas ruedas sea cual sea el freno accionado, evitando de este modo que la moto derrape.

**70 TOMA LA INICIATIVA. ¿Te parece una buena idea obligar a todas las motocicletas en países de la Unión Europea a incorporar un sistema de frenado con ABS, teniendo en cuenta que esta medida encarecería las motocicletas?**

Respuesta personal.

**INVESTIGA**

**71 Completa en tu cuaderno una tabla con los resultados de la experiencia:**

Cilindro	$P_{\text{aire}}$	$P_{\text{agua}}$	$P_{\text{aceite}}$
1			
2			

Respuesta condicionada por los datos obtenidos en el experimento. El peso en el agua y en el aceite será menor que en el aire por el empuje que ejercen estos dos líquidos sobre el cilindro. Además, como la densidad del aceite es menor que la del agua, ejercerá un empuje menor. Y el peso en el aceite, entonces, será mayor que en el agua.

**72 Los cilindros 1 y 2 pesan lo mismo en el aire, pero no en el agua. ¿Cuál pesa más? ¿Por qué?**

En el agua pesa más el cilindro de menor volumen, pues el empuje es mayor para el cilindro de mayor volumen, ya que este desaloja una mayor cantidad de agua.

**73 El cilindro que pesa más cuando se encuentra sumergido en agua, ¿es también el que pesa más cuando se encuentra sumergido en aceite? ¿Por qué? ¿Sería posible encontrar un fluido en el que el cilindro que pesa más en el agua sea el que menos pese, y viceversa?**

Sí, pues el empuje es menor para él en ambos casos.

No sería posible el caso planteado en la segunda pregunta, pues sea cual sea la densidad del líquido, el empuje siempre será mayor para el caso del cilindro que tiene un mayor volumen.

**74 Si no has obtenido el mismo valor para la densidad del aceite con ambos cilindros, razona cuáles han podido ser las causas del error.**

Respuesta condicionada por los datos obtenidos en el experimento. Las fuentes de error pueden proceder de la medida del empuje o del volumen de los objetos introducidos en el líquido, por ejemplo.