1 Presión

Página 258

Trabaja con la imagen

¿Y si se aplicara la fuerza utilizando un clavo?

Para una fuerza de contacto dada, como puede ser la que aplicamos nosotros sobre un trozo de arcilla, la presión será mayor cuanto menor sea la superficie con la que la aplicamos, y como vemos en la imagen, mayor es la deformación que produce. Así, aplicando esta fuerza mediante un clavo veríamos cómo este penetra aún más en la arcilla.

1 ¿Qué resultará más doloroso, que te pisen el pie con un zapato plano o con un zapato de tacón? Explícate.

La fuerza del peso de la persona se halla más concentrada en las suelas de sus zapatos cuando lleva tacones que cuando lleva zapatos planos. Por tanto, la presión que se aplica al pisar, cuando lleva tacones, es mayor. Por eso, nos dolerá más, ya que nos deformará más nuestro pie.

2 Da una explicación científica de por qué es mejor que un cuchillo esté bien afilado para cortar bien.

Cuanto menor sea la superficie de contacto, mayor es la presión ejercida para una fuerza dada, y mayor la deformación que provoca; en el caso de un cuchillo, cortando.

Página 259

3 Determina la dimensión de la presión.

Tendremos en cuenta que:

$$F = m \cdot a \quad ; \quad v = a \cdot t$$

$$[p] = \frac{[F]}{[S]} = \frac{[m] \cdot [a]}{[S]} = \frac{[m] \cdot [v]}{[S] \cdot [t]} = \frac{\mathrm{M} \cdot \mathrm{L} \cdot \mathrm{T}^{-1}}{\mathrm{L}^2 \cdot \mathrm{T}} = \mathrm{M} \cdot \mathrm{L}^{-1} \cdot \mathrm{T}^{-2}$$

4 ¿Qué fuerza se estará aplicando sobre una superficie de 50 cm^2 si la presión que ejerce es de 10 000 Pa?

Utilizamos la definición de presión teniendo cuidado de expresar los datos en el SI.

$$p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \cdot S = 10\,000 \text{ Pa} \cdot 50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 50 \text{ N}$$

5 Si un folio de papel mide 21,0 × 29,7 cm, y tiene una masa de 5,0 g, ¿qué presión ejerce sobre una mesa?

Utilizamos la definición de presión teniendo cuidado de expresar los datos en el SI.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{5{,}0 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2}{21{,}0 \cdot 29{,}7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} \simeq 0{,}8 \text{ Pa}$$

6 **Una persona de 80 kg tiene una superficie de apoyo en cada pie de 170 cm^2. ¿Qué presión ejerce sobre el suelo?**

Utilizamos la definición de presión teniendo cuidado de expresar los datos en el SI.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{80\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2}{2 \cdot 170 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2} \simeq 23\,059\ \text{Pa}$$

7 **Una memoria USB de 12 g tiene forma aproximada de paralelepípedo, cuya superficie mayor es de 1,6 · 5,4 cm. ¿Qué presión ejercerá sobre tu mano cuando lo sostengas apoyado sobre esa cara?**

Utilizamos la definición de presión teniendo cuidado de expresar los datos en el SI.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{12 \cdot 10^{-3}\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2}{1{,}6 \cdot 5{,}4 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2} \simeq 136\ \text{Pa}$$

2 Ley fundamental de la hidrostática

Página 260

Trabaja con la imagen

Busca en Internet vídeos de líquidos en ingravidez, e intenta justificar por qué adoptan la forma esférica.

En Internet se encuentran con facilidad vídeos de astronautas en la EEI experimentando con líquidos, donde se ve que la forma que tienden a adoptar es esférica. La explicación se puede dar desde el punto de vista de las fuerzas; todas las partículas se atraen entre sí acercándose entre ellas lo máximo posible. Si hubiera un montículo, sería atraído por el resto de partículas, aplastándolo.

Página 261

8 **Desde el punto de vista de las partículas constituyentes de la materia, ¿sabes explicar por qué los gases se pueden comprimir y los líquidos no? Repasa la teoría cinético molecular, estudiada en cursos anteriores.**

Las partículas que constituyen los gases están muy distantes unas de otras (en comparación con su tamaño), y por tanto, se pueden comprimir, acercando unas partículas a otras. Sin embargo, las partículas de los líquidos ya están muy juntas unas con otras.

9 **El estado de un cuerpo libre de fuerzas es el reposo o el movimiento rectilíneo uniforme. ¿Por qué en un líquido en equilibrio no pueden existir corrientes con m.r.u.?**

En un fluido en equilibrio en el que las fuerzas que actúan sobre cualquier trozo de él se anulan, no pueden existir corrientes, puesto que si las hubiera, aparecerían fuerzas de rozamiento entre las distintas capas que las frenarían.

10 **Determina la presión que tendrá que soportar un buzo a 20 m de profundidad en agua de mar. Dato: *d* = 1,025 g/cm³.**

Aplicamos la ley fundamental de la hidrostática. Tendremos cuidado de que los datos estén en el SI.

$$p = d_F \cdot g \cdot h = 1025\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot 20\ \text{m} = 200\,900\ \text{Pa}$$

11 **Si la presión máxima que puede soportar un submarino es 3 000 000 Pa, ¿a qué profundidad máxima podrá sumergirse en agua de mar? Dato: *d* = 1,025 g/cm³.**

Aplicamos la ley fundamental de la hidrostática. Tendremos cuidado de que los datos estén en el SI.

$$p = d_F \cdot g \cdot h \;\rightarrow\; h = \frac{p}{d_F \cdot g} = \frac{3\,000\,000\ \text{Pa}}{1025\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2} \simeq 299\ \text{m}$$

12 **En el fondo de un aljibe lleno de agua de 1,8 m de profundidad hay losas cuadradas de 15 cm de lado. ¿Qué fuerza soporta cada losa? Dato: *d* = 1 g/cm³.**

Aplicamos la ley fundamental de la hidrostática para averiguar la presión a esa profundidad.

$$p = d_F \cdot g \cdot h = 1000\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot 1{,}8\ \text{m} = 17\,640\ \text{Pa}$$

Ahora, la definición de presión.

$$p = \frac{F}{S} \;\rightarrow\; F = p \cdot S = 17\,640\ \text{Pa} \cdot 15 \cdot 15 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2 = 396{,}9\ \text{N}$$

13 **¿Qué fuerza actuará sobre cada cara de una moneda de 3 cm de diámetro que se encuentra en el fondo de una piscina de 2,5 m de profundidad? Dato: *d* = 1 g/cm³.**

Aplicamos la ley fundamental de la hidrostática para averiguar la presión a esa profundidad.

$$p = d_F \cdot g \cdot h = 1000\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot 2{,}5\ \text{m} = 24\,500\ \text{Pa}$$

Ahora, la definición de presión.

$$p = \frac{F}{S} \;\rightarrow\; F = p \cdot S = p \cdot \pi \cdot r^2 = 24\,500\ \text{Pa} \cdot \pi \cdot (1{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{m})^2 \simeq 17{,}3\ \text{N}$$

Página 262

Trabaja con la imagen

¿Para qué construían los romanos sus acueductos? ¿Por qué no construían tubos en forma de U? Busca esta información en Internet.

Infórmate también acerca de la paradoja hidrostática; para ello, observa la primera ilustración de la izquierda.

Por lo visto, los romanos sí conocían el principio de los vasos comunicantes, luego en principio, podrían haber utilizado tubos en forma de U para salvar barrancos en el transporte del agua, en lugar de construir esos enormes acueductos. Sin embargo, no lo utilizaron, o lo utilizaron poco, ya que no han llegado muchas evidencias de ello hasta nuestros días. El problema podría estar en que no eran capaces de fabricar tuberías que soportaran grandes presiones. Seguramente lo intentaron con tuberías de plomo, y no pudieron evitar que tuvieran escapes.

Antes del conocimiento de la ley fundamental de la hidrostática, al fenómeno mostrado en la imagen superior izquierda se le denominaba **paradoja hidrostática**, puesto que supuestamente, el recipiente más estrecho debería tener su superficie libre más alta. El razonamiento erróneo era que si el líquido del recipiente mayor pesa más que el del recipiente menor, debería empujarle haciendo que suba.

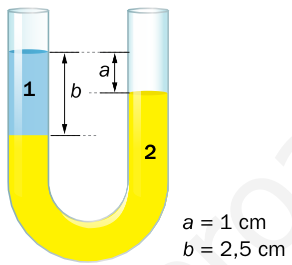
Página 263

14 El depósito de agua de un pueblo está situado a una altitud de 450 m. ¿Con qué presión llegará el agua al ayuntamiento, si está a una altitud de 426 m?

Mediante la diferencia de alturas, calculamos la presión utilizando la ley fundamental de la hidrostática.

$$p = d_F \cdot g \cdot h = 1000\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot (450 - 426)\ \text{m} = 235\,200\ \text{Pa}$$

15 En el tubo en forma de U de la imagen hay dos líquidos inmiscibles en equilibrio. Si el líquido 1 tiene una densidad de 1,05 g/cm³, determina la densidad del líquido 2.



La presión en la superficie de separación de los dos líquidos en la primera rama (p_1) es igual a la presión en el punto de la segunda rama que está a la misma altura (p_2).

$$p_1 = p_2 \rightarrow d_1 \cdot g \cdot b = d_2 \cdot g \cdot (b - a) \rightarrow d_2 = \frac{b}{b - a} \cdot d_1 = \frac{2{,}5\ \text{cm}}{2{,}5\ \text{cm} - 1\ \text{cm}} \cdot 1{,}05\ \text{g/cm}^3 = 1{,}75\ \text{g/cm}^3$$

16 La presión a la que llega el agua a la planta baja de un edificio es de 140 000 Pa. ¿A qué presión llega el agua al cuarto piso? Ten en cuenta que cada planta tiene una altura de 3 m.

La presión que hay en la planta baja es:

$$p_B = d_F \cdot g \cdot h_B$$

Donde h_B representa la diferencia de altura que hay desde el depósito hasta la planta baja.

La presión en el cuarto piso es:

$$p_4 = d_F \cdot g \cdot (h_B - a)$$

Donde *a* son los 12 metros que está más alta la cuarta planta. Por tanto:

$$p_4 = d_F \cdot g \cdot h_B - d_F \cdot g \cdot a = p_B - d_F \cdot g \cdot a = 140\,000\ \text{Pa} - 1000\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot 12\ \text{m} = 22\,400\ \text{Pa}$$

17 Si la presión del agua en la planta baja de un edificio es de 300 000 Pa, ¿cuántas plantas puede tener el edificio para que le llegue el agua con presión, si cada planta tiene una altura de 3 m? Si se quisiera construir un edificio más alto aún, ¿qué solución se te ocurre que se podría tomar?

Hay que ver qué altura corresponde a esta presión.

$$p = d_F \cdot g \cdot h \ \rightarrow\ h = \frac{p}{d_F \cdot g} = \frac{300\,000\ \text{Pa}}{1000\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2} \simeq 30{,}6\ \text{m}$$

El número de plantas será:

$$n° = \frac{30{,}6 \text{ m}}{3 \text{ m/planta}} = 10{,}2 \;\rightarrow\; 10 \text{ planta}$$

Si el edificio fuese más alto, habría que bombear el agua a un depósito en la parte superior del edificio, y desde allí se repartiría a todas las plantas.

3 Principio de Arquímedes

Página 264

Trabaja con la imagen

Si el objeto de la imagen superior tuviera una forma irregular, ¿crees que podríamos aproximar su forma a base de juntar pequeños cubos como si fuera una figura de construcción? Si los cubos son muy pequeños, ¿se ajustará la construcción mejor a la forma del objeto real? ¿Para qué generalización se puede usar este hecho?

Si el estudiante es capaz de imaginarse cualquier cuerpo con forma irregular construido con pequeños cubos, como las figuras de construcción, puede entender que sobre cada pieza cúbica (paralelepípeda) el empuje es igual al peso de fluido desalojado, y que por tanto, el empuje de todo el cuerpo irregular construido (que es igual a la suma de los empujes de todos estos cubos) será muy parecido al del cuerpo irregular.

Obviamente, cuanto más pequeños sean los cubos con los que se hace la construcción, más se ajustará a la forma real del cuerpo, y mayor aproximación del empuje de la construcción al del objeto real.

Por tanto, si los cubos fuesen suficientemente pequeños, podríamos construir la forma exacta del cuerpo irregular, y concluiríamos que su empuje es igual a la suma de los empujes de todos los cubos, es decir, al volumen total de fluido desalojado.

18 ¿Por qué crees que nos cuesta menos esfuerzo sostener una piedra que se encuentra dentro del agua que cuando está fuera?

Al sostener un objeto, le estamos aplicando una fuerza hacia arriba, de tal manera que la resultante total es cero. Las fuerzas que normalmente hay son: el peso hacia abajo, el empuje hacia arriba y nuestra fuerza hacia arriba. Es evidente que cuanto mayor sea el empuje, menor tendrá que ser nuestra fuerza.

19 El empuje de un cuerpo sumergido en agua es de 2 N. ¿Qué volumen tiene?

Utilizamos la expresión del empuje de Arquímedes. Deberemos tener cuidado de utilizar las unidades en el SI.

$$E = d_F \cdot V \cdot g \;\rightarrow\; V = \frac{E}{d_F \cdot g} = \frac{2 \text{ N}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2} \simeq 2{,}04 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Página 265

20 Determina el peso y el peso aparente de una roca de 2,7 g/cm^3 y 2,00 kg de masa sumergida en agua.

El peso de la roca, esté donde esté, es:

$$P = m \cdot g = 2{,}00 \text{ kg} \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2 = 19{,}6 \text{ N}$$

El volumen de esta roca es:

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{d} = \frac{2,00 \text{ kg}}{2\,700 \text{ kg/m}^3} \simeq 7,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

El peso aparente en el agua es:

$$P_{ap} = P - E = P - d_F \cdot V \cdot g = 19,6 \text{ N} - 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 7,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \simeq 12,3 \text{ N}$$

21 **En qué caso crees que marcaría más una báscula, con 1 kg de plomo o con 1 kg de paja. ¿Es correcto decir que el kilogramo de plomo pesa más?**

Un kilogramo de cualquier cosa en la Tierra pesa 9,8 N, pero lo que mide una báscula no es el peso, sino el peso aparente. Por tanto, mediría menos en el caso de la paja, puesto que ocupa más volumen, y en consecuencia, su empuje es mayor que el del plomo.

Página 266

Trabaja con la imagen

¿Hasta dónde subirá el globo de la imagen inferior? Para razonar tu respuesta, necesitas saber que la densidad y la presión del aire van disminuyendo con la altitud.

Debido a que los gases son compresibles, la densidad del aire de la atmósfera va disminuyendo con la altura. Por eso, el empuje de un cuerpo sumergido en aire disminuye conforme se eleva. En el momento en el que se hace igual al peso, el cuerpo deja de ascender.

22 **Determina la densidad de un iceberg que, flotando en agua de mar, emerge 1/9 de su volumen.**

Dato: *d* (agua de mar) = 1,025 g/cm^3.

Debemos escribir la ecuación del equilibrio:

$$E' = P \rightarrow d_F \cdot V' \cdot g = d \cdot V \cdot g \rightarrow d_F \cdot \frac{8}{9} V = d \cdot V \rightarrow d = \frac{8}{9}\, d_F = \frac{8}{9} \cdot 1,025 \text{ g/cm}^3 \simeq 0,911 \text{ g/cm}^3$$

23 **Determina el volumen de agua de mar, de densidad 1,025 g/cm^3, que desaloja un trasatlántico de 200 000 toneladas. Expresa el resultado en litros.**

Escribimos la ecuación del equilibrio al flotar:

$$E' = P \rightarrow d_F \cdot V' \cdot g = m \cdot g \rightarrow V' = \frac{m}{d_F} = \frac{2 \cdot 10^8 \text{ kg}}{1025 \text{ kg/m}^3} \simeq 2 \cdot 10^5 \text{ m}^3 = 2 \cdot 10^8 \text{ L}$$

4 Ley de Pascal

Página 267

24 **Si con una prensa hidráulica queremos multiplicar la fuerza por 16, ¿qué relación deben cumplir sus radios?**

La ecuación para una prensa hidráulica es:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{\pi \cdot r_2^2}{\pi \cdot r_1^2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \rightarrow \frac{16 \cdot F_1}{F_1} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \rightarrow r_2^2 = 16 \cdot r_1^2 \rightarrow r_2 = 4 \cdot r_1$$

25 **Una prensa hidráulica utilizada como elevador de vehículos tiene un émbolo pequeño de 2 cm de diámetro, y otro grande, de 20 cm. Determina la fuerza que hay que ejercer en el émbolo pequeño para elevar un vehículo de 1 000 kg.**

La fuerza F_2 tendrá que ser igual al peso del vehículo:

$$F_2 = P = m \cdot g = 1000\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 = 9\,800\ \text{N}$$

La ecuación de la prensa es:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{\pi \cdot r_2^2}{\pi \cdot r_1^2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{\left(\frac{D_2}{2}\right)^2}{\left(\frac{D_1}{2}\right)^2} = \frac{D_2^2}{D_1^2} \rightarrow F_1 = \frac{D_1^2}{D_2^2} \cdot F_2 = \frac{(2\ \text{cm})^2}{(20\ \text{cm})^2} \cdot 9\,800\ \text{N} = 98\ \text{N}$$

26 **El pedal de freno de un coche tiene un émbolo de 0,3 cm de diámetro. Para frenar el vehículo, hay dos émbolos por rueda para pinzar el disco de freno de 4 cm de diámetro. Si pisamos el freno con una fuerza de 10 N, ¿cuánto será la fuerza total de frenado?**

Hay dos émbolos por rueda. En total son ocho émbolos. Las superficies de los ocho émbolos las sumamos para tener la superficie total hacia donde se va a propagar el aumento de presión.

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{8 \cdot \pi \cdot \left(\frac{D_2}{2}\right)^2}{\pi \cdot \left(\frac{D_1}{2}\right)^2} = \frac{8 \cdot D_2^2}{D_1^2} \rightarrow F_2 = \frac{8 \cdot D_1^2}{D_1^2} \cdot F_1 = \frac{8 \cdot (4\ \text{cm})^2}{(0{,}3\ \text{cm})^2} \cdot 10\ \text{N} \simeq 14\,222\ \text{N}$$

27 **La superficie del émbolo pequeño de una prensa hidráulica es de 2 cm^2. Si al aplicar 2 N se transforman en 90 N, ¿qué radio tiene el otro émbolo?**

Utilizamos la ecuación de la prensa hidráulica.

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{\pi \cdot r_2^2}{S_1} \rightarrow r_2 = \sqrt{\frac{F_2 \cdot S_1}{F_1 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{90\ \text{N} \cdot 2 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2}{2\ \text{N} \cdot \pi}} \simeq 5{,}4 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$$

5 Presión atmosférica

Página 268

Trabaja con la imagen

Si el experimento de Torricelli se hubiera hecho con agua, ¿qué longitud de tubo se hubiera necesitado?

Seguramente, al principio Torricelli intentara medir la presión atmosférica con agua, y al darle la vuelta al tubo, observaría que la columna de agua no caía nada. Para que la presión del agua pudiera igualarse con la atmosférica, necesitaría un tubo muy largo. ¿Cuánto? Ahora que sabemos que la presión atmosférica es 101 325 Pa, podemos calcularlo:

$$p = d_f \cdot g \cdot h \rightarrow h = \frac{p}{d_f \cdot g} = \frac{101302\ \text{Pa}}{1000\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2} \simeq 10{,}34\ \text{m}$$

Luego el tubo debería tener como mínimo esa longitud.

Página 269

28 En la base de un cerro se mide una presión de 1 014 mb, y en la cima, de 947 mb. ¿Qué altura tiene, aproximadamente, el cerro?

Debemos utilizar la equivalencia aproximada de que al subir unos 10 m, la presión disminuye en un milímetro de mercurio. La diferencia de presión es:

$$\Delta p = 1014 - 947 = 67 \text{ mb}$$

Que en mmHg es:

$$67 \text{ mb} \cdot \frac{760 \text{ mmHg}}{1014 \text{ mb}} \simeq 50 \text{ mmHg}$$

Aplicamos la proporción:

$$\frac{1 \text{ mmHg}}{10 \text{ m}} = \frac{50 \text{ mmHg}}{h} \quad \rightarrow \quad h \simeq 500 \text{ m}$$

29 Si al sumergirnos en agua de mar medimos una presión de 30 psi, ¿a qué profundidad estamos? Dato: *d* = 1,025 g/cm³.

Expresamos en el SI la presión:

$$30 \text{ psi} \cdot \frac{101325 \text{ Pa}}{14{,}7 \text{ psi}} \simeq 206\,786 \text{ Pa}$$

Aplicamos ahora la ley fundamental de la hidrostática:

$$p = d_F \cdot g \cdot h \quad \rightarrow \quad h = \frac{p}{d_F \cdot g} = \frac{206\,786 \text{ Pa}}{1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2} \simeq 20{,}6 \text{ m}$$

Página 271

30 Deseamos medir la presión de un gas encerrado en un depósito a 1,15 atm. Si el líquido utilizado es mercurio, ¿cuánto se desnivelarán las superficies?

Escribimos la presión en el SI:

$$1{,}15 \text{ atm} \cdot \frac{101325 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} \simeq 116\,524 \text{ Pa}$$

Supondremos que se va a medir en un tubo de U con un extremo cerrado, tal y como mostramos en la imagen del manómetro. En tal caso:

$$p_{GAS} = d_{Hg} \cdot g \cdot h \quad \rightarrow \quad h = \frac{p_{GAS}}{d_{Hg} \cdot g} = \frac{116\,524 \text{ Pa}}{13\,600 \text{ kg/m}^3 \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2} \simeq 0{,}87 \text{ m}$$

Podríamos preguntarnos qué mediría un manómetro con la rama abierta.

$$p_{GAS} = d_{Hg} \cdot g \cdot h + P_{atm} \quad \rightarrow \quad h = \frac{P_{GAS} - p_{atm}}{d_{Hg} \cdot g} = \frac{(116\,524 - 101325) \text{ Pa}}{13\,600 \text{ kg/m}^3 \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2} \simeq -0{,}76 \text{ m}$$

Suponiendo que la presión atmosférica es de 1 atm, hemos obtenido que la altura de la columna es –76 cm. Es decir, el nivel estaría 76 cm por debajo.

La presión 1,15 atm del gas sería la presión real o absoluta, mientras que 1,15 – 1 = 0,15 atm es la presión relativa o manométrica.

31 **¿Qué fuerza hace falta para separar las semiesferas? Dato: *R* = 50 cm. Toma la sección máxima como la superficie de aplicación de la fuerza.**

Para resolver este ejercicio exactamente, tendríamos que calcular la fuerza perpendicular que hay en cada trocito de esfera debida a la presión, y las sumamos vectorialmente. Evidentemente es un cálculo que está por encima de las posibilidades de este curso, por eso, sugerimos que, como aproximación, imaginemos que la fuerza de la presión se ejerce sobre una superficie circular de radio 50 cm.

$$p = \frac{F}{S} \;\rightarrow\; F = p \cdot S = p \cdot \pi \cdot r^2 = 101325\ \text{Pa} \cdot \pi \cdot (0{,}50\ \text{m})^2 \cdot 79\,580\ \text{N} \simeq 80\,000\ \text{N}$$

6 Conceptos meteorológicos

Página 272

Trabaja con la imagen

Busca en Internet cómo se llaman a las fuerzas ficticias que desvían las trayectorias hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el sur.

Las fuerzas que «aparentemente» empujan los cuerpos cuando se encuentran en movimiento en un sistema que está girando, se denominan **fuerzas de Coriolis.** Decimos que son «aparentes» porque desde un sistema de referencia inercial, se observa que estas fuerzas no existen. Los cuerpos en el sistema giratorio tienden a seguir en línea recta según su inercia, pero desde el punto de vista del sistema que gira, parece que hay fuerzas que empujan a los cuerpos que allí se hallan. A este tipo de fuerzas, se las denomina fuerzas ficticias. La fuerza centrífuga es otra fuerza ficticia.

Página 273

32 **Busca en Internet el significado de humedad relativa del aire y cómo su valor depende de la temperatura.**

El aire es una mezcla de gases, entre otros, agua en estado gaseoso, que es lo que denominamos **vapor de agua.** La solubilidad del agua en el aire depende de la temperatura, cuanto mayor es la temperatura, mayor es la solubilidad.

Para una temperatura dada, existe una cantidad máxima de agua que el aire puede contener disuelta, que viene indicada por la solubilidad. En ese punto decimos que la disolución está saturada, la humedad del aire a esa temperatura es del 100%; ya no puede contener más.

El tanto por ciento en moles que hay de vapor de agua en el aire a una determinada temperatura comparado con el máximo de saturación, es lo que se denomina **humedad relativa del aire:**

$$\phi = \frac{n}{n\,(sat)} \cdot 100$$

33 **Justifica el hecho de que cuando el aire caliente y cargado de humedad se enfría, se formen nubes.**

Como se indica en el ejercicio anterior, la solubilidad del vapor de agua en el aire aumenta con la temperatura. Por esta razón, el aire caliente puede contener mayor cantidad de agua en disolución que el frío. Si el aire caliente cargado de humedad se enfría, condensa el agua, y en la atmósfera se forman nubes.

Taller de ciencias

Página 278

Organizo las ideas

El mapa conceptual completo es el siguiente:

Principio de Arquímedes

su expresión matemática es

$E = d_F \cdot V \cdot g$

Consecuencias

Peso aparente	Flotación
Expresión matemática	Expresión matemática
$P_{ap} = P - E$	$E' = P$

Trabajo práctico

Página 279

1 **Explica cómo es posible que con el peso de tan poca agua vertida se haya reventado el vaso. Para ello, utiliza el lenguaje científico apropiado y enuncia las leyes o principios utilizados.**

Para comprender lo que ocurre en esta experiencia, hay que considerar dos leyes: la primera es la ley fundamental de la hidrostática, que nos dice que la presión que ejerce un líquido en su interior depende de su profundidad, y no del peso del líquido que hay encima. Así, aunque el agua vertida en el tubo no sea mucha, la presión que se alcanza en la parte baja lo es; y será mayor cuanto más alta sea la columna de agua.

La segunda ley es la ley de Pascal. La presión que se va a ejercer en el agujero del vaso (que es la de la parte baja del tubo lleno de agua) se va a propagar por todo el líquido que contiene el vaso. La presión será tan grande que el vaso no podrá soportarla y reventará.

2 **Calcula la presión que se le ha aplicado al vaso debido a esa columna de agua, utilizando la ley fundamental de la hidrostática.**

Dependerá del tamaño que haya marcado la columna de agua en el momento de la rotura del vaso. Si por ejemplo, midiera un metro y medio, la presión que se ejercitaría en el interior del vaso sería:

$$p = d_F \cdot g \cdot h = 1000\ \text{kg/m}^3 \cdot 9,8\ \text{m/s}^2 \cdot 1,5\ \text{m} = 14\,700\ \text{Pa} \simeq 0,150\ \text{kg/cm}^2$$

Es como si pusiéramos el peso de 150 gramos en cada centímetro cuadrado del vaso.

3 **Expresa el resultado en atmósferas y en libras por pulgada cuadrada, y anótalo en tu cuaderno.**

Se trata de practicar con los cambios de unidades. En nuestro ejemplo sería:

$$14\,700 \text{ Pa} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{101325 \text{ Pa}} \simeq 0,145 \text{ atm}$$

$$14\,700 \text{ Pa} \cdot \frac{14,7 \text{ psi}}{101325 \text{ Pa}} \simeq 2,13 \text{ psi}$$

4 **Si hiciéramos el mismo experimento con mercurio, ¿qué altura hubiéramos necesitado?**

Utilizamos la ley fundamental de la hidrostática con la densidad del mercurio para conseguir una presión de 14 700 Pa.

$$p = d_F \cdot g \cdot h \quad \to \quad h = \frac{p}{d_F \cdot g} = \frac{14\,700 \text{ Pa}}{13\,600 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} \simeq 0,11 \text{ m} = 11 \text{ cm}$$

5 **¿Qué crees que ocurriría si hiciéramos el experimento con agua, pero en la cima de una montaña?**

Lo que revienta el vaso, no es la presión de su interior, sino la diferencia de presiones entre dentro y fuera. Si el experimento lo hiciéramos en la cima de una montaña, donde la presión exterior, la atmosférica, es menor, también necesitaríamos una presión menor en el interior del vaso. Luego la columna de agua sería más pequeña.

Trabaja con lo aprendido

Página 280

Presión

1 **Se aplica una fuerza de 100 N sobre una superficie circular de 5 cm de diámetro. ¿Qué presión se está ejerciendo?**

Aplicamos la expresión de la definición de presión.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi \cdot r^2} = \frac{F}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{100 \text{ N}}{\pi \cdot \left(\frac{0,05 \text{ m}}{2}\right)^2} \simeq 50\,930 \text{ Pa}$$

2 **Determina la presión que se ejerce con la punta de un alfiler de 0,5 cm² cuando se presiona con una fuerza de 10 N.**

Aplicamos la expresión de la definición de presión.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{10 \text{ N}}{0,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 200\,000 \text{ Pa}$$

3 **Una columna de granito de 2,71 g/cm³ de densidad tiene un diámetro de 50 cm y una altura de 4 m. Determina la presión que ejerce sobre su base debido a su propio peso.**

El volumen de la columna es:

$$V = S \cdot h = \pi \cdot r^2 \cdot h = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot h = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h$$

La masa de la columna es:

$$d = \frac{m}{V} \quad \to \quad m = d \cdot V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h \cdot d$$

Calculamos la presión que ejerce el peso de esa masa apoyado sobre su base circular:

$$p=\frac{F}{S}=\frac{P}{S}=\frac{m\cdot g}{\pi\cdot r^2}=\frac{\frac{1}{4}\cdot\pi\cdot D^2\cdot h\cdot d\cdot g}{\frac{1}{4}\cdot\pi\cdot D^2}=d\cdot g\cdot h=2710\ \text{kg/m}^3\cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2\cdot 4\ \text{m}=106\,232\ \text{Pa}$$

4 **Una persona de 75 kg lleva unas botas de 200 cm² de superficie de apoyo cada una. Determina la presión que ejercerá sobre la nieve cuando esté de pie. ¿Y cuando lo haga con sus esquís, de superficie 1800 cm² cada uno? ¿Puedes explicar por qué se hunde menos en la nieve cuando lleva los esquís?**

Aplicamos la expresión de la definición de presión. Cuando está apoyado sobre sus pies:

$$p=\frac{F}{S}=\frac{P}{S}=\frac{m\cdot g}{S}=\frac{75\ \text{kg}\cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2}{400\cdot 10^{-4}\ \text{m}^2}=18\,375\ \text{Pa}$$

Cuando está apoyado con los esquís:

$$p=\frac{F}{S}=\frac{P}{S}=\frac{m\cdot g}{S}=\frac{75\ \text{kg}\cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2}{3\,600\cdot 10^{-4}\ \text{m}^2}\simeq 2\,042\ \text{Pa}$$

Cuanto mayor sea la presión que se ejerce sobre un cuerpo, más se deforma este. En el caso de la nieve, se hunde más en el primer caso cuando la presión es mayor.

5 **Una mesa de 20 kg tiene un tablero rectangular de 100 x 70 cm. Las cuatro patas son de sección cuadrada de 4 x 4 cm. Determina la presión que ejerce la mesa debido a su propio peso cuando está apoyada sobre sus cuatro patas, y también, cuando se le da la vuelta y se apoya sobre el tablero.**

Aplicamos la expresión de la definición de presión. Cuando está apoyada sobre sus cuatro patas:

$$p=\frac{F}{S}=\frac{P}{S}=\frac{m\cdot g}{S}=\frac{20\ \text{kg}\cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2}{4\cdot 16\cdot 10^{-4}\ \text{m}^2}=30\,625\ \text{Pa}$$

Cuando se apoya sobre el tablero:

$$p=\frac{F}{S}=\frac{P}{S}=\frac{m\cdot g}{S}=\frac{20\ \text{kg}\cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2}{7\,000\cdot 10^{-4}\ \text{m}^2}=280\ \text{Pa}$$

6 **Determina la densidad de un cubo de 7,5 cm de arista que aplica una presión bajo su peso de 1102,5 Pa.**

Aplicamos la expresión de la definición de presión.

$$p=\frac{F}{S}=\frac{P}{S}=\frac{m\cdot g}{a^2}=\frac{d\cdot V\cdot g}{a^2}=\frac{d\cdot a^3\cdot g}{a^2}=d\cdot a\cdot g\ \rightarrow$$

$$\rightarrow\ d=\frac{p}{a\cdot g}=\frac{1102{,}5\ \text{Pa}}{7{,}5\cdot 10^{-2}\ \text{m}\cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2}=1500\ \text{kg/m}^3=1{,}5\ \text{g/cm}^3$$

7 **Cuando estudies más adelante la energía, verás que su dimensión $[E]$ = M · L² · T⁻². Comprueba que la presión es una energía por unidad de volumen.**

Ya habíamos calculado que la dimensión de la presión es:

$$[p]=\text{M}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{T}^{-2}$$

Veamos la dimensión de la energía por unidad de volumen:

$$\left[\frac{E}{V}\right]=\left[\frac{E}{V}\right]=\frac{\text{M}\cdot\text{L}^2\cdot\text{T}^{-2}}{\text{L}^3}=\text{M}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{T}^{-2}=[p]$$

Efectivamente, la presión puede ser considerada una energía por unidad de volumen.

Ley fundamental de la hidrostática

8 **¿Eres capaz de dar una explicación científica al hecho de que los líquidos en gravedad cero adopten una forma esférica y no otra?**

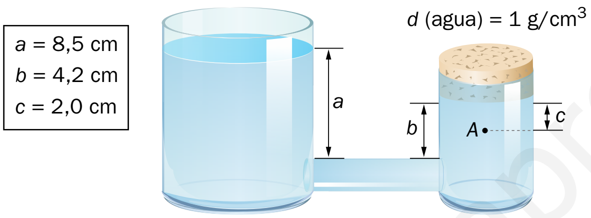
En el apartado «Trabaja con la imagen» de la página 260 ya se dio una respuesta desde el punto de vista de las fuerzas. Se podría dar otra explicación basada en consideraciones energéticas, pero excedería los contenidos de este curso.

9 **Determina la presión que habrá en el fondo de la fosa de las Marianas, que es el punto conocido más profundo del planeta, con 11 012 m. Supongamos una densidad de 1,025 g/cm³.**

Aplicamos la ley fundamental de la hidrostática:

$$p = d_F \cdot g \cdot h = 1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2 \cdot 11012 \text{ m} \simeq 111 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

10 **Determina la presión que hay en el punto *A*.**



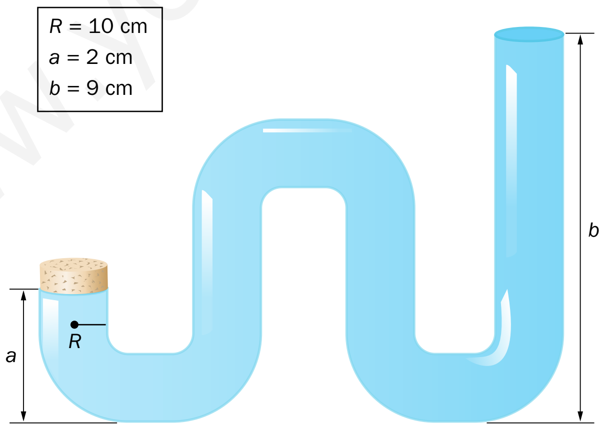
Aplicamos la ley fundamental de la hidrostática, teniendo en cuenta que la profundidad a la que se encuentra el punto *A* es:

$$h = a - b + c = (8{,}5 - 4{,}2 + 2{,}0) \text{ cm} = 6{,}3 \text{ cm}$$

$$p = d_F \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2 \cdot 6{,}3 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 617{,}4 \text{ Pa}$$

Esta presión es manométrica. Para tener la presión absoluta, habrá que sumarle la atmosférica.

11 **¿Con qué fuerza estará presionando el agua del recipiente el tapón de la rama más corta?**



Calculamos la presión del agua que está junto al tapón. La profundidad de estos puntos es:

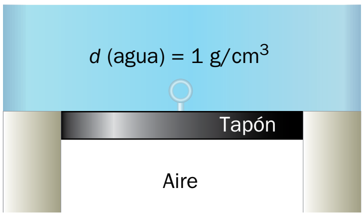
$$h = b - a = 9 - 2 = 7 \text{ cm}$$

$$p = d_F \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2 \cdot 7 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 686 \text{ Pa}$$

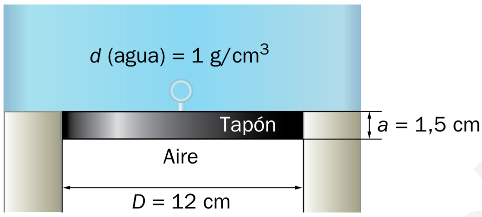
La fuerza que se aplica en la superficie circular del tapón es:

$$p = \frac{F}{S} \;\rightarrow\; F = p \cdot S = p \cdot \pi \cdot R^2 = 686 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0{,}10 \text{ m})^2 \simeq 21{,}6 \text{ N}$$

12 **En el fondo de una piscina de 2,6 m de profundidad está puesto el tapón del sumidero, circular, de 12 cm de diámetro y 1,5 cm de espesor, y su densidad es de 7,9 g/cm³. ¿Cuánto pesa el tapón? ¿Qué fuerza tendremos que hacer para quitar la tapa?**



Primeramente obtendremos el volumen del tapón, con ello la masa, y posteriormente calcular el peso:



$$V = S \cdot h = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot a$$

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow m = d \cdot V = d \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot a$$

$$P = m \cdot g = d \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot a \cdot g =$$

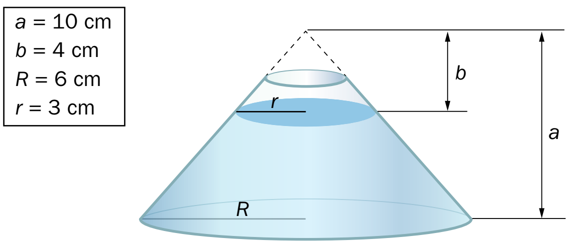
$$= 7\,900 \text{ kg/m}^3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,12 \text{ m})^2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \simeq 13 \text{ N}$$

Para levantar el tapón, tendremos que aplicar una fuerza hacia arriba que supere el peso de este y la fuerza que la presión le hace hacia abajo en su cara superior. Sobre el tapón no actúa el empuje, puesto que no está totalmente sumergido.

$$F = P + F_P = P + p \cdot S = P + d_F \cdot g \cdot h \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 =$$

$$= 13 \text{ N} + 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 2,6 \text{ m} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,12 \text{ m})^2 \simeq 301 \text{ N}$$

13 **Determina la fuerza que ejerce el agua sobre el fondo del depósito y di si es mayor o menor que el peso del agua que contiene. Ten en cuenta que el volumen de agua se calcula a partir de la expresión: $V = 1/3\ \pi \cdot R^2 \cdot a - 1/3\ \pi \cdot r^2 \cdot b$.**



Veamos el volumen de agua:

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot a - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot b = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot (6 \text{ cm})^2 \cdot 10 \text{ cm} - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot (3 \text{ cm})^2 \cdot 4 \text{ cm} \simeq 339,3 \text{ cm}^3$$

El peso de toda esa agua es:

$$P = m \cdot g = d \cdot V \cdot g = 1000\ \text{kg/m}^3 \cdot 339{,}3 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \simeq 3{,}3\ \text{N}$$

La fuerza sobre el fondo debida a la presión, que es la fuerza real que empuja el fondo, es:

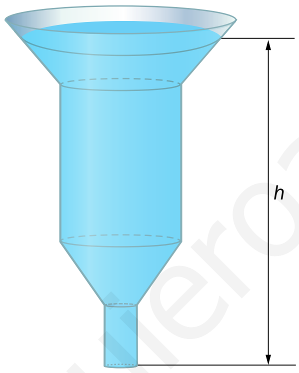
$$F_p = p \cdot S = d_F \cdot g \cdot (a - b) \cdot \pi \cdot R^2 = 1000\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot (10 - 4) \cdot 10^{-2}\ \text{m} \cdot \pi \cdot (0{,}06\ \text{m})^2 \simeq 6{,}7\ \text{N}$$

Paradójicamente, sobre el fondo del recipiente se aplica una fuerza mayor que el peso del propio líquido contenido.

Página 281

14 **El depósito de la imagen contiene 1000 litros de agua. En el fondo tiene un orificio de 0,5 cm de diámetro. ¿Podría una persona aplicar fuerza suficiente con el dedo y taponar el depósito para que no se vacíe?**

Dato: *h* = 1 m.



Calculamos la fuerza debida a la presión sobre la superficie circular del tubo de salida.

$$F_p = p \cdot S = d_F \cdot g \cdot h \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = 1000\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot 1\ \text{m} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{m})^2 \simeq 0{,}2\ \text{N}$$

Evidentemente, una persona puede taponarlo aplicando una fuerza tan minúscula, a pesar de que los 1 000 litros de agua pesan 9 800 N.

15 **Si dos lagos cercanos tienen sus superficies a la misma altura, ¿podremos asegurar que están comunicados subterráneamente?**

Según el principio de los vasos comunicantes, dos recipientes que estén comunicados tienen sus superficies a la misma altura. Por eso, no se puede asegurar, pero sí podríamos decir que con una alta probabilidad están comunicados.

16 **En una calle inclinada hay una tapia en la que queremos dibujar una línea horizontal; para ello, disponemos de una manguera traslúcida. Explica cómo proceder y en qué principio te basas.**

Si echamos agua en la manguera por un extremo mientras se mantiene el otro levantado, podremos observar que las superficies de los dos lados se mantienen a la misma altura; es el principio de los vasos comunicantes. Este hecho se puede utilizar para marcar en una pared puntos que se encuentren a la misma altura, manteniendo un extremo fijo, y cambiando de posición el otro.

17 **¿Para qué crees que en ciertas zonas urbanas hay una torre alta con un depósito de agua en la parte superior?**

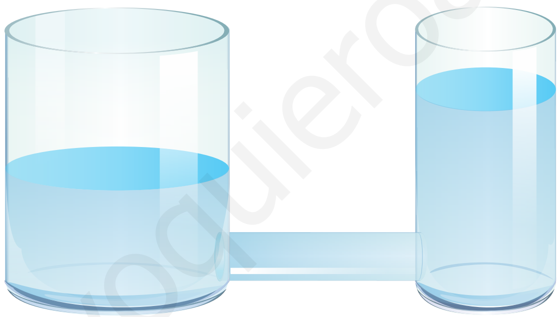
En virtud del principio de los vasos comunicantes, hemos estudiado que el depósito de suministro de agua en las zonas urbanas debe estar siempre más alto que las casas hasta donde se quiere llevar. Si en una zona urbana hay edificios altos, pudiera ocurrir que algunas plantas estén más altas que el depósito de suministro, y en tal caso, el agua no llegaría; o puede suceder que estén a menos altura que la del depósito, en cuyo caso el agua llegaría pero con poca presión. Por eso, se construyen depósitos en torres con la altura suficiente. Estos depósitos se llenan mediante el bombeo del agua.

18 **Los romanos construían grandes acueductos para salvar obstáculos y llevar el agua de un punto a otro. ¿Por qué nosotros no necesitamos construirlos?**

En el «Trabaja con la imagen» de la página 262 ya se comentó que los romanos sí conocían el principio de los vasos comunicantes, sin embargo, construían grandes acueductos para salvar depresiones en el terreno. Se cree que no sabían construir tuberías que soportaran grandes presiones, requisito indispensable para salvar un barranco de cierta profundidad.

En nuestra sociedad actual utilizamos distintos materiales muy resistentes que soportan perfectamente grandes presiones, y en consecuencia no tenemos ninguna dificultad en construir tubos en U para salvar las depresiones del terreno.

19 **¿Crees que el líquido de la imagen de abajo está en equilibrio? Justifica tu respuesta.**



Según el principio de los vasos comunicantes, no está en equilibrio. La imagen podría ser una instantánea de cómo estaría el líquido en un instante dado, pero no permanecería en el tiempo. Cuando se dejara evolucionar el líquido hasta el equilibrio, adquiriría la misma altura en los dos recipientes.

20 **Si el agua llega a un sexto piso a una presión de 20 000 Pa, ¿qué presión habrá en la planta baja? Dato: hay 3 m por planta.**

Supongamos que la sexta planta está a una profundidad con respecto al depósito igual a *h*. La presión en esta planta es:

$$p_6 = d_F \cdot g \cdot h$$

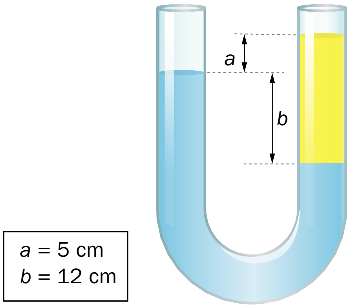
En la planta baja, *a* = 18 metros más profundo, la presión es:

$$p = d_F \cdot g \cdot (h + a) = d_F \cdot g \cdot h + d_F \cdot g \cdot a = p_6 + d_F \cdot g \cdot a$$

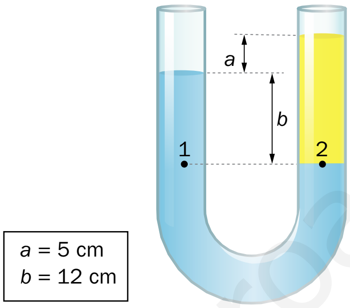
Sustituyendo valores:

$$p = p_6 + d_F \cdot g \cdot a = 20\,000 \text{ Pa} + 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2 \cdot 18 \text{ m} = 196\,400 \text{ Pa}$$

21 **El líquido de menor cantidad de la imagen es un aceite de 0,8 g/cm³. Determina la densidad del líquido desconocido.**

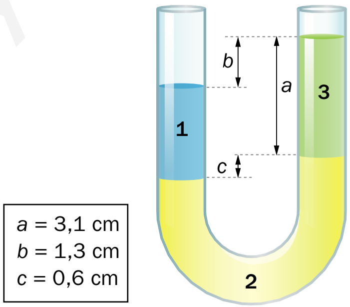


Puesto que el líquido está en equilibrio, la presión en cualquier punto de la superficie de contacto de los dos líquidos es igual a la presión de los puntos de la otra rama que están a la misma altura:



$$p_1 = p_2 \;\rightarrow\; d_1 \cdot g \cdot b = d_2 \cdot g \cdot (a+b) \;\rightarrow\; d_1 = \frac{a+b}{b} \cdot d_2 = \frac{5\ \text{cm} + 12\ \text{cm}}{12\ \text{cm}} \cdot 0{,}8\ \text{g/cm}^3 \simeq 1{,}13\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

22 **En un tubo con forma de U hay tres líquidos inmiscibles. El líquido 1 es agua, y el 2 es un líquido de densidad 1,2 g/cm³. Determina la densidad del líquido 3.**



Al estar los líquidos en equilibrio, los puntos de la superficie de separación entre los líquidos 1 y 2 están a la misma presión que los puntos del líquido 2 de la otra rama que está a la misma altura.

$$p_1 = p_2 \;\rightarrow\; d_1 \cdot g \cdot (a - b + c) = d_3 \cdot g \cdot a + d_2 \cdot g \cdot c$$

$$d_3 = \frac{d_1 \cdot (a - b + c) - d_2 \cdot c}{a} = \frac{1\ \text{g/cm}^3 \cdot (3{,}1 - 1{,}3 + 0{,}6)\ \text{cm} - 1{,}2\ \text{g/cm}^3 \cdot 0{,}6\ \text{cm}}{3{,}1\ \text{cm}} \simeq 0{,}54\ \text{g/cm}^3$$

Principio de Arquímedes

23 **Un cuerpo de 350 cm^3 de volumen está sumergido en agua pura. Determina el empuje que experimenta.**

Simplemente aplicamos la expresión del empuje:

$$E = d_F \cdot g \cdot V = 1000\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot 350 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^3 \simeq 3{,}4\ \text{N}$$

24 **Determina el empuje que experimenta una esfera de 3 cm de diámetro que se encuentra sumergida en alcohol etílico, cuya densidad es: *d* = 0,79 g/cm^3.**

Dato: volumen de una esfera: $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$.

Aplicamos el principio de Arquímedes:

$$E = d_F \cdot g \cdot V = d_F \cdot g \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 = 790\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (1{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{m})^3 \simeq 0{,}1\ \text{N}$$

25 **Determina el peso y el peso aparente de un cubo de 1,6 g/cm^3 de densidad y de 5 cm de arista cuando lo sumergimos en agua.**

Veamos primeramente el peso:

$$P = m \cdot g = d \cdot V \cdot g = d \cdot a^3 \cdot g = 1600\ \text{kg/m}^3 \cdot (5 \cdot 10^{-2}\ \text{m})^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 = 1{,}96\ \text{N}$$

El peso aparente es:

$$P_{ap} = P - E = P - d_F \cdot V \cdot g = 1{,}96\ \text{N} - 1000\ \text{kg/m}^3 \cdot (5 \cdot 10^{-2}\ \text{m})^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \simeq 0{,}74\ \text{N}$$

26 **El peso aparente de una roca de 150 cm^3 cuando está sumergida en agua es de 1,76 N. Determina la densidad de la roca.**

Utilizaremos la expresión del peso aparente para despejar la densidad de la roca:

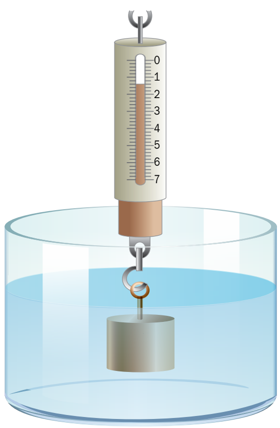
$$P_{ap} = P - E = m \cdot g - d_F \cdot V \cdot g = d \cdot V \cdot g - d_F \cdot V \cdot g \ \rightarrow\ d = \frac{P_{ap} + d_F \cdot V \cdot g}{V \cdot g} = \frac{P_{ap}}{V \cdot g} + d_F =$$

$$= \frac{1{,}76\ \text{N}}{150 \cdot 10^{-6}\ \text{m} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2} + 1000\ \text{kg/m}^3 = 2\,197{,}3\ \text{kg/m}^3 \simeq 2\,200\ \text{kg/m}^3 = 2{,}20\ \text{g/cm}^3$$

Página 282

27 **Un cilindro metálico de 6 cm de altura y cuya base tiene 2 cm de radio se sumerge en agua, tal y como se indica en la imagen. Si el dinamómetro marca 1,40 N, ¿cuál es la densidad del cilindro?**

Dato: volumen de un cilindro: $V = \pi \cdot R^2 \cdot h$.



El cilindro está en equilibrio, luego las fuerzas que actúan sobre él se anulan. Del cilindro tira hacia abajo su peso, y hacia arriba el empuje y la fuerza que ejerce el dinamómetro y que es la que este mide.

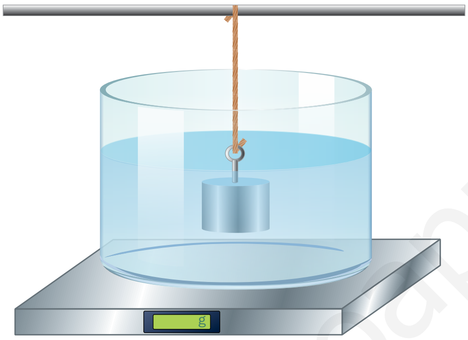
$$P = E + F \;\rightarrow\; m \cdot g = d_F \cdot V \cdot g + F \;\rightarrow\; d \cdot V \cdot g = d_F \cdot V \cdot g + F \;\rightarrow$$

$$\rightarrow\; d \cdot S \cdot h \cdot g = d_F \cdot S \cdot h \cdot g + F \;\rightarrow\; d \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot g = d_F \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot g + F \;\rightarrow$$

$$d = \frac{d_F \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot g + F}{\pi \cdot r^2 \cdot h \cdot g} = \frac{1000\,\text{kg/m}^3 \cdot \pi \cdot (0{,}02\,\text{m})^2 \cdot 0{,}06\,\text{m} \cdot 9{,}8\,\text{m/s}^2 + 1{,}40\,\text{N}}{\pi \cdot (0{,}02\,\text{m})^2 \cdot 0{,}06\,\text{m} \cdot 9{,}8\,\text{m/s}^2} =$$

$$= 2\,894{,}7\,\text{kg/m}^3 \simeq 2\,900\ \text{kg/m}^3 = 2{,}9\ \text{g/cm}^3$$

28 Queremos medir el volumen de una pieza metálica. Para ello, colocamos una báscula con un vaso de agua encima. Al introducir la pieza, tal y como se muestra en la imagen, la medida de la báscula aumenta 21,6 g. ¿Qué volumen tiene la pieza?



Inicialmente la báscula está midiendo el peso del agua del vaso, al introducir la pieza sin que toque el fondo, la superficie del agua sube un volumen igual al del cuerpo. El resultado es totalmente análogo al obtenido si echáramos un volumen de agua igual al del cuerpo en lugar de introducir este. Por tanto, el aumento que experimenta la báscula es igual al peso del nuevo volumen de agua introducido, que es precisamente el empuje del cuerpo.

Puesto que la báscula aumenta en 21,6 g, el empuje es su peso.

$$E = d_F \cdot V \cdot g \;\rightarrow\; V = \frac{E}{d_F \cdot g} = \frac{P}{d_F \cdot g} = \frac{m \cdot g}{d_F \cdot g} = \frac{m}{d_F}$$

$$V = \frac{26{,}1 \cdot 10^{-3}\ \text{kg}}{1000\ \text{kg/m}^3} = 21{,}6 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^3 = 21{,}6\ \text{cm}^3$$

29 Si la densidad media de una persona es de 1,04 g/cm³, ¿se hundirá o flotará en agua?

Para saber si un cuerpo flota o no, hay que ver si su empuje es mayor o no que su peso, pero eso se traduce en ver si su densidad media es menor o no que la del fluido. La densidad de una persona es ligeramente superior a la del agua dulce (1 g/cm³), por eso se hunde. La diferencia es menor con el agua salada del mar (1,027 g/cm³), y aunque también se hunde, es más fácil nadar. Sin embargo, en las aguas del mar Muerto, las personas flotan puesto que la densidad de sus aguas es, aproximadamente, 1,24 g/cm³.

30 Un cuerpo de 80 cm³ de volumen y 0,49 g/cm³ de densidad está flotando en gasolina, cuya densidad es: d_F = 0,68 g/cm³. ¿Qué volumen queda emergido?

Un cuerpo que flota está en equilibrio entre la fuerza peso y la del empuje del volumen de fluido que desaloja (*V'*).

$$E' = P \;\rightarrow\; d_F \cdot V' \cdot g = d \cdot V \cdot g \;\rightarrow\; V' = \frac{d \cdot V}{d_F}$$

El volumen emergido es:

$$V_e = V - V' = V \cdot \left(1 - \frac{d}{d_F}\right) = 80\ \text{cm} \cdot \left(1 - \frac{0{,}49\ \text{g/cm}^3}{0{,}68\ \text{g/cm}^3}\right) \simeq 22{,}4\ \text{cm}^3$$

31 **Si un barco va cargado al máximo, navegando por agua de mar, ¿podrá entrar por la desembocadura de un río, navegando río arriba? Razona la respuesta.**

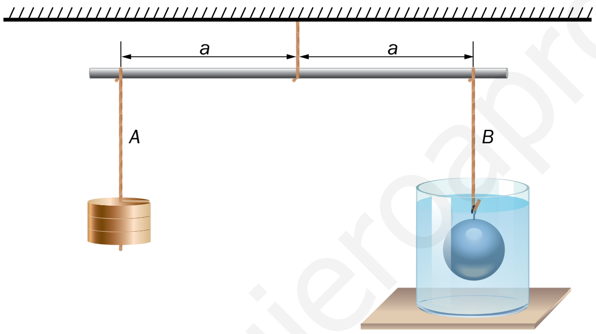
Puesto que la densidad del agua de mar es mayor que la del agua dulce, produce un empuje mayor. Si un barco va cargado al máximo navegando por agua de mar, significa que está desalojando el máximo posible de fluido, luego su empuje es el máximo posible. Si entrara en agua dulce, tendría que desalojar más agua para igualar el empuje anterior en agua salada, pero ya no puede más, puesto que iba desalojando lo máximo posible. Así que al intentar hacerlo, el barco se hundiría más de lo diseñado y entraría agua, hundiéndose.

32 **¿Por qué crees que los buzos se cuelgan pesas? Justifica tu respuesta.**

Los buzos se cuelgan pesas para aumentar su densidad media y así, poder sumergirse más fácilmente.

33 **Realizamos el siguiente montaje. En el lado *A* se han colocado pesas hasta equilibrar la varilla, lo que sucede cuando la masa es de 4911 g. En el otro lado, hay una esfera de 8 cm de diámetro y de densidad desconocida sumergida en agua. Determina la densidad de la esfera.**

Dato: volumen de una esfera, $V = \frac{4}{3}\pi \cdot R^3$.



Las pesas producen una fuerza hacia abajo igual al peso de las pesas en el brazo izquierdo de la varilla:

$$p_{pesas} = m \cdot g = 4{,}911\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \simeq 48{,}1\ \text{N}$$

En el brazo derecho, la fuerza neta sobre la esfera hacia abajo tiene que ser igual para que exista el equilibrio. Esta fuerza neta hacia abajo es el peso aparente de la esfera.

$$P_{ap} = P_{esf} - E = d \cdot V \cdot g - d_F \cdot V \cdot g = P_{pesas} \rightarrow$$

$$\rightarrow d = \frac{P_{pesas} + d_F \cdot V \cdot g}{V \cdot g} = \frac{P_{pesas}}{V \cdot g} - d_F = \frac{P_{pesas}}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \cdot g} + d_F$$

$$d = \frac{48{,}1\ \text{N}}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (4 \cdot 10^{-2}\ \text{m})^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2} + 1000\ \text{kg/m}^3 \simeq 19\,308\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 19{,}3\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

En la realización de este ejercicio hemos despreciado el empuje del aire sobre las pesas, que realmente es pequeño y no influye en el resultado.

34 **¿Dónde crees que cansará menos nadar, en agua dulce o salada? Justifica tu respuesta.**

El agua salada es más densa que el agua dulce, por eso, el empuje que produce sobre los cuerpos sumergidos es mayor. En consecuencia, es más fácil y menos cansado nadar en agua de mar.

35 **La densidad del agua del mar Muerto tiene un valor de 1,240 g/cm^3. ¿Puedes explicar por qué las personas pueden flotar en ella?**

Ya adelantamos en la resolución del ejercicio 29 que la densidad media de una persona es inferior a la del agua del mar Muerto; por tanto, su empuje es mayor que su peso y flota.

36 **Un densímetro es un pequeño dispositivo que, al flotar en un líquido, marca el volumen que queda emergido. Con este valor, se determina la densidad del líquido en el que flota.**

Si un densímetro de 0,65 g/cm^3 de densidad flota en un líquido, y emerge un 35 % de su volumen, ¿qué densidad tiene el líquido?

Si el 35 % del volumen del densímetro emerge, entonces el 65 % de su volumen está sumergido. Podemos escribir:

$$V' = 0{,}65 \cdot V$$

Cuando flota, se cumple que el empuje es igual al peso:

$$E' = P \;\rightarrow\; d_F \cdot V' \cdot g = d \cdot V \cdot g \;\rightarrow\; d_F = \frac{V}{V'} \cdot d$$

$$d_F = \frac{V}{0{,}65 \cdot V} \cdot d = \frac{1}{0{,}65} \cdot d = \frac{1}{0{,}65} \cdot 0{,}65 \text{ g/cm}^3 = 1 \ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Ley de Pascal

37 **Explica el fundamento del funcionamiento de la prensa hidráulica.**

Una prensa hidráulica consiste en un recipiente con un líquido. Se aplica una fuerza en un émbolo de superficie pequeña, y por la ley de Pascal esta presión se transmite a todos los puntos del interior del fluido; en particular, a los puntos que están en contacto con un segundo émbolo de mayor superficie, que será desplazado debido a la fuerza que aparece sobre él. Al ser la superficie del segundo émbolo mayor, la fuerza que aparece sobre este es más intensa que la aplicada en el émbolo pequeño.

38 **Una prensa hidráulica tiene una superficie pequeña de 0,3 cm^2, y la grande, de 40 cm^2. ¿Qué fuerza se obtendrá en el émbolo mayor al aplicar una fuerza de 100 N sobre el émbolo pequeño?**

La presión aplicada en el émbolo pequeño (p_1) es transmitida con la misma intensidad al émbolo grande (p_2):

$$p_1 = p_2 \;\rightarrow\; \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \;\rightarrow\; F_2 = \frac{S_2}{S_1} \cdot F_1 = \frac{40 \text{ cm}^3}{0{,}3 \text{ cm}^3} \cdot 100 \text{ N} \simeq 13\,333 \text{ N}$$

39 **El diámetro del émbolo pequeño de una prensa hidráulica es de 1,5 cm, y el del grande, de 30,0 cm. Si se tiene elevado un coche de 900 kg, ¿qué fuerza se está aplicando sobre el émbolo pequeño?**

La fuerza en el émbolo grande es igual al peso del coche para mantenerlo en equilibrio.

$$F_2 = P_{coche} = m \cdot g = 900 \text{ kg} \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2 = 8\,820 \text{ N}$$

Teniendo en cuenta la expresión de la prensa hidráulica, podemos determinar la fuerza que se está aplicando sobre el émbolo pequeño.

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{\pi \cdot R_2^2}{\pi \cdot R_1^2} = \frac{\left(\dfrac{D_2}{2}\right)^2}{\left(\dfrac{D_1}{2}\right)^2} = \frac{D_2^2}{D_1^2} \;\rightarrow\; F_1 = \frac{D_1^2}{D_2^2} \cdot F_2 = \frac{(1{,}5 \text{ cm})^2}{(30{,}0 \text{ cm})^2} \cdot 8\,820 \text{ N} \simeq 22{,}05 \text{ N}$$

Presión atmosférica

40 Si la presión atmosférica es debida al peso del aire que tenemos encima, ¿por qué cuando nos ponemos bajo techo no notamos una disminución de presión?

La presión en el interior de un fluido es una propiedad de cada punto que depende de la profundidad, independientemente de la forma del recipiente. Esta presión se transforma en una fuerza cuando se considera un superficie en el interior del fluido. Esta fuerza es perpendicular a la superficie y es independiente de la orientación en el espacio que esta tenga. Así, si la superficie es un techo, presiona hacia arriba, y si hay un objeto bajo ese techo experimenta fuerzas a lo largo de su superficie comprimiéndolo, igual que si estuviera a la misma profundidad y sin techo.

41 Una persona succionando agua con una pajita muy larga es capaz de hacer en su boca un vacío igual a la décima parte de la presión atmosférica. ¿Hasta qué altura subirá el agua?

Puesto que el vaso de agua del que se va a beber está abierto a la presión atmosférica, la columna de agua junto con la presión de aire que queda en la parte superior de la pajita tiene que ser igual a la presión atmosférica en el equilibrio. Por tanto:

$$p_{atm} = p + d_F \cdot g \cdot h \;\rightarrow\; p_{atm} = 0{,}1 \cdot p_{atm} + d_F \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{p_{atm} - 0{,}1 \cdot p_{atm}}{d_F \cdot g} = \frac{0{,}9 \cdot p_{atm}}{d_F \cdot g}$$

Suponemos que hay una presión exterior de una atmósfera:

$$h = \frac{0{,}9 \cdot 101325 \text{ Pa}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2} \simeq 9{,}31 \text{ m}$$

42 Si un vaso a rebosar de agua lo tapamos con una cartulina plastificada y le damos la vuelta, comprobamos que el agua no se cae. ¿Cómo es posible que la presión atmosférica empuje la cartulina hacia arriba?

Como se ha explicado ya en la resolución del ejercicio 40, la presión en el interior de un fluido es una propiedad de cada punto, que se transforma en una fuerza cuando se introduce una superficie en su interior. Esta fuerza es perpendicular a la superficie independientemente de su orientación.

43 Expresa un valor de presión de 990 mb al resto de unidades estudiadas.

Es un ejercicio de cambio de unidades, y sirve también para que el alumnado vea en qué rangos se mueve cada unidad de presión.

$$990 \text{ mb} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{1013 \text{ mb}} \simeq 0{,}977 \text{ atm}$$

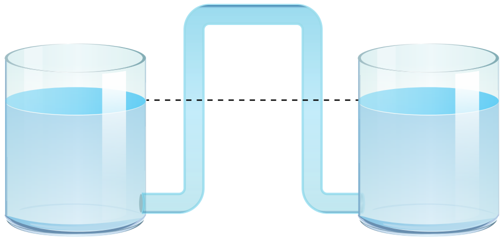
$$990 \text{ mb} \cdot \frac{101325 \text{ Pa}}{1013 \text{ mb}} \simeq 99\,000 \text{ Pa}$$

$$990 \text{ mb} \cdot \frac{760 \text{ mmHg}}{1013 \text{ mb}} \simeq 743 \text{ mmHg}$$

$$990 \text{ mb} \cdot \frac{1{,}034 \dfrac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{1013 \text{ mb}} \simeq 1{,}011 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$990 \text{ mb} \cdot \frac{14{,}7 \text{ psi}}{1013 \text{ mb}} \simeq 14{,}4 \text{ psi}$$

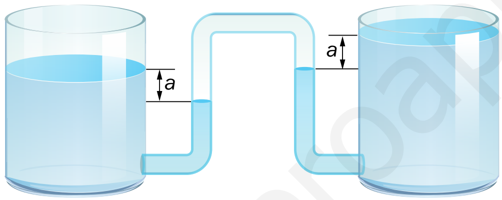
44 **¿Crees que el líquido de la figura está en equilibrio? Razona tu respuesta.**



Se trata de dos recipientes que están comunicados por un mismo líquido. Según el principio de los vasos comunicantes, está en equilibrio. Lo que nos puede extrañar es que parte del tubo que comunica los dos recipientes está por encima de las superficies libres de los líquidos. La presión hidrostática, que es una presión relativa, a la altura de las superficies es cero, luego los puntos del tubo que están por encima tienen una presión negativa. Esto quiere decir que su presión está por debajo de la presión atmosférica, ya que para obtener la presión absoluta, hay que sumar la atmosférica a la presión relativa.

Si el tubo tuviera una altura mayor de 10,34 m, se formaría una burbuja a esa altura de espacio vacío. Luego, hasta esa altura, el tubo estaría lleno de agua.

45 **¿Estarán los líquidos de la imagen en equilibrio? Justifica la respuesta.**



No se trata de vasos comunicantes, puesto que entre los dos depósitos no hay una comunicación continua mediante el líquido. Si nos fijamos en la imagen, se trata de dos manómetros, donde ambos están midiendo la presión del gas encerrado en el tubo que los conecta. Por eso, la columna en cada recipiente para medir la presión del gas tiene una altura idéntica *a* con respecto a la superficie de la rama en contacto con el gas. Luego, efectivamente, el sistema está en equilibrio.

Conceptos meteorológicos

46 **Busca en Internet el mapa meteorológico de hoy, y justifica el tiempo de hoy y el de mañana.**

Con este ejercicio se pretende que el estudiante relacione el tiempo que experimenta cada día con los mapas meteorológicos que nos muestran los medios de comunicación diariamente. De esta manera, el alumno o alumna puede tratar de interpretarlos y justificar lo que experimenta e intentar pronosticar el tiempo que vendrá. Es una actividad de interpretación de esquemas gráficos en los que el alumnado podría aficionarse.