

4

Fuerzas y presiones en fluidos

1. ¿Quién ejerce más presión sobre el suelo?

- a) Un elefante de dos toneladas que se apoya solo sobre una de sus patas de 500 cm² de superficie.
- b) Una bailarina de 50 kg que se apoya sobre la punta de uno de sus pies de 3 cm de superficie.

a) Para calcular la presión hay que relacionar la fuerza (peso) que ejerce cada cuerpo con la superficie sobre la que se ejerce dicha fuerza.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{P}{S} = \frac{2000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2} = 3,92 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

b) Ahora:

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

La bailarina ejerce una mayor presión, ya que, aunque su peso es menor, el efecto de la superficie, unas cien veces menor, hace que la presión de esta supere a la del elefante.

2. ¿Por qué los vehículos todoterreno y las excavadoras no se atascan en terrenos blandos?

- a) Tienen motores potentes.
- b) Utilizan ruedas muy anchas de tipo oruga.
- c) Van muy lentos.
- d) Son muy poco densos.

Los vehículos todoterreno y las excavadoras no se atascan en terrenos blandos, principalmente porque:

b) Utilizan ruedas muy anchas de tipo oruga.

Por lo que la superficie sobre la que se reparte su peso es muy grande, y la presión, pequeña.

3. El petrolero *Prestige* se hundió en el mar en 2002 a 133 millas del cabo Finisterre hasta una profundidad de 3600 m llevando 65 000 toneladas de fuel en sus tanques.

- a) Calcula la presión que soportan los tanques de combustible a dicha profundidad.
- b) ¿Qué peligro puede ocasionar esta elevada presión?

a) El petrolero sumergido en el agua está sometido a la presión hidrostática:

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

b) Esta alta presión puede originar roturas y fisuras en los depósitos de combustible, que no están contruidos para soportar presiones tan elevadas.

4. ● **Calcula la presión total que soporta un submarino:**

- a) **Sobre la superficie del agua.**
 b) **A 50 m de profundidad en el mar.**
 c) **A 500 m de profundidad.**

La presión total se obtiene sumando la presión atmosférica (1 atm = 101 325 Pa) a la presión hidrostática:

$$p_{\text{total}} = p_0 + p_{\text{hidrostática}} = p_0 + d_{\text{líquido}} \cdot g \cdot h$$

$$\text{a) } p_{\text{total}} = p_0 = 101\,325 \text{ Pa}$$

$$\text{b) } p_{\text{total}} = 101\,325 \text{ Pa} + 1020 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 50 \text{ m} = 601\,125 \text{ Pa}$$

$$\text{c) } p_{\text{total}} = 101\,325 \text{ Pa} + 1020 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 500 \text{ m} = 5\,099\,325 \text{ Pa}$$

5. ●● **En un tubo en U la columna de aceite es de 10 cm y la columna de agua que hay sobre un punto que está a la misma altura que la interfase de separación de ambos líquidos es de 8,8 cm. Si la densidad del agua es 1 g/cm³, ¿cuánto valdrá la densidad del aceite?**

En la línea de separación entre ambos líquidos, la presión es la misma:

$$p_A = p_B \rightarrow d_{\text{aceite}} \cdot g \cdot h_A = d_{\text{agua}} \cdot g \cdot h_B \rightarrow$$

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

6. ●●● **En los vasos comunicantes el agua alcanza la misma altura en todos ellos. ¿Sucede lo mismo si en lugar de agua se introduce otro líquido; por ejemplo, gasolina? ¿Y si se introduce una mezcla de agua y gasolina?**

- a) Al introducir cualquier líquido en un sistema de vasos comunicantes, de acuerdo con el principio fundamental de la hidrostática, todos los puntos que se encuentren en la misma horizontal están sometidos a igual presión, por lo que alcanzarán la misma altura en todos los vasos.
- b) Al echar una mezcla de agua y gasolina, como son dos líquidos inmiscibles y de diferente densidad, el nivel del líquido no será el mismo. El líquido menos denso (gasolina) alcanzará mayor altura que el líquido más denso (agua).

7. ●● **El altímetro indica que la presión atmosférica en lo alto de la torre Eiffel es de 38 mbar menos que en su base. Calcula la altura del edificio. Dato: $d_{\text{aire}} = 1,19 \text{ kg/m}^3$.**

Primero expresamos la presión en unidades del SI.

$$38 \text{ mbar} \cdot \frac{1 \text{ bar}}{1000 \text{ mbar}} \cdot \frac{100\,000 \text{ Pa}}{1 \text{ bar}} = 3800 \text{ Pa}$$

4

Fuerzas y presiones en fluidos

Ahora aplicamos la expresión:

$$p_2 - p_1 = d \cdot g \cdot h \rightarrow$$

$$\rightarrow h = \frac{p_2 - p_1}{d \cdot g} = \frac{3800 \text{ Pa}}{1,19 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ N/kg}} = 325,5 \text{ m}$$

8. Si Torricelli hubiese utilizado agua en su experiencia para medir la presión atmosférica, ¿qué altura habría alcanzado el agua en el interior del tubo invertido?

La densidad del mercurio es de $13\,600 \text{ kg/m}^3$, y un tubo que contenga este metal alcanza una altura de 760 mm ($0,76 \text{ m}$) a nivel del mar cuando se vacía sobre una cubeta de mercurio:

$$p_{\text{mercurio}} = p_{\text{agua}} \rightarrow$$

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

$$\rightarrow h_{\text{agua}} = \frac{d_{\text{mercurio}}}{d_{\text{agua}}} \cdot h_{\text{mercurio}} = \frac{13\,600 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} \cdot 0,760 \text{ m} = 10,3 \text{ m}$$

9. Un cilindro de plástico de 2 cm de radio y 5 cm de alto pesa $1,7 \text{ N}$ en el aire y 1 N cuando se sumerge totalmente en un líquido. Calcula:
- a) La fuerza de empuje. b) La densidad del líquido.

a) Fuerza de empuje = Peso real – Peso aparente =
 $= 1,7 \text{ N} - 1,0 \text{ N} = 0,7 \text{ N}$

b) De acuerdo con el principio de Arquímedes:

$$E = V_{\text{líquido}} \cdot d_{\text{líquido}} \cdot g \rightarrow d_{\text{líquido}} = \frac{E}{V_{\text{líquido}} \cdot g}$$

Previamente hay que calcular el volumen del cilindro:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot L = \pi \cdot (2 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 6,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Finalmente:

$$d_{\text{líquido}} = \frac{0,7 \text{ N}}{6,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 1133,8 \text{ kg/m}^3$$

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

- a) Calcula el empuje que experimenta.
 b) ¿Qué volumen tiene el cuerpo?
 c) ¿Cuál será la densidad del cuerpo?

Dato: $d_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$.

a) Peso del cuerpo:

$$P = m \cdot g = 100 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 980 \text{ N}$$

Peso aparente:

$$P_{\text{aparente}} = 900 \text{ N}$$

Empuje:

$$P - P_{\text{aparente}} = 980 \text{ N} - 900 \text{ N} = 80 \text{ N}$$

b) En este caso:

$$E = V \cdot d_{\text{agua}} \cdot g \rightarrow$$

$$\rightarrow V = \frac{E}{d_{\text{agua}} \cdot g} = \frac{80 \text{ N}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 8,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$c) d = \frac{m}{V} = \frac{100 \text{ kg}}{8,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = 12\,345,7 \text{ kg/m}^3$$

11. ●● Fíjate en el esquema del submarino y explica qué válvulas deben estar abiertas y cuáles cerradas para que se produzca:

a) La inmersión.

b) El ascenso hasta la superficie.

- a) Para que se produzca la inmersión o descenso se abren las válvulas de agua con el fin de que se inunden los tanques de lastre y aumente el peso del submarino.
- b) Para que el submarino ascienda deben abrirse las válvulas de agua y las de aire comprimido. De esta forma el aire desplaza el agua de los tanques y disminuye el peso del submarino.

12. ● Se sabe que en algunos puertos ciertos barcos solo pueden atracar cuando hay pleamar (marea alta). Explica por qué.

Cuando los barcos están a plena carga, la línea de flotación se hunde y pueden llegar a encallar y quedarse detenidos en la arena o entre las rocas del fondo, impidiendo su atraque en el puerto.

13. ●● Los grandes barcos de carga son más estables en alta mar si tienen sus tanques llenos. Cuando algunos de estos barcos van de vacío, salen del puerto y, una vez en alta mar, llenan sus tanques de agua. Explica por qué no hacen esto en las propias instalaciones del puerto.

Para que un barco esté en equilibrio estable se ha de cumplir que:

- El peso y el empuje sean iguales.
- El centro de gravedad y el de empuje estén en la misma vertical.
- El centro de gravedad esté más bajo que el centro de empuje.
- Si por causa del oleaje se desplazase el centro de empuje, la dirección del empuje ha de cortar al eje de simetría del barco en un punto (metacentro) por encima del centro de gravedad.
- Al llenar los depósitos de agua el centro de gravedad queda más bajo y estabiliza al barco, pero si el puerto no tiene suficiente profundidad, esta operación debe hacerse en alta mar para que el barco no se quede encallado en la arena por falta de fondo.

4

Fuerzas y presiones en fluidos

14. Un cuerpo de peso 1000 N ocupa un volumen de $0,1 \text{ m}^3$.



a) ¿Flotará en una piscina de agua?

b) ¿Y en una piscina llena de agua salada?

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

a) El cuerpo se hundirá si el empuje es menor que el peso:

$$E = V \cdot d_{\text{agua}} \cdot g = 0,1 \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 980 \text{ N}$$

Como el empuje es menor que el peso, el cuerpo se hundirá.

b) En agua salada aumenta la densidad del fluido, con lo que el empuje también aumentará:

$$E = V \cdot d_{\text{agua salada}} \cdot g = 0,1 \text{ m}^3 \cdot 1030 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 1009,4 \text{ N}$$

Este valor supera al peso, por lo que el cuerpo flotará sobre la superficie del agua salada.

15. Un iceberg tiene un volumen total de 100 m^3 .



a) Calcula el volumen de la parte sumergida.

b) ¿Cuál es la razón por la que los icebergs son peligrosos obstáculos para las embarcaciones?

Datos: $d_{\text{hielo}} = 900 \text{ kg/m}^3$; $d_{\text{agua mar}} = 1030 \text{ kg/m}^3$.

a) Al flotar sobre el agua, el peso debe ser igual al empuje:

$$\text{Peso} = \text{Empuje} \rightarrow V_{\text{iceberg}} \cdot d_{\text{hielo}} \cdot g = V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{agua}} \cdot g \rightarrow$$

$$\rightarrow V_{\text{iceberg}} \cdot d_{\text{hielo}} = V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{agua}} \rightarrow$$

$$\rightarrow V_{\text{sumergido}} = V_{\text{iceberg}} \cdot \frac{d_{\text{hielo}}}{d_{\text{agua}}} = 100 \text{ m}^3 \cdot \frac{900 \text{ kg/m}^3}{1030 \text{ kg/m}^3} = 83,37 \text{ m}^3$$

b) El volumen sumergido es mucho mayor que el volumen que se observa flotando. Como la mayor parte del volumen del iceberg no se ve al estar sumergida, puede ser muy peligrosa para las embarcaciones. En caso de chocar puede llegar a originar vías de agua en el casco del barco.

16. El voleibol se juega con un balón de unos 270 g y 21 cm de diámetro.



En un partido el balón fue a parar a una piscina con una fuerza tal que casi llegó hasta el fondo de la misma y luego subió a la superficie. Calcula:

a) La fuerza que ejerció el agua de la piscina sobre el balón.

b) La aceleración con que subió el balón hasta la superficie.

c) Suponiendo que la densidad del balón era uniforme, ¿qué parte del mismo sobresalía del agua?

- a) La fuerza es el empuje ocasionado por el agua. Como el balón se hundió por completo, primero calculamos el volumen total del balón:

$$V = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3 = \frac{4}{3}\pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^3 = \frac{4}{3}\pi \cdot \left(\frac{0,21\text{ m}}{2}\right)^3 = 4,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

El empuje será:

$$\begin{aligned} E &= P_{\text{agua desalojada}} = m_{\text{agua}} \cdot g = d_{\text{agua}} \cdot V \cdot g = \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 9,81 \text{ N/kg} = 47,58 \text{ N} \end{aligned}$$

- b) Aplicando la ecuación fundamental de la dinámica:

$$\begin{aligned} E - P &= m \cdot a \rightarrow \frac{E - P}{m} = \frac{E - m \cdot g}{m} = \\ &= \frac{47,58 \text{ N} - 0,27 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ N/kg}}{0,270 \text{ kg}} = 166,41 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

- c) Calculamos la densidad del balón:

$$d_{\text{balón}} = \frac{m_{\text{balón}}}{V} = \frac{0,270 \text{ kg}}{4,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = 55,67 \text{ kg/m}^3$$

Dividiendo esta densidad entre la densidad del agua:

$$\frac{m_{\text{balón}}}{d_{\text{agua}}} = \frac{55,67 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0,0557 \rightarrow 5,6 \%$$

Es decir, solo permanecía hundido el 5,6 % del balón.
Por tanto, sobresalía el 94,4 % del balón.

17.



¿Por qué razón los barcos de cientos de toneladas contruidos con materiales metálicos pueden flotar sin hundirse, a pesar de estar contruidos con materiales mucho más densos que el agua?

Aunque los barcos pesen miles de toneladas, pueden flotar, porque se construyen de forma que el volumen que desplazan al estar sumergidos en el agua sea tal que origina un empuje capaz de equilibrar el peso del barco.

18.



Explica la razón por la que los submarinistas:

- Utilizan cinturones con plomo cuando van a realizar inmersiones bajo el agua.**
- Durante el ascenso a la superficie van expulsando lentamente el aire inhalado de las botellas.**
- No pueden descender a la misma profundidad que un submarino.**
- No utilizan largos tubos para respirar bajo el agua.**

- a) Los cinturones de plomo aumentan el peso del submarinista y, con ello, favorecen la inmersión en el agua.

4

Fuerzas y presiones en fluidos

- b) Según la ley de Boyle, al disminuir la presión de un gas (al ascender) su volumen aumenta proporcionalmente. Cuando el submarinista asciende, tiene que ir expulsando el aire poco a poco para que el volumen de aire contenido en sus pulmones no aumente hasta el punto de que llegue a reventar los pulmones como si fuesen un globo.
- c) Un submarinista solo puede descender hasta una profundidad de varios metros. En caso contrario el organismo no sería capaz de soportar la elevada presión que ejerce el agua sobre él, que causaría la pérdida de conocimiento y hemorragias internas.
- d) A una profundidad determinada bajo el agua la presión sobre los pulmones es tan elevada que no se puede aspirar por un tubo el aire para hacerlo llegar hasta nuestros pulmones y poder respirar.

19. Indica las sustancias que son fluidos en condiciones de presión atmosférica y a 20 °C de temperatura.

- a) Madera.
- b) Agua de mar.
- c) Aire.
- d) Arena.
- e) Aceite.
- f) Helio.

Son fluidos aquellas sustancias que a 20 °C y presión atmosférica se encuentran en estado líquido o gaseoso, como es el caso de:

- b) Agua de mar (líquido).
- c) Aire (gas).
- e) Aceite (líquido).
- f) Helio (gas).

20. Señala las propiedades que corresponden a los líquidos.

- a) Tienen forma y volumen propios.
- b) Son compresibles.
- c) Son expansibles.
- d) Son prácticamente incompresibles.
- e) Ocupan todo el volumen del recipiente que los contiene.
- f) Tienen volumen propio y adoptan la forma del recipiente.

Las propiedades características de los líquidos son:

- d) Son prácticamente incompresibles.
- f) Tienen volumen propio y adoptan la forma del recipiente.

21. Completa el siguiente texto sobre los fluidos:

- Bajo el nombre de fluidos se incluyen todos los cuerpos no _____; es decir, _____ y gases. Las partículas de un sólido están _____ unidas y, por tanto, el sistema conserva la _____; mientras que en los fluidos las partículas pueden _____ unas sobre otras, por eso adoptan la forma del _____ que los contiene.

«Bajo el nombre de fluidos se incluyen todos los cuerpos no **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 o deslizarse** unas sobre otras, por eso adoptan la forma del **recipiente** que las contiene.»

22. Demuestra que $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = \text{Pa}$.

Desarrollamos y simplificamos las unidades para comprobar que coinciden en ambos casos.

$$\text{Presión} = \text{densidad (kg/m}^3\text{)} \cdot \text{gravedad (m/s}^2\text{)} \cdot \text{altura (m)} = \text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ kg} \cdot (\text{m/s}^2)/\text{m}^2 = \text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$$

23. Calcula la presión que ejercerá un faquir de 60 kg al tumbarse sobre un solo clavo de 0,1 cm² de superficie.

- a) Compárala con la presión que ejercería sobre una cama de 1000 clavos.
- b) ¿Qué conclusión puedes sacar sobre la peligrosidad de este espectáculo?



$$\text{a) } p = \frac{F}{S} = \frac{P}{S}$$

Sustituyendo datos en la presión:

$$p = \frac{P}{S} = \frac{60 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2} = 5,88 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

Esta presión es tan elevada que ningún faquir del mundo podría resistirla sin que su cuerpo sea agujereado.

- b) La cama de mil clavos multiplica la superficie en contacto con el faquir por mil:

$$p = \frac{P}{S} = \frac{60 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2} = 5,88 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

La presión que soporta es mil veces menor, por lo que cualquier persona podría realizar este espectáculo sin ningún peligro.

4

Fuerzas y presiones en fluidos

24.



Sobre la superficie de un lago helado se encuentra un gato asustado de 2 kg apoyado sobre las puntas de sus cuatro patas, de 1 cm² de superficie cada una.

- ¿Qué presión ejerce el gato sobre el hielo?
- ¿Qué presión ejercerá una persona de 70 kg si se desplaza por el hielo sobre dos zapatos de 200 cm² de superficie?
- ¿Cómo tendrá que desplazarse sobre el lago helado para poder rescatar al gato sin que se rompa el hielo?
- ¿Cuál será la presión que ejerce la misma persona cuando se desplaza reptando sobre su cuerpo con una superficie de 0,5 m²?

$$a) p = \frac{F}{S} = \frac{P}{S}.$$

Sustituyendo los datos del gato en la presión se obtiene que:

$$p_{\text{gato}} = \frac{P}{S} = \frac{2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 4,9 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

- b) Para el caso de la persona se obtiene la presión:

$$p_{\text{persona}} = \frac{P}{S} = \frac{70 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2} = 3,4 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

- c) Aunque las presiones que ejercen ambos son parecidas, para mayor seguridad, la persona se tendrá que desplazar reptando con el fin de aumentar la superficie de contacto y de esta forma disminuir la presión sobre el hielo para que no se rompa y poder rescatar al gato.

- d) Ahora:

$$p_{\text{reptando}} = \frac{P}{S} = \frac{70 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,5 \text{ m}^2} = 1,4 \cdot 10^2 \text{ Pa}$$

De esta forma, la presión que ejerce la persona ha disminuido unas cien veces debido al aumento en la superficie sobre la que se ejerce el peso.

25.



Elige la opción por la que no se puede clavar un clavo cuando se le golpea sobre su punta en lugar de sobre su cabeza.

- La punta se rompe y el clavo se dobla.
- La punta tiene mayor superficie y la presión ejercida es mayor.
- La cabeza tiene menor superficie y la presión es mayor.
- La cabeza tiene mayor superficie y la presión es menor.

Un clavo no se puede clavar cuando se golpea sobre su punta porque:

- d) La cabeza tiene mayor superficie y la presión es menor.

- 26.** ● **Razona si son verdaderas o falsas las afirmaciones referidas a un cuerpo sumergido en un fluido:**
- Solo está sometido a fuerzas cuando el fluido es un líquido; no cuando es un gas.**
 - La fuerza que actúa sobre el cuerpo es siempre vertical y hacia arriba.**
 - La fuerza que actúa lo hace en todas las direcciones perpendicularmente al cuerpo.**
 - La fuerza depende de la profundidad a la que se encuentre el cuerpo.**
 - Incorrecto. El empuje lo experimentan todos los cuerpos sumergidos en un fluido, ya sea este gas o líquido.
 - Correcto.
 - Incorrecto. El empuje se dirige verticalmente y hacia arriba.
 - Incorrecto. El empuje que experimentan los cuerpos sumergidos no depende de la profundidad a la que se encuentren.

- 27.** ● **Un batiscafo se encuentra sumergido a 100 m de profundidad en el mar.**
- ¿Cuál es la presión total que está soportando?**
 - Si una escotilla tiene una superficie de 0,5 m², ¿cuál será la fuerza mínima que hay que ejercer para abrirla bajo el agua?**

La presión total se obtiene sumando la presión atmosférica (1 atm = 101 325 Pa) a la presión hidrostática:

$$p_{\text{total}} = p_0 + p_{\text{hidrostática}} = p_0 + d_{\text{líquido}} \cdot g \cdot h$$

$$\text{a) } p_{\text{total}} = 101\,325 \text{ Pa} + 1020 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 100 \text{ m} = 1\,100\,925 \text{ Pa}$$

$$\text{b) } p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \cdot S = 1\,100\,925 \text{ Pa} \cdot 0,5 \text{ m}^2 = 550\,462,5 \text{ N}$$

- 28.** ●● **¿Por qué razón no se puede salir de un vehículo sumergido debajo del agua? ¿Qué tendríamos que hacer para poder salir?**

- Empujar muy fuerte la puerta.**
- Esperar a que el interior se llene de agua para poder abrir la puerta.**
- Romper el cristal delantero.**
- Bajar la ventanilla y salir rápidamente.**

Si un vehículo se encuentra bajo el agua, está sometido a la presión hidrostática en todos los puntos de su superficie. Por esta razón no se pueden abrir las puertas ni salir del vehículo.

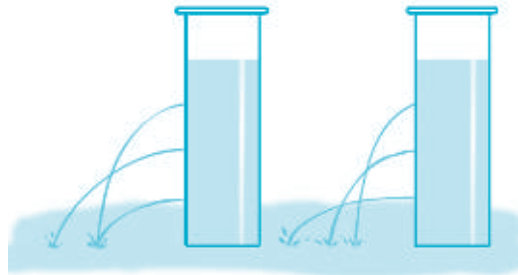
Para poder salir habrá que:

- Esperar a que el interior se llene de agua para poder abrir la puerta. De esta forma se equilibran las presiones del interior del coche y del exterior, lo que permitirá abrir la puerta y salir del vehículo.

4

Fuerzas y presiones en fluidos

29. ● Una probeta llena de agua tiene tres agujeros espaciados a intervalos iguales. ¿Cuál de las figuras muestra la forma correcta de fluir el agua?



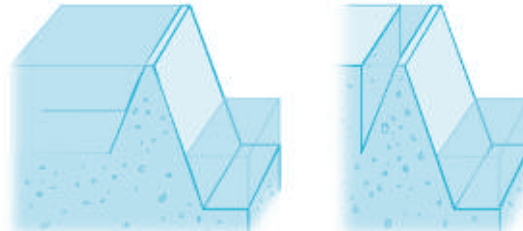
La figura de la derecha es la correcta: a mayor profundidad del agujero, mayor presión hidrostática y, como consecuencia, alcanzará mayor distancia el chorro que se escapa por él.

30. ●● ¿Qué sucederá si sumergimos a varios metros de profundidad dos botellas de plástico: una llena de agua y otra llena de aire?
- No le pasa nada a ninguna botella.
 - Las dos se arrugan debido a la presión atmosférica.
 - Solo se arruga la que está vacía, porque los líquidos son casi incompresibles.
 - La que está llena revienta debido a la presión hidrostática.

Al introducir las dos botellas en el agua:

- Solo se arruga la que está vacía, porque los líquidos son casi incompresibles.

31. ●● La presa de la izquierda contiene 10 000 toneladas de agua; en cambio, la de la derecha contiene solo 100 toneladas de agua. Ambas tienen la misma profundidad y anchura.



- ¿Deberá ser la presa de la izquierda más resistente que la de la derecha por contener mayor cantidad de agua?
- ¿Por qué las paredes de las presas son más anchas por la base que por la parte más alta?
 - Teóricamente ambas presas tienen la misma resistencia y seguridad. La presión en cualquier punto de un líquido depende solamente de la altura de la columna de líquido situada encima de ese punto, y no del volumen de agua.
 - A medida que aumenta la profundidad del líquido, aumenta la presión que ejerce sobre las paredes de la presa. Por esta razón se construyen más anchas en la zona profunda de la base que en la superficie.

32.



Los romanos no tenían muchos conocimientos de hidráulica; por eso construían altos acueductos, largos y muy costosos, para llevar el agua de un sitio a otro, aprovechando pequeños desniveles.

Explica cómo resultaría mucho más económico el transporte de agua utilizando el principio de los vasos comunicantes.

Los arquitectos romanos no conocían el principio elemental de los vasos comunicantes gracias al cual se puede elevar el agua. Mediante un sistema de vasos comunicantes unidos por su parte inferior se puede transportar el agua entre dos puntos, por muy distantes que se encuentren, alcanzando el mismo nivel en los dos depósitos unidos, sin necesidad de construcciones costosas.

33.



La presión sanguínea en las venas está entre 25 y 28 mbar. A una persona hospitalizada le van a administrar un medicamento por vía intravenosa con la ayuda de un gotero. ¿A qué altura deben colocarlo, como mínimo, si la densidad del líquido contenido en el gotero es de $1,03 \text{ g/cm}^3$?

La presión es $p = d \cdot g \cdot h$. En este caso la presión ejercida por el líquido debe ser mayor que la presión sanguínea en las venas. Para conseguir una presión de 28 mbar habrá que elevar el líquido a cierta altura.

Primero expresamos la presión sanguínea en pascales:

$$28 \text{ mbar} \cdot \frac{1 \text{ bar}}{1000 \text{ mbar}} \cdot \frac{100\,000 \text{ Pa}}{1 \text{ bar}} = 28\,000 \text{ Pa}$$

Para que el líquido ejerza una presión igual a esta:

$$p = d \cdot g \cdot h \rightarrow$$

$$\rightarrow h = \frac{d \cdot g}{p} = \frac{1030 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ N/kg}}{28\,000 \text{ Pa}} = 0,36 \text{ m} = 36 \text{ cm}$$

34.



¿Qué altura debe tener una columna de alcohol para que ejerza la misma presión que otra de mercurio de 25 cm de altura?

Datos: $d_{\text{alcohol}} = 810 \text{ kg/m}^3$; $d_{\text{Hg}} = 13\,600 \text{ kg/m}^3$.

$$p_{\text{Hg}} = p_{\text{alcohol}} \rightarrow$$

$$\rightarrow d_{\text{mercurio}} \cdot g \cdot h_{\text{mercurio}} = d_{\text{alcohol}} \cdot g \cdot h_{\text{alcohol}} \rightarrow$$

$$\rightarrow h_{\text{alcohol}} = \frac{d_{\text{mercurio}}}{d_{\text{alcohol}}} \cdot h_{\text{mercurio}} = \frac{13\,600 \text{ kg/m}^3}{810 \text{ kg/m}^3} \cdot 0,25 \text{ m} = 4,20 \text{ m}$$

35.



En un tubo en forma de U con las dos ramas abiertas se echa agua por una de las ramas. A continuación se añade aceite por la otra rama.

a) ¿Alcanza el agua la misma altura en las dos ramas?

b) ¿Alcanzan la misma altura el agua y el aceite?

c) Si la altura de la columna de aceite es de 10 cm, ¿cuál será la altura que alcanza el agua?

Datos: $d_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$; $d_{\text{aceite}} = 800 \text{ kg/m}^3$.

Fuerzas y presiones en fluidos

- Si en dos vasos comunicantes se introducen dos líquidos inmiscibles, como agua y aceite, el agua alcanza una altura diferente en cada vaso.
- El nivel del aceite es diferente al nivel del agua; alcanza una altura superior el líquido que tenga menor densidad.
- En la línea que marca la separación entre el agua y el aceite se cumple que:

$$\begin{aligned} p_{\text{aceite}} &= p_{\text{agua}} \rightarrow \\ \rightarrow d_{\text{aceite}} \cdot g \cdot h_{\text{aceite}} &= d_{\text{agua}} \cdot g \cdot h_{\text{agua}} \rightarrow \\ \rightarrow h_{\text{agua}} &= \frac{d_{\text{aceite}}}{d_{\text{agua}}} \cdot h_{\text{aceite}} = \frac{800 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} \cdot 0,1 \text{ m} = 0,08 \text{ m} = 8 \text{ cm} \end{aligned}$$

- 36.** ● **Calcula la presión que soporta la base de un depósito cuando contiene los siguientes fluidos:**

La presión se obtiene aplicando la ecuación:

$$p = d_{\text{líquido}} \cdot g \cdot h$$

Fluido	Altura (m)	Densidad (kg/m^3)	Presión (Pa)
Mercurio	5	13 600	666 400
Agua	50	1000	490 000
Aire	50	1,3	637
Hidrógeno	500	0,07	343

- 37.** ● **Indica cuál es la afirmación correcta sobre la variación de la presión atmosférica:**

- No depende de la altura.
- Disminuye con la altura.
- Aumenta con la altura.
- Se anula a nivel del mar.

a) Incorrecta.

c) Incorrecta.

b) Correcta.

d) Incorrecta.

- 38.** ● **El pico del Teide es el punto más alto de nuestro país, a 3718 m sobre el nivel del mar. Suponiendo que la densidad del aire permaneciese constante durante toda la ascensión, ¿qué valor marcaría nuestro barómetro al llegar a la cima? Exprésalo en Pa, atm y mbar.**
- Dato: $d_{\text{aire}} = 1,19 \text{ kg/m}^3$.

Calculamos la diferencia de presiones usando la densidad del aire:

$$\begin{aligned} p_{\text{mar}} - p_{\text{Teide}} &= d \cdot g \cdot h_{\text{Teide}} \rightarrow p_{\text{Teide}} = p_{\text{mar}} - d \cdot g \cdot h_{\text{Teide}} = \\ &= 101\,325 \text{ Pa} - 1,19 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ N/kg} \cdot 3718 \text{ m} = 57\,921,44 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Expresada en atmósferas:

$$57\,921,44 \text{ Pa} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{101\,325 \text{ Pa}} = 0,57 \text{ atm}$$

Expresada en mbar:

$$57\,921,44 \text{ Pa} \cdot \frac{1 \text{ bar}}{100\,000 \text{ Pa}} = 0,58 \text{ bar}$$

39. Una prensa elevadora de coches está formada por un pistón pequeño de 100 cm^2 y otro grande de 10 m^2 . Para elevar un coche de dos toneladas:

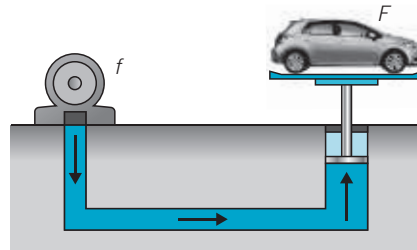
- a) ¿Qué fuerza habrá que aplicar?
 b) ¿En qué pistón habrá que ejercer la fuerza?
 c) ¿Qué presión se ejerce sobre el pistón grande? ¿Y sobre el pequeño?
 Elabora un esquema sencillo para apoyar tu respuesta.

a) De acuerdo con el principio de Pascal, la presión ejercida por un fluido se transmite por igual a todos sus puntos:

$$\begin{aligned} p_1 &= p_2 \rightarrow \frac{f_1}{s_1} = \frac{F_2}{S_2} \rightarrow \\ \rightarrow \frac{f_1}{10^{-2} \text{ m}^2} &= \frac{2000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{10 \text{ m}^2} \rightarrow \\ \rightarrow f_1 &= 2000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \frac{10^{-2} \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2} = 19,6 \text{ N} \end{aligned}$$

b) La presión debe ejercerse en el émbolo de sección menor.

c) La presión que se ejerce sobre el émbolo pequeño se transmite por igual hasta el émbolo grande.



$$p = \frac{f}{s} = \frac{F}{S} = \frac{2000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{10 \text{ m}^2} = 1960 \text{ Pa}$$

40. Completa los datos de presión, fuerzas y superficies para las diferentes prensas.

Prensa	1.º émbolo S (m ²)	2.º émbolo s (m ²)	1.º émbolo F (N)	2.º émbolo f (N)	1.º émbolo p (Pa)	2.º émbolo p (Pa)
A	10	1	50	5	5	5
B	10	1	500	50	50	50
C	4	0,5	400	50	100	100
D	2	0,4	10	10	25	25

4

Fuerzas y presiones en fluidos

41. ● Dibuja en tu cuaderno el esquema del freno hidráulico de un coche. Identifica cada cilindro con una letra: A, B, C, D. Explica cómo se desplazan los pistones de cada uno cuando se pisa el pedal del freno y qué es lo que hace que el coche frene.

La presión ejercida por el pie sobre el pedal de freno se transmite a través de todo el líquido de frenos a los pistones, los cuales actúan sobre las zapatas o discos de frenado, que presionan sobre la parte interior del tambor de las ruedas reduciendo su velocidad por rozamiento. (Ver dibujo en el libro del alumno.)

- Cilindro del pedal (A): recibe la presión del pedal.
- Cilindro de las zapatas (B): transmite la presión a las zapatas.

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

- En el agua de una piscina ($d_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$).
- En el agua del mar ($d_{\text{agua mar}} = 1020 \text{ kg/m}^3$).
- En un recipiente con aceite ($d_{\text{aceite}} = 800 \text{ kg/m}^3$).

El volumen de la canica en el Sistema Internacional es de $5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$.

- $E = V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{agua}} \cdot g = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 0,049 \text{ N}$
- $E = V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{agua mar}} \cdot g = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot 1020 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 0,050 \text{ N}$
- $E = V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{aceite}} \cdot g = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot 800 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 0,039 \text{ N}$

43. ●● Calcula y ordena de mayor a menor el empuje que experimentan las pelotas sumergidas en cada uno de los líquidos:

Pelotas	Volumen cuerpo (cm^3)	Densidad líquido (kg/m^3)	Empuje (N)
Tenis	60	1000	4.º
Playa	3500	800	1.º
Baloncesto	2500	1000	2.º
Canica	5	13 500	3.º

44. ●● Un fragmento de un mineral pesa $35,5 \text{ N}$ en el aire, $26,1 \text{ N}$ cuando está sumergido en agua y $27,4 \text{ N}$ cuando lo sumergimos en un líquido desconocido. Calcula:

- El volumen del mineral.
- Su densidad.
- La densidad del líquido desconocido.

Dato: $d_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$.

- a) La pérdida de peso se debe al empuje del líquido:
 $35,5 \text{ N} - 26,1 \text{ N} = 9,4 \text{ N}$. Esta pérdida de peso coincide con el peso del volumen de líquido desalojado; es decir, con el producto del volumen del objeto por la densidad del líquido.

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

$$\rightarrow V = \frac{E}{d_{\text{liq. desalojado}} \cdot g} = \frac{9,4 \text{ N}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ N/kg}} =$$

$$= 9,582 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 958,2 \text{ cm}^3$$

- b) La densidad se calcula a partir del volumen y la masa:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{\left(\frac{P}{g}\right)}{V} = \frac{\frac{35,5 \text{ N}}{9,81 \text{ N/kg}}}{9,582 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3} = 3776,6 \text{ kg/m}^3$$

- c) La densidad del líquido se calcula sabiendo cuánto peso «pierde» el mineral al sumergirlo en él:

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

$$d' = \frac{35,5 \text{ N} - 27,4 \text{ N}}{9,582 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 861,7 \text{ kg/m}^3$$

45. Indica verdadero o falso.

- a) El empuje depende de la masa del cuerpo sumergido.
 - b) El empuje depende del volumen del líquido donde se sumergen los cuerpos.
 - c) El empuje depende del volumen del cuerpo sumergido.
 - d) El empuje depende de la profundidad.
- a) Falso. b) Falso. c) Verdadero. d) Falso.

46. Completa la tabla y calcula el empuje y el peso aparente de cada cuerpo sumergido en el agua.

	Hierro	Aluminio	Madera (pino)
Densidad (kg/m ³)	7870	2700	700
Masa (kg)	1	1	5
Volumen (m ³)	1	1	1
Peso real (N)	9,8	9,8	49
Empuje (N)	1,24	3,63	69,98
Peso aparente (N)	8,56	6,17	0 (flota)

4

Fuerzas y presiones en fluidos

47. ●● Completa la tabla y calcula el peso aparente de cada cuerpo en el aire.
 $d_{\text{aire}} = 1,3 \text{ kg/m}^3$.

El empuje que experimentan en el aire es tan pequeño que la diferencia entre el peso real y el aparente es despreciable.

Cuerpo	Densidad (kg/m ³)	Masa (kg)	Volumen (m ³)	Peso real (N)	Empuje (N)	Peso aparente (N)
Cobre	8930	1	$1,1 \cdot 10^{-4}$	9,8	0,0014	9,7986
Platino	21 500	1	$4,7 \cdot 10^{-5}$	9,8	0,0006	9,7994
Madera (roble)	900	5	$5,6 \cdot 10^{-3}$	49	0,0713	48,9286

48. ●● Un objeto pesa 150 N en el aire, 100 N en el agua y 125 N en otro líquido.

- a) Calcula la densidad del objeto.
 b) ¿Cuál será la densidad del otro líquido?

- a) El empuje que experimenta es la diferencia entre el peso en el aire y el peso en el agua:

$$E = 150 \text{ N} - 100 \text{ N} = 50 \text{ N}$$

Obtenemos el volumen del objeto a partir del empuje:

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

$$\rightarrow V = \frac{E}{d \cdot g} = \frac{50 \text{ N}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 5,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

El peso del cuerpo es igual al producto de la masa por la gravedad, lo que nos permite obtener la masa del cuerpo:

$$P = 150 \text{ N} = m \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \rightarrow m = \frac{150 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 15,3 \text{ kg}$$

Con los resultados de la masa y el volumen obtenemos la densidad del objeto:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{15,3 \text{ kg}}{5,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = 3000 \text{ kg/m}^3$$

- b) En este caso, el empuje es diferente:

$$E = 150 \text{ N} - 125 \text{ N} = 25 \text{ N}$$

Al ser el empuje menor que en el caso del agua, el líquido desconocido debe ser menos denso que el agua.

La densidad se obtiene a partir del empuje:

$$E = V_{\text{objeto}} \cdot d_{\text{líquido}} \cdot g \rightarrow$$

$$\rightarrow d_{\text{líquido}} = \frac{E}{V \cdot g} = \frac{25 \text{ N}}{5,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 500 \text{ kg/m}^3$$

49. ● **Completa la tabla de densidades e indica en qué casos los cuerpos flotarán sobre el agua.**

Sólido	Masa (kg)	Volumen (m ³)	Densidad	¿Flotará?
A	450	0,5	900	Sí
B	700	0,1	7000	No
C	1000	2	500	Sí

50. ● **Comenta la veracidad de cada frase referida a cuerpos sumergidos en el agua:**

- a) Si el peso del cuerpo es muy pequeño, siempre flota en agua.
 b) Si el peso de un cuerpo es menor que el empuje, el cuerpo se hunde.
 c) Si el peso es igual al empuje, el cuerpo permanece en equilibrio.
 d) Si el peso es mayor que el empuje, el cuerpo sube y flota en la superficie.

- a) Incorrecta. La flotación no depende únicamente del peso; hay que tener en cuenta el empuje que experimenta.
 b) Incorrecto. La fuerza resultante actúa hacia arriba.
 c) Correcto. La fuerza resultante es nula y el cuerpo permanece en equilibrio.
 d) Incorrecto. El cuerpo se hunde al ser mayor el peso que el empuje.

51. ●● **Colocas un barquito hecho de papel de aluminio sobre el agua y, a continuación, haces una bolita con el mismo papel de aluminio y lo dejas sobre el agua.**

- a) ¿Se hundirá el barquito de aluminio?
 b) ¿Qué le sucederá a la bolita de aluminio? Razona la respuesta.
 c) ¿Qué pesa más: el barquito o la bolita de aluminio?
- a) La densidad del aluminio es mayor que la del agua, pero si hacemos un barquito de aluminio de manera que el empuje que experimenta sobre el agua es mayor que la del peso, entonces el barquito flotará.
 b) Al hacer una bolita, el volumen disminuye y no es suficiente para conseguir un empuje que equilibre al peso.
 c) El peso es el mismo en ambos casos; solo cambia la forma, que no influye en el peso.

4

Fuerzas y presiones en fluidos

52.
●●●

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

- a) ¿Realmente pesa lo mismo en el aire un kilogramo de paja que un kilogramo de plomo?
- b) ¿Cómo podrías demostrarlo?
 - a) Según el principio de Arquímedes, todo cuerpo sumergido en un fluido (el aire es un fluido) experimenta un empuje vertical y hacia arriba. Como la paja ocupa mayor volumen que el plomo, esta experimentará un mayor empuje en el aire y, por tanto, su peso no será el mismo que el del plomo, sino algo menor.
 - b) Se puede demostrar pesando ambos cuerpos con una balanza muy sensible que esté situada en el interior de una campana de vidrio a la que se ha extraído el aire y en la que se ha hecho el vacío.

53.
●●

Una pelota de golf se hunde en agua ($d = 1000 \text{ kg/m}^3$), pero flota en agua con sal ($d = 1020 \text{ kg/m}^3$).

- a) ¿Por qué se hunde en el agua?
- b) ¿Qué puedes deducir sobre la densidad de la pelota?
- c) ¿Qué sucederá si la sumergimos en aceite? ($d = 900 \text{ kg/m}^3$).
 - a) Si la pelota de golf se hunde en agua, es que tiene una densidad mayor que 1000 kg/m^3 .
 - b) Si flota en agua con sal, es que tiene una densidad menor que 1020 kg/m^3 . La conclusión es que la densidad de la pelota es mayor que 1000 kg/m^3 y menor que 1020 kg/m^3 .
 - c) Al sumergir la pelota de golf en aceite, de densidad 900 kg/m^3 , la pelota se hundirá, ya que la densidad de la pelota ($1000 \text{ kg/m}^3 < d < 1020 \text{ kg/m}^3$) es mayor que la del aceite.

54.
●●●

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) ¿Por qué no pueden subir muchos pasajeros en cada viaje?
- c) Cuando quieren descender, ¿cómo lo hacen?
- d) ¿Por qué comienzan el ascenso sin llenar totalmente el globo de aire caliente?
- e) ¿Por qué razón pueden saltar los tapones de las botellas al ascender?

- a) Al calentar el aire, este se dilata, disminuye su densidad, asciende y llena el globo.
- b) El empuje que experimenta la cesta para contrarrestar el peso de los pasajeros está limitado por el volumen del globo. Además, no pueden sobrepasar una determinada altura, ya que el ascenso progresivo del globo tiene lugar hasta que el empuje que experimenta verticalmente y hacia arriba sea igual al peso total.
- c) Para descender dejan de calentar el aire; al enfriarse ocupa menos volumen, el empuje es menor y, como consecuencia, desciende el globo.
- d) Al ascender el globo, la presión atmosférica es menor, lo que favorece la expansión del aire contenido en el globo. Por esta razón, los globos comienzan el ascenso sin completar de aire su interior, con el fin de que vaya hinchándose poco a poco a lo largo del ascenso. Si el globo se llenara completamente al iniciar el ascenso, por expandirse el aire contenido en el interior, podría estallar al llegar a zonas de baja presión.
- e) Al ascender, la presión atmosférica disminuye y pueden saltar los tapones de las botellas cerradas debido a la expansión del aire que queda entre el nivel del líquido en la botella y el tapón.

55. Completa el siguiente texto.



El calado de un barco es el peso del agua desalojada por la parte sumergida del barco y se indica por la línea de flotación.

Según el principio de Arquímedes, el barco recibe un empuje hacia _____ exactamente igual a su _____. Cuando el barco flota, la fuerza de su peso debe ser del mismo _____, de la misma _____ y de sentido opuesto al _____.

«Según el principio de Arquímedes, el barco recibe un empuje hacia **arriba** exactamente igual a su **peso**. Cuando el barco flota, la fuerza de su peso debe ser del mismo **módulo**, de la misma **dirección** y de sentido opuesto al **peso**.»

56. En Groenlandia es fácil ver icebergs. Son islas de hielo que pueden causar graves problemas a la navegación, ya que solo sobresale por encima del nivel del agua una octava parte del volumen total del bloque de hielo. Teniendo en cuenta que la densidad del hielo es $0,9 \text{ g/cm}^3$, calcula cuál es el valor de la densidad del agua en Groenlandia.



Ahora:

$$\begin{aligned} \text{Peso} &= \text{Empuje} \rightarrow \\ \rightarrow V_{\text{iceberg}} \cdot d_{\text{hielo}} \cdot g &= V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{agua}} \cdot g \rightarrow \\ \rightarrow V_{\text{iceberg}} \cdot d_{\text{hielo}} &= V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{agua}} \end{aligned}$$

4

Fuerzas y presiones en fluidos

Despejando la densidad del agua:

$$d_{\text{agua}} = \frac{V_{\text{iceberg}}}{V_{\text{sumergido}}} \cdot d_{\text{hielo}}$$

Si la parte que sobresale es un octavo del volumen del iceberg, la parte sumergida será de 7/8 del volumen total:

$$\frac{V_{\text{iceberg}}}{V_{\text{sumergido}}} = \frac{1}{7/8} = \frac{8}{7}$$

$$d_{\text{agua}} = \frac{8}{7} \cdot 900 \text{ kg/m}^3 = 1028,6 \text{ kg/m}^3$$

57.
●●●

Cuando se introduce un cilindro de corcho blanco de 2 cm de radio y 5 cm de alto en un líquido de densidad $1,2 \text{ g/cm}^3$, se observa que solo se sumerge hasta una altura de 3 cm. Calcula:

- La fuerza de empuje.
- La densidad del corcho blanco.
- Si atamos el corcho al fondo del recipiente por medio de una cuerda, ¿qué fuerza tendrá que hacer para que el corcho quede completamente sumergido?
- ¿Cuál debería ser la densidad del líquido en el que se introduce el corcho para que quede completamente sumergido sin que se caiga al fondo?

a) El empuje que experimenta el cilindro coincide con el peso del líquido desalojado debido a la parte del cilindro que se encuentra bajo el agua, que tiene un volumen de:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot L = \pi \cdot (2 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2 \cdot 3 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Sustituyendo en la expresión del empuje:

$$E = V_{\text{líquido}} \cdot d_{\text{líquido}} \cdot g = 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot 1200 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 0,44 \text{ N}$$

b) Al flotar sobre el agua, el peso debe ser igual al empuje:

$$P = E \rightarrow V_{\text{cilindro}} \cdot d_{\text{corcho}} \cdot g = V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{líquido}} \cdot g \rightarrow$$

$$\rightarrow V_{\text{cilindro}} \cdot d_{\text{corcho}} = V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{líquido}} \rightarrow$$

$$\rightarrow d_{\text{corcho}} = \frac{V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{líquido}}}{V_{\text{cilindro}}} \rightarrow$$

$$\rightarrow d_{\text{corcho}} = \frac{3,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot 1200 \text{ kg/m}^3}{6,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3} = 723,8 \text{ kg/m}^3$$

c) Cuando queda sumergido el empuje es:

$$\begin{aligned} E &= V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{líquido}} \cdot g = (\pi \cdot r^2 \cdot h) \cdot d_{\text{líquido}} \cdot g = \\ &= (3,14 \cdot 0,02^2 \text{ m}^2 \cdot 0,05 \text{ m}) \cdot 1200 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ N/kg} \rightarrow \\ &\rightarrow E = 0,74 \text{ N} \end{aligned}$$

El peso del corcho es:

$$\begin{aligned}
 P &= m \cdot g = d_{\text{corcho}} \cdot V \cdot g = \\
 &= 723,8 \text{ kg/m}^3 \cdot (3,14 \cdot 0,02^2 \text{ m}^2 \cdot 0,05 \text{ m}) \cdot 9,81 \text{ N/kg} \rightarrow \\
 &\rightarrow P = 0,446 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Por tanto, la fuerza que ejerce la cuerda es:

$$F = E - P = 0,74 \text{ N} - 0,446 \text{ N} = 0,294 \text{ N}$$

- d) Para que quede sumergido el empuje debe ser igual al peso. Esto ocurre cuando la densidad del líquido es igual a la del objeto sumergido. En este caso, $723,8 \text{ kg/m}^3$.

RINCÓN DE LA LECTURA

1. Resume el primer texto en una línea.



Una deportista ha conseguido bajar a pulmón libre hasta una profundidad de 122 m.

2. Resume conjuntamente los otros dos textos en uno cuya extensión sea de dos líneas.



Respuesta modelo: existen seres vivos que viven en el mar a gran profundidad, soportando elevadas presiones.

3. Calcula la presión que sientes cuando descienes al fondo de una piscina de cuatro metros de profundidad. Halla también la presión que debió aguantar la deportista británica en cada uno de sus tres récords. Compáralas con las que soportan los foraminíferos en la fosa abisal.



La presión es:

$$p = d \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 4 \text{ m} = 39\,200 \text{ Pa}$$

Para el caso de la deportista:

$$p = d \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 122 \text{ m} = 1\,195\,600 \text{ Pa}$$

Los foraminíferos soportan una presión mucho mayor.

4. En uno de los textos se habla de tres modalidades de inmersión. Explica en qué consiste cada una de ellas.



- 1.^a: Modalidad variable: el deportista puede bajar con lastre. Se permite el descenso con un peso diferente del de ascenso.
- 2.^a: Modalidad constante sin aletas: el deportista debe bajar y subir con el mismo lastre.
- 3.^a: Modalidad constante con aletas: el deportista debe bajar y subir con el mismo lastre.