

# FUERZAS Y PRESIONES EN LÍQUIDOS Y GASES

## EXPLORA TUS IDEAS:

- ¿Cuál crees que es la causa de que, al succionar el refresco con una pajita, éste suba y llegue a la boca?
  - El peso del aire que empuja sobre la superficie libre del líquido.
  - El vacío creado en la pajita, que aspira el líquido.
  - Se crea un vacío en la boca, y el líquido debe llenar ese vacío.
- ¿Por qué crees que los esquiadores no se hunden en la nieve?
  - Porque son poco pesados.
  - Porque la nieve se endurece bajo ellos.
  - Porque están situados sobre los esquís.
- Si se introduce una pesa en un recipiente con agua:
  - Un dinamómetro indicará más peso por el rozamiento con el agua.
  - Un dinamómetro indicará más peso porque la pesa no flota.
  - El dinamómetro indicará menos peso.
- Si llenamos un vaso completamente de agua, lo tapamos con una cartulina y lo invertimos rápidamente, el agua no se cae porque:
  - La presión del aire empuja la cartulina contra el vaso.
  - El agua succiona la cartulina en esa posición.
  - El vaso impide que el agua caiga.

## 1. LA DENSIDAD DE LOS CUERPOS

La relación entre la masa de un objeto y su volumen se llama *densidad*:

$$d = \frac{m}{V}$$

En el S.I. la densidad se mide  $\text{kg/m}^3$ . También es muy usada  $\text{g/cm}^3$ .

**Ejercicio 1.** Expresar en unidades del S.I las densidades de: hierro, alcohol, aire.

**Ejercicio 2.** Calcula el volumen de un bloque de aluminio de 8100 kg de masa.

**Ejercicio 3.** ¿Cuál es la masa de un objeto si posee un volumen de  $25 \text{ cm}^3$  y una densidad de  $250 \text{ kg/m}^3$

DENSIDAD DE ALGUNAS SUSTANCIAS ( $\text{g/cm}^3$ )					
SÓLIDOS (20°C)		LÍQUIDOS (20 °C)		GASES (0°C, 1 atm)	
Osmio	22,5	Mercurio	13,6	Cloro	0,00317
Iridio	22,4	Glicerina	1,6	Oxígeno	0,00143
Platino	21,5	Agua	1,0	CO <sub>2</sub>	0,00196
Oro	19,3	Aceite	0,92	Aire	0,00129
Plomo	11,3	Benceno	0,9	Nitrógeno	0,00125
Cobre	8,9	Alcohol	0,8	Helio	0,00018
Hierro	7,9			Hidrógeno	0,00009
Aluminio	2,7				
Vidrio	2,6				
Magnesio	1,7				
Madera	0,4 -0,6				

## 2. EL EFECTO DEFORMADOR DE LAS FUERZAS: LA PRESIÓN.

¿Por qué es fácil introducir la punta de un alfiler en un corcho y no es tan fácil introducir su cabeza?

Las fuerzas pueden producir transformaciones en los objetos sobre los que se aplican. Estas deformaciones no dependen sólo de la fuerza.

En el ejemplo de la cuestión anterior, vemos que en el efecto que produce la fuerza influye un factor importante: la superficie (el área) sobre la que actúa dicha fuerza. Si la fuerza está aplicada sobre una superficie

pequeña (está muy concentrada) producirá un mayor efecto que si está más repartida por una superficie mayor. Para tener una idea de este efecto definimos una magnitud física: la presión.

La presión se define como la fuerza ejercida por unidad de superficie y evalúa el efecto deformador de la fuerza.

$$P = \frac{F}{S}$$

En el S.I. , la presión se mide en  $\text{N/m}^2$ , unidad que recibe el nombre de Pascal (Pa). Como el Pascal es una unidad muy pequeña se utiliza con frecuencia el kilopascal  $\text{kPa} = 1000 \text{ Pa}$ .

Otras unidades de presión:

- atmósfera (atm)  $1 \text{ atm} = 101.300 \text{ Pa} = 760 \text{ mm Hg}$
- milímetro de mercurio (mmHg)  $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$
- bar =  $10^5 \text{ Pa}$   $1 \text{ atm} = 1,013 \text{ bar}$  (en meteorología se usa el milibar ,mbar,  $1 \text{ atm} = 1013 \text{ mbar}$ )
- kilopondio por  $\text{cm}^2$   $1 \text{ kp/cm}^2 = 98000 \text{ Pa}$

**Ejercicio 4 .** Un ladrillo de forma ortoédrica tiene una masa de 2 kg. Si las dimensiones del ladrillo son 5 x 10 x 20 cm, calcula la presión que ejerce sobre el suelo cuando se apoya sucesivamente sobre sus distintas caras.

**Ejercicio 5 .** a) Ingéniate las para determinar la presión que ejerces sobre el suelo cuando descansas sobre tus dos pies. Efectúa las medidas y los cálculos que estimes necesarios.

b) ¿Qué presión ejercerías si estuvieras sobre unos esquís de 2m x 10cm cada uno?

### 3. PRESIONES EN EL INTERIOR DE LOS LÍQUIDOS.

*“Vivimos en el fondo de un mar de aire” (Pascal)*

Los fluidos (líquidos y gases) ejercen fuerzas sobre los objetos sumergidos en ellos y sobre las paredes de los recipientes. Estas fuerzas presentan las siguientes características:

- a) La fuerza ejercida por el fluido agua aumenta con la profundidad.
- b) Las fuerzas en el interior de los líquidos se ejercen en todas las direcciones y no dependen de la cantidad de líquido que hay en el recipiente.

La presión que ejerce un fluido se debe al choque de sus moléculas con las paredes del recipiente (o de cualquier objeto que tengamos sumergido en él). Como en el fluido las moléculas tienen libertad de movimiento, estos choques se producirán en todas direcciones. En un mismo punto del fluido, la presión que se ejerce hacia arriba es la misma que hacia abajo, o hacia los lados.

De lo que sí va a depender la presión es del tipo de fluido (de lo denso que sea) y de la profundidad a la que nos encontremos . Notamos ese efecto en los oídos al sumergirnos en una piscina (la presión aumenta), o también al subir a una montaña (la presión disminuye ya que tenemos menos atmósfera por encima).

Nos centraremos en este apartado en los líquidos.

**Ecuación fundamental de la hidrostática:** La presión que ejerce el líquido sobre un punto sólo depende de la densidad del líquido y de la profundidad, pero no del área del fondo sobre el que pesa el líquido.

$$P = d \cdot g \cdot h$$

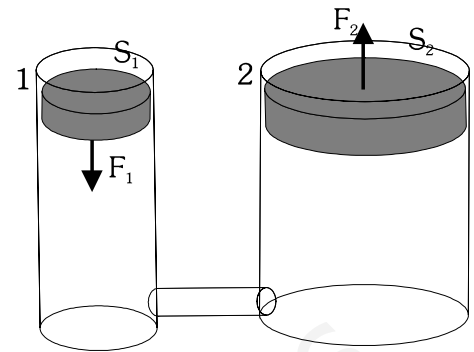
Donde  $d$ : densidad del líquido,  $g$ : gravedad ,  $h$ : profundidad desde la superficie libre del líquido.

A esta presión que ejerce el líquido habrá que sumar la presión atmosférica que exista sobre la superficie del líquido.  $P = P_{atm} + d \cdot g \cdot h$  . Normalmente esa presión atmosférica se toma como referencia.

**Principio de Pascal:** Cuando se aplica una presión en un punto de un líquido, ésta se transmite a todo el líquido con rapidez y prácticamente sin disminuir su intensidad en todas las direcciones.

La prensa hidráulica se fundamenta en este principio: Tenemos dos recipientes comunicados llenos de líquido, y tapados por sendos émbolos. En equilibrio, la presión en el fondo de ambos recipientes debe ser la misma. Al ejercer una fuerza sobre el primer émbolo, la presión añadida  $P_1 = \frac{F_1}{S_1}$ , se transmite, según el principio de Pascal, al resto del líquido, incluida la superficie del émbolo 2

$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \rightarrow F_2 = \frac{S_2 \cdot F_1}{S_1} \quad \text{Como lo superficie}$$



del émbolo 2 es mayor que la del 1, conseguimos ejercer una fuerza sobre 2 mayor que la que hemos hecho sobre 1. Así, ejerciendo poca fuerza, podemos multiplicarla con este dispositivo.

- Ejercicio 6.** a) Calcula la presión existente en el fondo de una piscina de 5 m de profundidad, llena de agua. ¿Qué fuerza se ejerce sobre cada  $\text{cm}^2$  de superficie?  
 b) ¿Qué presión se ejerce sobre un punto de la pared situado a 3 m del fondo de la piscina? ¿Qué fuerza ejercerá el agua sobre un azulejo de  $15 \times 15 \text{ cm}$  situado a esa altura? Considerar que la presión es constante en todo el azulejo.

**Ejercicio 7.** Se dispone de una prensa hidráulica cuyos émbolos tienen  $20 \text{ cm}^2$  y  $50 \text{ cm}^2$  de superficie. ¿Qué fuerza es necesario ejercer para levantar una masa de 30 kg en el émbolo grande?

#### 4. PRESIONES EN EL INTERIOR DE LOS GASES.

*¿Pero es cierto que el aire pesa? Si vivimos en un mar de aire, ¿cómo no sentimos ningún peso especial sobre nosotros?*

Ya sabes que el aire pesa y ejerce, por tanto, una presión sobre los cuerpos que se encuentran en su seno. Nosotros soportamos sobre nuestro cuerpo la presión que proporciona el peso de la columna de aire que tenemos encima. Esa presión es la presión atmosférica.

A nivel del mar, la presión atmosférica es de aproximadamente 1 atm (1013 mbar), aunque varía, dependiendo de la temperatura, humedad... (puedes observar en el mapa del tiempo de los informativos de la televisión, las líneas isóbaras nos indican la presión).

Conforme ascendemos (al subir una montaña, por ejemplo) la presión atmosférica va disminuyendo, debido a que cada vez la columna de aire que pesa sobre nosotros es más pequeña. A 5000 m de altura, la  $P_{\text{atm}}$  se ha reducido a la mitad del valor a nivel del mar.

**Ejercicio 8.** Explica, hablando de presión, cómo es posible que podamos sorber un refresco usando una cañita.

**Ejercicio 9.** Explica el funcionamiento de una ventosa, usando conceptos de presión.

**Ejercicio 10.** Supongamos que tenemos un globo hinchado dentro de un recipiente herméticamente cerrado. ¿Qué ocurriría si extrayéramos parte del aire del interior del recipiente? Razonar.

## 5. EL TEOREMA DE ARQUÍMEDES.

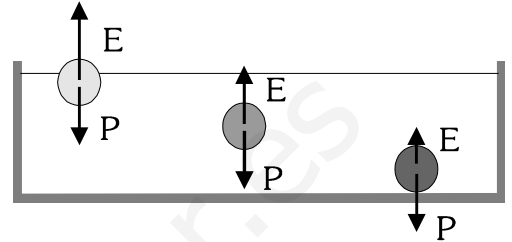
Si intentamos sumergir un balón en un recipiente con agua, ¿qué impresión tenemos?

Cuando un objeto se sumerge en el agua se comprueba mediante un dinamómetro que su peso en el interior del líquido (peso aparente) es menor que su peso (P) en el exterior. Estos hechos son debidos a la existencia de una fuerza llamada empuje (E), de sentido contrario al peso, que actúa sobre los cuerpos sumergidos:

$$P_{\text{aparente}} = P - E$$

La relación entre el peso y el empuje determina el comportamiento de un objeto en un fluido:

- Si  $E > P$ , el cuerpo flota.
- Si  $E < P$ , el cuerpo se hunde.
- Si  $E = P$ , el cuerpo queda en equilibrio.



El empuje se calcula de acuerdo con el Teorema de Arquímedes: “*Todo cuerpo sumergido en un fluido de densidad  $d$  (líquido o gas) experimenta una fuerza vertical hacia arriba llamada empuje (E), que coincide con el peso del volumen de fluido igual al volumen (V) de la parte de cuerpo sumergido*”

$$E = V_{\text{sum}} \cdot d_{\text{fluido}} \cdot g$$

**Ejercicio .** Calcula el empuje que experimenta un cuerpo de  $1,5 \text{ dm}^3$  de volumen al sumergirlo en alcohol, cuya densidad es  $0,79 \text{ g / cm}^3$ .

**Ejercicio 11.** Calcula el peso aparente, en el agua, de un ladrillo de  $0,6 \text{ dm}^3$  de volumen sabiendo que su peso es  $15 \text{ N}$ .

**Ejercicio 12 .** Tenemos una bola de aluminio de  $2 \text{ cm}$  de radio. Calcular su peso aparente al sumergirla en:

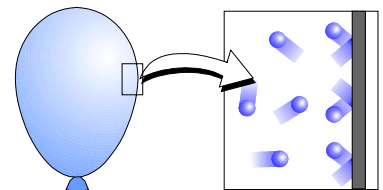
- a) agua      b) aceite      c) mercurio      (volumen de la esfera:  $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$ )

**Ejercicio 13.** Sumergimos un cuerpo de hierro de  $10 \text{ cm}^3$  en un líquido desconocido. Medimos que su peso aparente es  $6,3 \text{ N}$ . ¿Cuál es la densidad del líquido?

## 6. LOS GASES Y SUS LEYES.

El modelo cinético de los gases supone que sus partículas se encuentran muy separadas entre sí y en constante movimiento, produciéndose continuos choques con las paredes del recipiente en el que están contenidas. De acuerdo con ello, los gases:

- a) Se comprimen.
- b) Se expanden.
- c) Ejercen presión sobre las paredes.



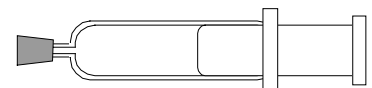
En un determinada cantidad de gas, la presión, el volumen y la temperatura se encuentran relacionados:

a) Ley de Boyle: temperatura constante, el volumen de un gas es inversamente proporcional a su presión:

$$P \cdot V = \text{cte} \Rightarrow P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

Al aumentar, la presión, el volumen disminuye y viceversa.

Esto es lo que ocurre, por ejemplo, si tenemos una jeringa con aire en su interior y tapamos el orificio. Al aumentar la presión empujando el émbolo, el volumen de gas disminuye.



---

b) Leyes de Charles y Gay-Lussac:

- A presión constante, el volumen de un gas es directamente proporcional a su temperatura.

$$\frac{V}{T} = cte \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Es decir, al aumentar (o disminuir) la temperatura, el volumen lo hará en la misma proporción. Es lo que ocurre, por ejemplo, con un globo poco hinchado que dejamos al sol. Al calentarse, su volumen aumenta.

- A volumen constante, la presión de un gas es directamente proporcional a su temperatura.

$$\frac{P}{T} = cte \Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Al aumentar (o disminuir) la temperatura, la presión lo hace en la misma proporción. Es el caso de una olla exprés.

Estas tres relaciones pueden resumirse en una sola, teniendo en cuenta que pueden variar las tres magnitudes simultáneamente.

$$\frac{P \cdot V}{T} = cte \Rightarrow \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

**Ecuación de los gases ideales:** En la última expresión hemos visto que en cualquier transformación que sufra cierta cantidad de gas, la expresión  $\frac{P \cdot V}{T}$  se mantiene constante, siempre que la cantidad de gas no cambie. De

hecho, la constante depende del número de moles de gas que tengamos ( $n$ ). Teniendo en cuenta esto, la expresión queda de la forma

$$\frac{P \cdot V}{T} = n \cdot R \Rightarrow P \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad \text{expresión conocida como ecuación de los gases ideales.}$$

R es una constante, llamada constante de Ríchter, cuyo valor es  $0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}} = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$

Las unidades de la constante R nos indica en qué unidades deben estar medidas P, V y T. La temperatura siempre debe estar expresada en K.

**Ejercicio 14.** Un recipiente rígido de 4 litros de volumen contiene gas 2 atm de presión y 0 °C de temperatura. Indica cuál será su presión si la temperatura pasa a ser 25 °C.

**Ejercicio 15.** Un gas ocupa 10 litros cuando se encuentra a 3 atm de presión. ¿A qué presión su volumen será el triple si no cambia la temperatura?

**Ejercicio 16.** Un gas está en un recipiente de volumen variable. Si ocupa 10 litros 0 °C, ¿qué volumen ocupará a 100 °C si no varía la presión?

**Ejercicio 17.** ¿Qué volumen ocuparán 3 moles de un gas a una presión de 800 mmHg y una temperatura de 30 °C?

## ACTIVIDADES:

---

- P.1.** Calcula la presión ejercida sobre el suelo por un objeto de 300 N de peso si su base de sustentación es de 20 dm<sup>2</sup>.
- P.2.** ¿Qué presión ejerce el agua en el fondo de un lago de 50 m de profundidad suponiendo que la densidad del agua es 1 g/cm<sup>3</sup>.
- P.3.** A una misma profundidad, ¿dónde es mayor la presión hidrostática, dentro del agua, del mercurio o de la gasolina?
- P.4.** Calcula la presión hidrostática que actúa sobre un submarino que se encuentra sumergido 200 m de profundidad. Calcula también la fuerza que actúa sobre una de las compuertas de 4,2 m<sup>2</sup> de superficie.
- P.5.** Tienes tres cuerpos iguales A, B y C de 5000 cm<sup>3</sup> cada uno. El A es de hierro ( $d = 7,9 \text{ g/cm}^3$ ), el B es de madera ( $d = 0,8 \text{ g/cm}^3$ ) y el de C es de corcho ( $d = 0,25 \text{ g/cm}^3$ ). Se sumergen los tres en agua. Explica lo que sucede en cada caso.
- Calcula el peso aparente de A.
  - Calcula el volumen de la parte sumergida de B.
  - Calcula el volumen de la parte sumergida de C.
- P.6.** Una mesa de 10 kg de masa se apoya sobre cuatro patas circulares de 3 cm de radio. Calcula la presión que ejerce cada pata sobre el suelo.
- P.7.** Calcula la presión hidrostática en un punto situado en el fondo de un tubo de mercurio de 50 cm de altura.
- P.8.**
- Un cuerpo de cobre de 200 cm<sup>3</sup> se sumerge en agua. ¿Cuál es su peso aparente?
  - Calcular el peso aparente del mismo cuerpo si se sumerge en aceite de  $d = 0,9 \text{ g/cm}^3$ .
  - ¿Qué ocurriría si se sumerge en mercurio? Razonar
- P.9.** Un cilindro de madera tiene 20 cm de altura y sumergido en agua se observa que emerge 5 cm. ¿Cuál es la densidad de la madera?
- P.10.** ¿Por qué las presas de los pantanos van siendo más gruesas medida que se descenden?
- P.11.** ¿Para qué sirven los esquíes, desde el punto de vista físico?
- P.12.** Un bloque de corcho 200 cm<sup>3</sup> se sumerge en agua sosteniéndolo con la mano.
- ¿Qué fuerza debe hacer la mano para evitar que ascienda?
  - Si se deja suelto, ¿qué volumen emergerá fuera del agua?