

HIDROSTÁTICA

PRESIONES Y FLUIDOS

www.fisicarihondo.jimdo.com

HIDROSTÁTICA: PRESIONES Y FLUIDOS

* PRESIÓN

- Concepto y Unidades

* PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

* PRESIÓN Y FUERZAS EN EL INTERIOR DE FLUIDOS

* PRINCIPIO DE PASCAL

* FUERZA DE EMPUJE EN FLUIDOS

- Principio de Arquímedes
- Flotación de los cuerpos

* ATMÓSFERA Y PRESIÓN ATMOSFÉRICA

- Cálculo de alturas por diferencia de presión
- Cálculo de la presión de un gas. Manómetro en U

PRESIÓN

PARA PENSAR:

* ¿QUÉ PREFIERES , UN PISOTÓN CON UN ZAPATO DE TACÓN O CON UN ZAPATO PLANO?

* ¿CUÁNDO SE HUNDE MÁS LA CAMA, CUANDO ESTÁS TUMBADO O SI ESTÁS DE PIÉ SOBRE EL COLCHÓN?

* ¿CÓMO CLAVARÍAS UN CLAVO, POR LA PUNTA O POR LA CABEZA?

* ¿CÓMO TE HUNDIRÍAS MÁS EN LA NIEVE, CON RAQUETAS DE NIEVE O CON SÓLO UNAS BOTAS?

* ¿CÓMO PODRÍAS FLOTAR SOBRE UN ESTANQUE, DE PIÉ O SOBRE UNA Balsa?

EN TODOS LOS CASOS ANTERIORES ¿QUÉ ENCUENTRAS EN COMÚN?

LAS FUERZAS PUEDEN PRODUCIR DEFORMACIONES EN LOS CUERPOS.

ESTAS DEFORMACIONES DEPENDEN DEL VALOR DE LA FUERZA, PERO TAMBIÉN DE LA SUPERFICIE SOBRE LA QUE SE APLICA DICHA FUERZA.



¿Por qué el resultado es tan distinto?

Fíjate en el ejemplo de andar sobre nieve



Si la fuerza ejercida la repartimos sobre una superficie más grande, cada punto de la superficie recibe una menor porción de la fuerza.

Para poder andar sobre la nieve utilizamos unas raquetas, pues reparten el peso de nuestro cuerpo sobre una superficie mayor que la suela de nuestra bota.



Con las botas únicamente, nos hundimos en la nieve, mientras que con las raquetas podemos andar cómodamente.

La magnitud que mide la deformación que produce una fuerza sobre un cuerpo se llama **PRESIÓN**.

PRESIÓN

Es el cociente entre la fuerza aplicada sobre una superficie y el valor de dicha superficie.

“Fuerza por unidad de superficie”

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

La unidad en el S.I. es el Pascal ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} / \text{m}^2$)

En meteorología se usa la unidad de presión llamada bar y un submúltiplo el milibar

$$(1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa})$$

El efecto de una fuerza no depende solo de la intensidad de la fuerza, sino que también depende de la superficie sobre la que se ejerce dicha fuerza.

UNIDADES DE PRESIÓN

La unidad de presión en el Sistema Internacional es el Pascal (Pa)

Otras unidades son las siguientes:

La atmósfera (atm)

$$1 \text{ atm} = 101\,300 \text{ Pa}$$

El milímetro de mercurio (mm Hg)

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg}$$

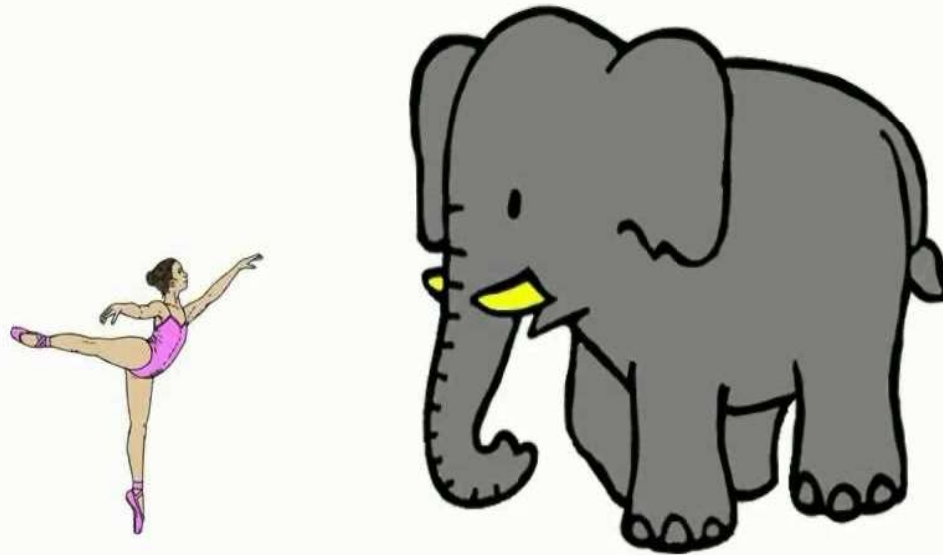
El bar (bar)

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

EJEMPLO:

Una bailarina y un joven elefante actúan en un circo para bailar. Tenemos que determinar quién ejerce más presión sobre el suelo. La bailarina está de puntilla y el elefante se apoya en dos de sus patas.

Datos: masa de la bailarina, 50 kg; masa del elefante, 3000 kg; superficie de apoyo de la bailarina, 3 cm²; superficie de apoyo del elefante, 0,1 m².



FLUIDOS

Los fluidos son las sustancias que permiten que sus partículas se puedan desplazar libremente unas sobre otras. Pueden ser líquidos o gases.



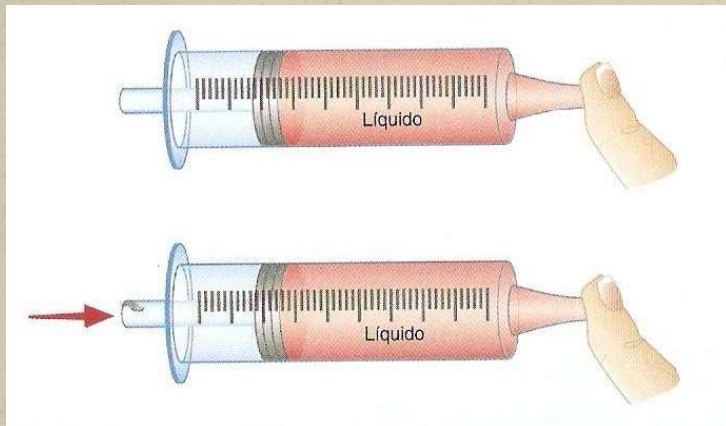
PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

LIQUIDOS:

- No tienen forma propia
- Tienen volumen constante
- No se pueden comprimir (son muy poco compresibles)
- Las partículas se mueven libremente en el interior del liquido sometidas a unas fuerzas que las mantienen unidas.

GASES:

- No tienen forma propia ni volumen constante (adoptan el volumen y la forma del recipiente que los contiene).
- Se pueden comprimir fácilmente.
- Sus partículas se mueven libremente.



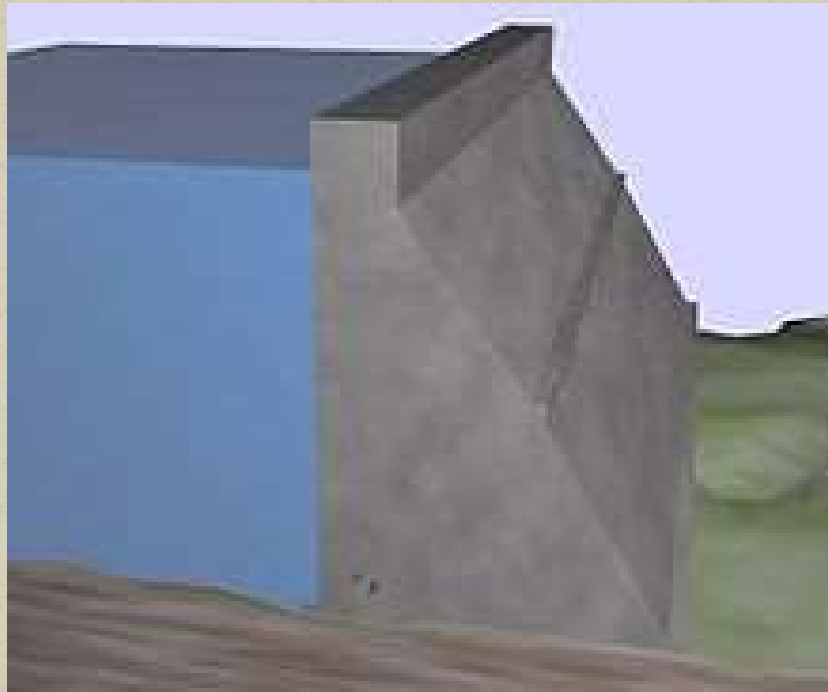
Líquido: al presionar el émbolo el volumen no varía



Gas: al presionar el émbolo el volumen varía

PRESION Y FUERZAS EN EL INTERIOR DE LOS LÍQUIDOS

¿Por qué motivo los muros de las presas de los pantanos tienen esta forma?



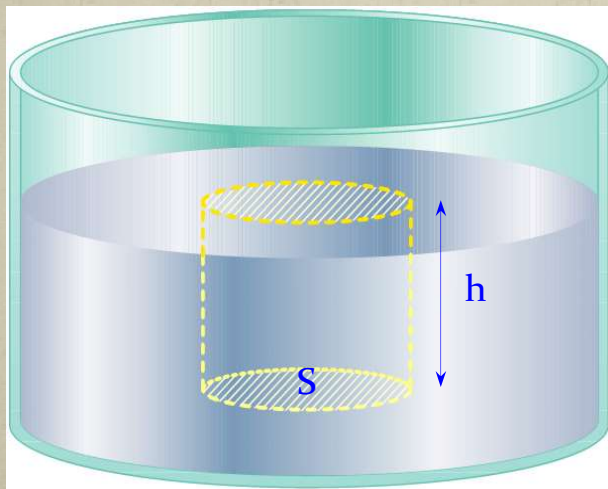
El muro en la parte inferior es más grueso que en la parte superior

PRESIÓN HIDROSTÁTICA

El recipiente que contiene un líquido soporta presión en todas sus superficies. Esta presión es debida a la fuerza del peso del propio líquido, y actúa sobre las partículas del líquido.

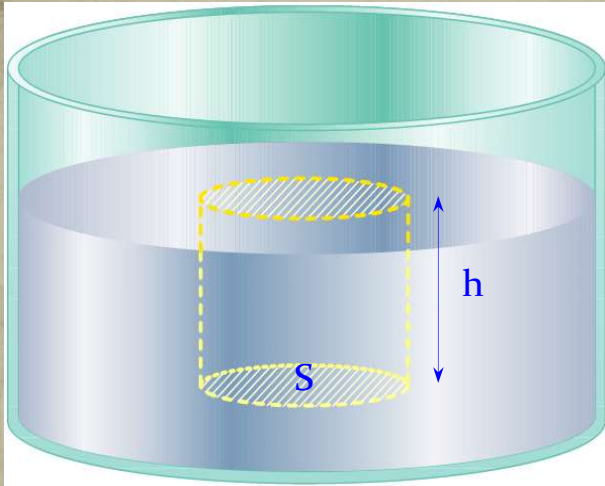
Por tanto en el interior del líquido tendremos una presión originada por su propio peso que se denomina presión hidrostática.

Esta presión en el interior de líquido depende únicamente de la profundidad y de la densidad del líquido, y no depende del volumen que tengamos.



En la superficie S se ejerce una fuerza debida al peso de la columna de agua que tiene por encima.

$$\text{Peso líquido} = m_{\text{líquido}} \cdot g = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquido}} \cdot g$$



Teniendo en cuenta que el volumen del cilindro es base por altura ($S \cdot h$)



$$\text{Peso} = d_{\text{líquido}} \cdot S \cdot h \cdot g$$

Calculamos la presión como fuerza entre superficie:

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

El resultado es lo que conocemos como

PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTÁTICA

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

h: profundidad

d: densidad del líquido

g: aceleración de la gravedad

La presión ejercida sobre un cuerpo sumergido en un fluido depende de la columna de fluido que hay sobre el cuerpo.

¡ATENCIÓN!

Hay que tener en cuenta que los líquidos son incompresibles, pero los gases si se pueden comprimir y de hecho se comprimen por su propio peso, y su densidad varía con la altura.

Como consecuencia, la ecuación anterior del Principio Fundamental de la Hidrostática no se cumplirá para los gases, pero como veremos más adelante, lo podemos utilizar para hallar el incremento de presión entre dos puntos con diferente altura.

$p = h \cdot d \cdot g$  *No se cumple para los gases*

APLICACIONES DEL PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTÁTICA

Entre las principales aplicaciones tenemos los vasos comunicantes y el principio de Pascal.

Vasos Comunicantes

Consiste en varios recipientes comunicados por su base.

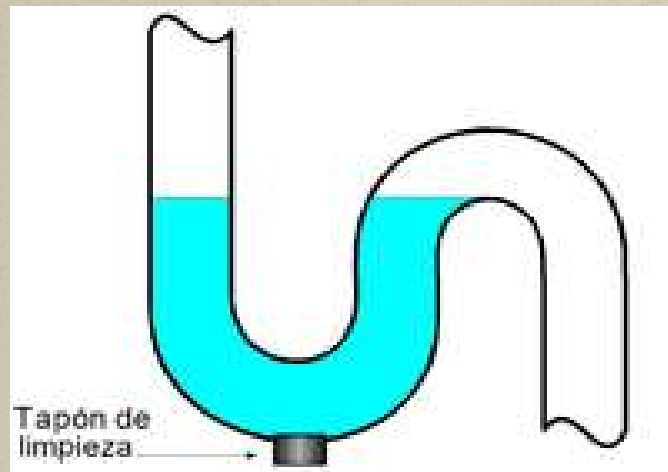
En ellos, independientemente de la cantidad de líquido que contengan, la presión será la misma en todos los puntos que se encuentren a la misma profundidad h .

Como la presión en la superficie del líquido es la misma en todos los recipientes, estos estarán siempre llenos hasta la misma altura.

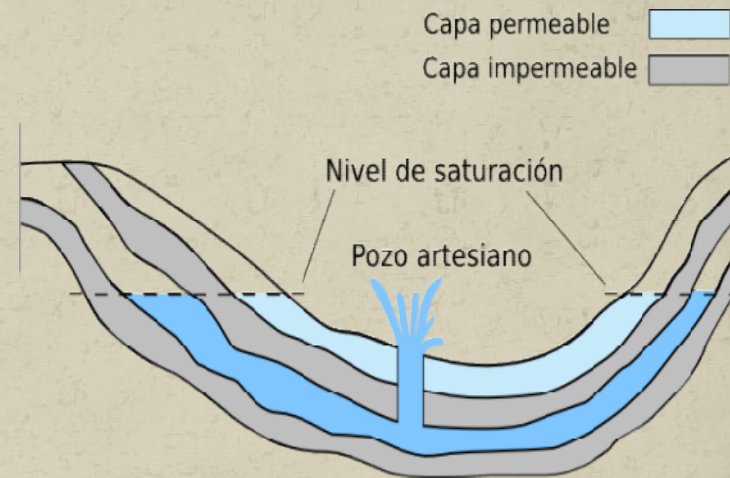


Dos aplicaciones a modo de ejemplo importante de los vasos comunicantes pueden ser:

El sifón de un lavabo



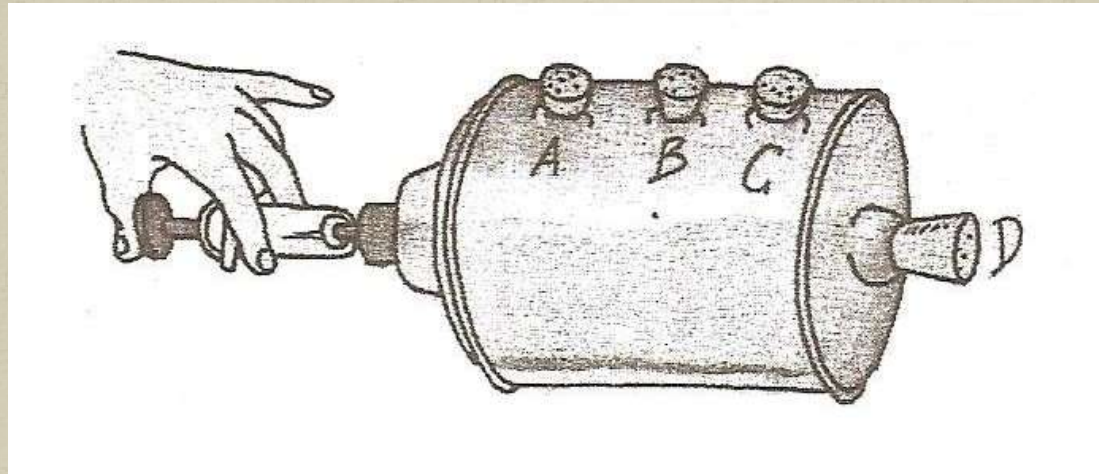
Un pozo artesiano



Principio de Pascal

Llenamos completamente de agua un bote en el que hay cuatro orificios exactamente iguales, cerrados con tapones iguales y que ofrecen la misma resistencia.

Si inyectamos agua con una jeringa, ¿qué tapón saltará primero?



Saltarán los cuatro tapones al mismo tiempo

En el siglo XVII Blaise Pascal realizó varias experiencias que pusieron de manifiesto que cualquier fuerza ejercida en un punto de un líquido se transmitía al resto del líquido

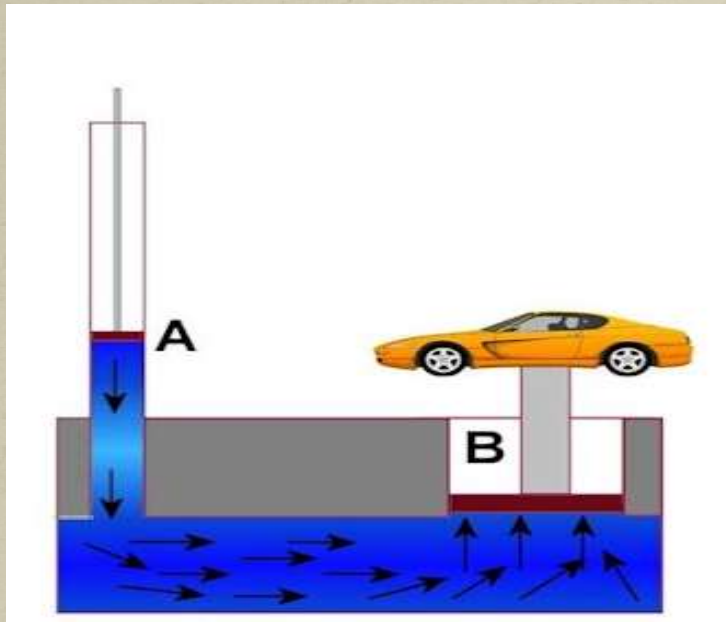


La presión aplicada en un punto del líquido se transmite con la misma intensidad en todas las direcciones en el interior del líquido.

Esto se conoce como **Principio de Pascal** y tiene gran importancia en el diseño de máquinas de sistemas hidráulicos como la Prensa Hidráulica.

Prensa Hidráulica

Una prensa hidráulica consta de dos recipientes de distinto tamaño A y B, llenos con un líquido y conectados por una tubería.



En el recipiente pequeño se ejerce una fuerza F_A sobre un émbolo de superficie S_A , que producirá una presión P_A .

Por el principio de Pascal, la presión se transmite por el líquido de forma que en el émbolo del recipiente B la presión P_B es igual a P_A

$$P_A = P_B \Rightarrow \frac{F_A}{S_A} = \frac{F_B}{S_B}$$

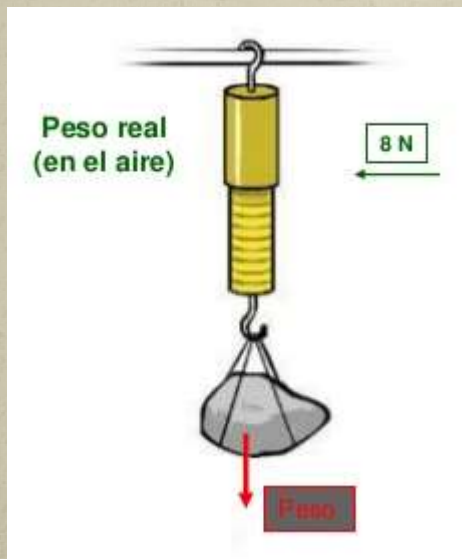
Al ser la superficie del recipiente B mayor que la superficie del recipiente A, la fuerza F_B será mayor que la fuerza F_A , para que la presión sea la misma. De esta forma la prensa hidráulica logra multiplicar la fuerza.

FUERZA DE EMPUJE EN FLUIDOS. PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES



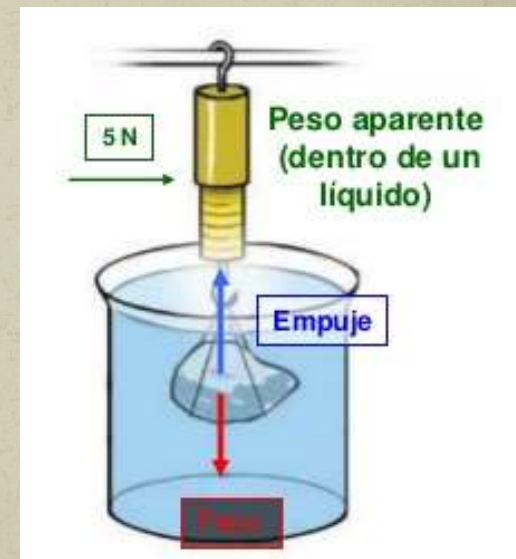
Los líquidos ejercen unas fuerzas sobre los cuerpos sumergidos en ellos.

Podemos considerar que los líquidos ejercen una fuerza hacia arriba, o fuerza de empuje, sobre los cuerpos sumergidos en ellos. Por eso notamos que los cuerpos parecen pesar menos dentro del agua. Esta pérdida de peso es aparente y se debe al empuje.



El empuje podemos calcularlo como la diferencia entre el peso real del cuerpo (en el aire) y el peso aparente (dentro del líquido)

$$E = P_{real} - P_{aparente}$$



(El empuje es una fuerza y por tanto se mide en Newton)

Principio de Arquímedes



En el siglo II a.C. el físico y matemático Arquímedes ya comprobó la existencia de las fuerzas de empuje que ejercen los líquidos sobre los cuerpos sumergidos en ellos.

Llegó a la siguiente ecuación:

$$E = d_l \cdot V_s \cdot g$$

En esta ecuación

“ d_l ” es la densidad del líquido

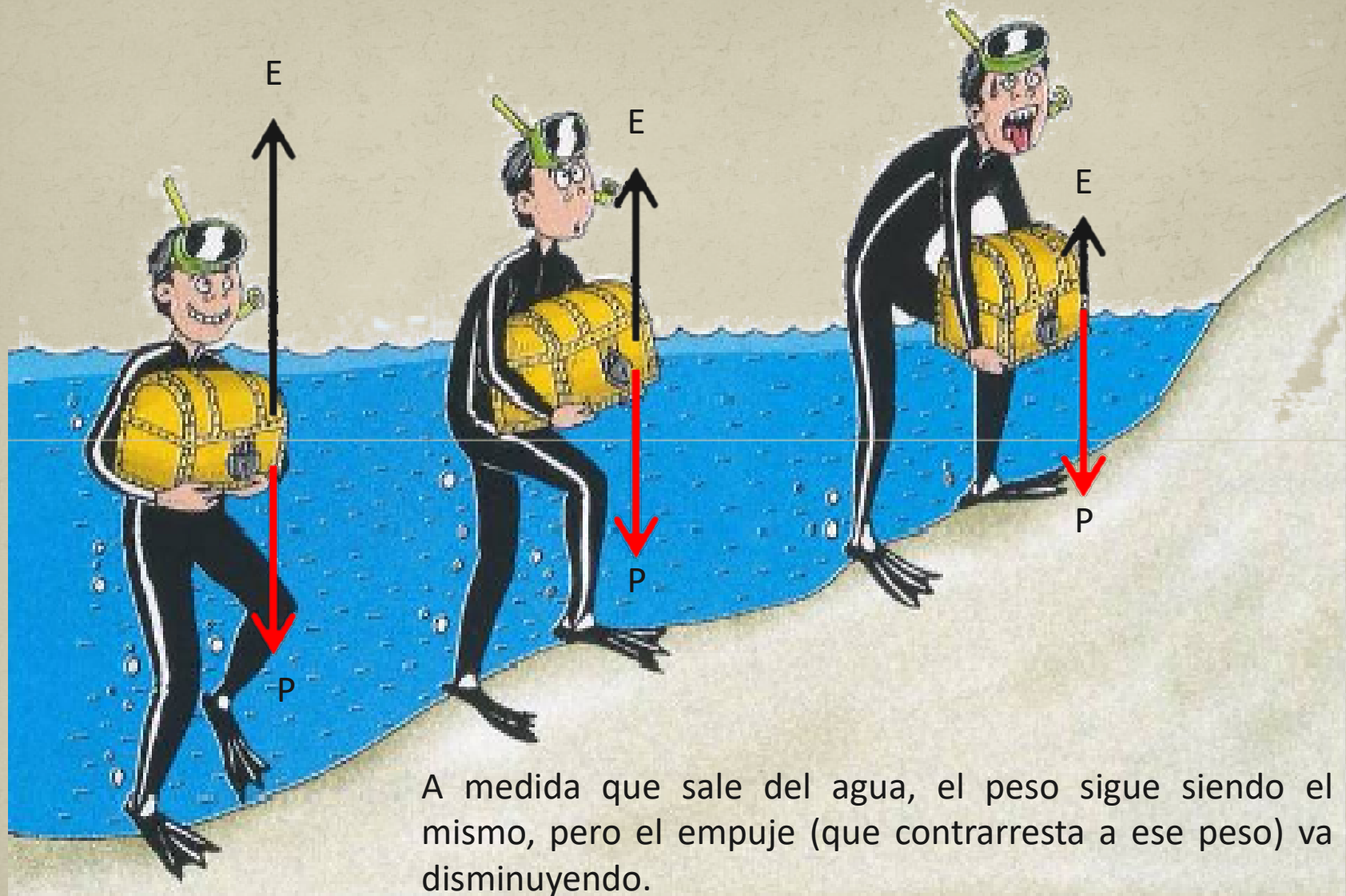
“ V_s ” es el volumen de la parte sumergida.

El principio de Arquímedes dice así:

“Todo cuerpo sumergido en un fluido, experimenta una fuerza de empuje, vertical y hacia arriba igual al peso del líquido desalojado por el cuerpo”

El peso del líquido desalojado podemos calcularlo fácilmente:

$$p = mg \rightarrow p = dVg$$



FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS

Hay cuerpos que al introducirlos en líquidos flotan, otros por el contrario se hunden. Según el valor de las fuerzas Peso y Empuje que actúan sobre un cuerpo, podemos encontrar varios casos:

- * Un cuerpo flota en un líquido cuando el peso es menor que el empuje

$$P < E \rightarrow d_{\text{cuerpo}} < d_{\text{líquido}}$$

En términos de densidad, un cuerpo flota cuando su densidad es menor que la del líquido en el que está.

- * Un cuerpo está en equilibrio en el interior de un fluido cuando el peso es igual al empuje

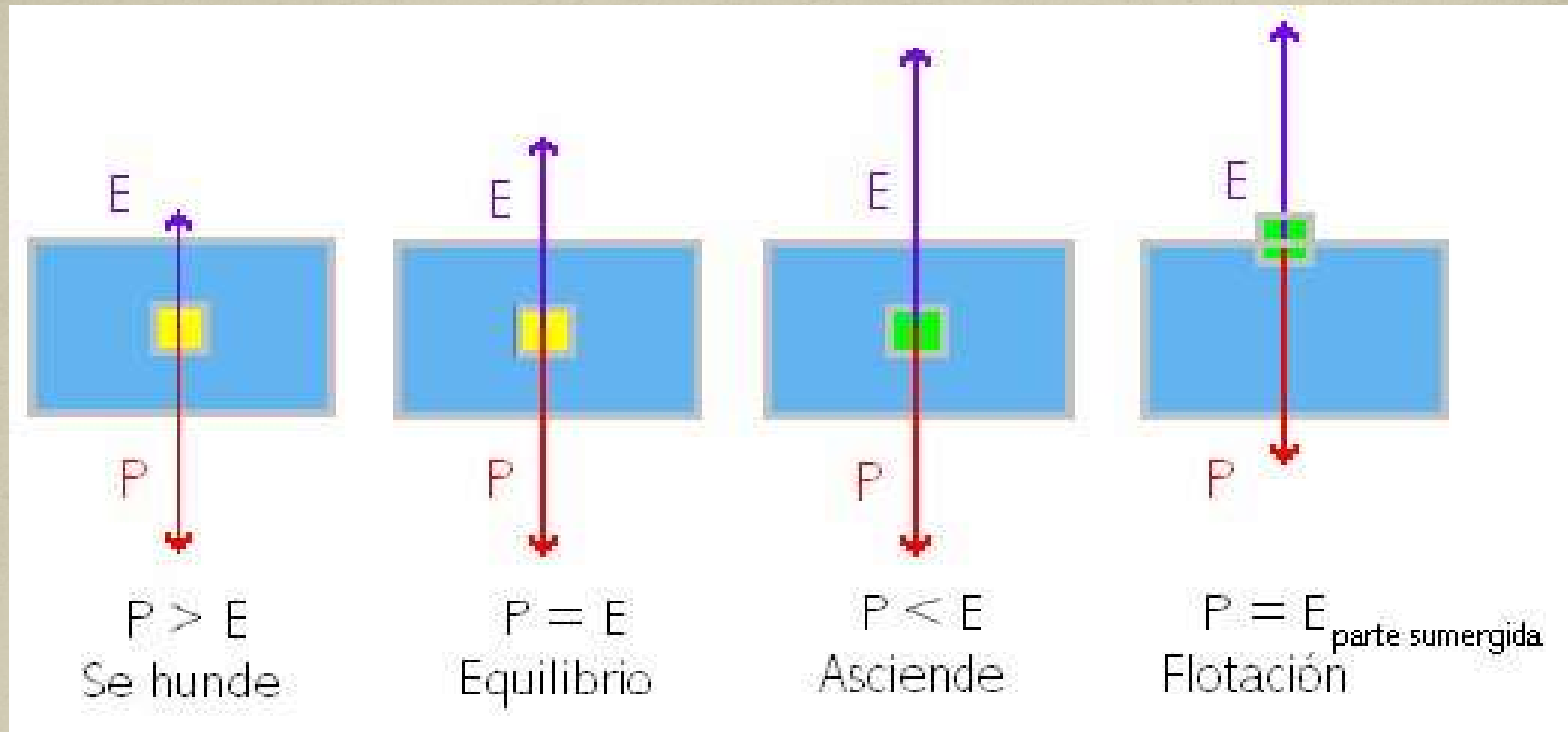
$$P = E$$

- * Un cuerpo se hunde en un líquido cuando el peso es mayor que el empuje.

$$P > E \rightarrow d_{\text{cuerpo}} > d_{\text{líquido}}$$

En términos de densidad, un cuerpo se hunde cuando su densidad es mayor que la densidad del líquido.

Situaciones posibles entre las fuerzas de Peso y Empuje



En el último caso observamos que para que el cuerpo se encuentre flotando en la superficie, el Peso del objeto será igual al Empuje debido a la parte de volumen que está sumergido.

Cuando un cuerpo flota en la superficie de un líquido, una parte de éste emerge mientras que el resto permanece hundido.

En esta situación son iguales el peso del cuerpo y la fuerza de empuje que corresponde a la parte sumergida del cuerpo.

Se produce un equilibrio entre el peso del cuerpo (completo) y el empuje debido a la parte sumergida. Por tanto tendríamos:

$$P = m g \text{ (peso del cuerpo)}$$

$$E = d_l V_s g \text{ (empuje de la parte sumergida)}$$

Ambas fuerzas serían iguales, pero hay que tener en cuenta que en el peso hablamos de la masa total del cuerpo, y que en el empuje solo usamos el volumen de la parte sumergida del cuerpo, luego habrá que calcularlo.

Para calcular la parte de volumen sumergida, usaremos la densidad del cuerpo, y los datos que nos indique el problema.

PRESIÓN EN GASES

Los gases están formados por partículas con total libertad para moverse. Sus partículas se encuentran muy separadas, y esto hace que no se comporten como los líquidos, pues se pueden comprimir. Es por eso que no todas las leyes anteriores de los líquidos se pueden aplicar a los gases.

•El principio de Pascal *no se puede aplicar* a los gases puesto que estos se comprimen y no transmiten totalmente la presión.

* El principio fundamental de la hidrostática *no se puede aplicar* tal cual a los gases porque su densidad no es constante y varía con la altura.

Podemos utilizar este principio para calcular la diferencia de presiones entre dos puntos que tengan diferente altura, pero que estén lo suficientemente próximos como para que la densidad del gas no varíe.

$$p_2 - p_1 = (h_2 - h_1) \cdot d \cdot g$$

* El principio de Arquímedes si se puede aplicar a los gases de la misma forma que a los líquidos. Cualquier cuerpo dentro de un gas sufre un empuje igual al peso de gas desalojado.

$$E = V_c \cdot d_{gas} \cdot g$$



En este caso el fluido es el aire, con su densidad, el que ejerce un empuje sobre el globo.

El globo se mantiene en equilibrio cuando las dos fuerzas, peso y empuje sean iguales.

Si el empuje es mayor que el peso, entonces veremos que el globo asciende.

Además, ahora todo el cuerpo está dentro del fluido (aire).

ATMÓSFERA Y PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La atmósfera es la masa de aire que rodea a la Tierra. Ese aire pesa.



Una lata arrugada pesará menos que la misma lata sin arrugar, pues esta última tendrá aire en su interior.

A causa del peso de la masa de aire, se produce una presión sobre todos los cuerpos que se encuentran en el interior de la atmósfera.

Esa presión se denomina ***Presión Atmosférica***.

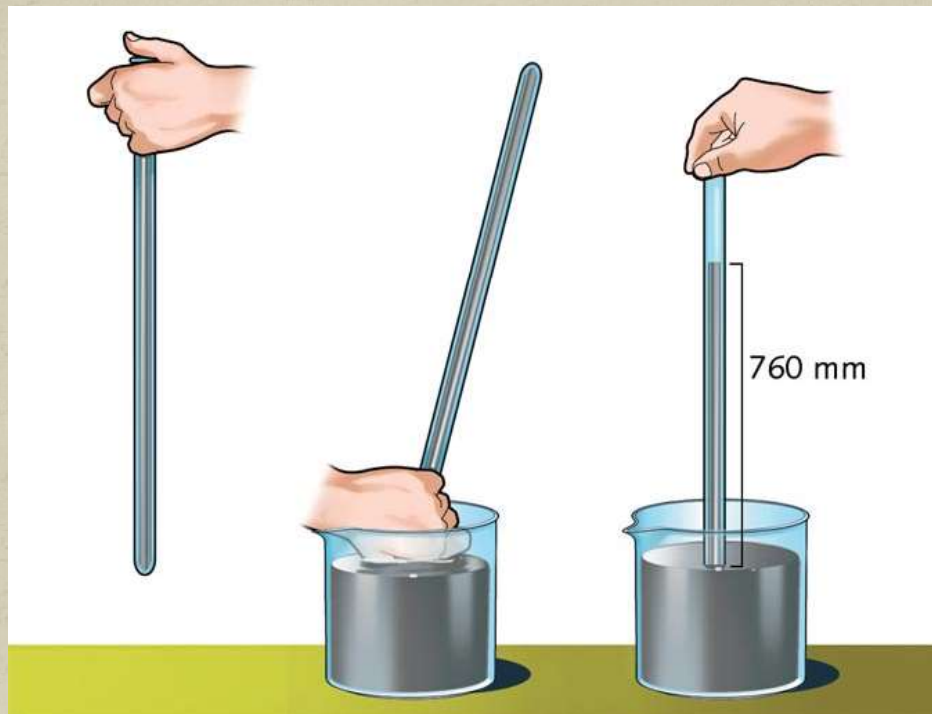
Se denomina presión atmosférica a la fuerza por unidad de superficie ejercida por la atmósfera sobre los cuerpos situados en su interior



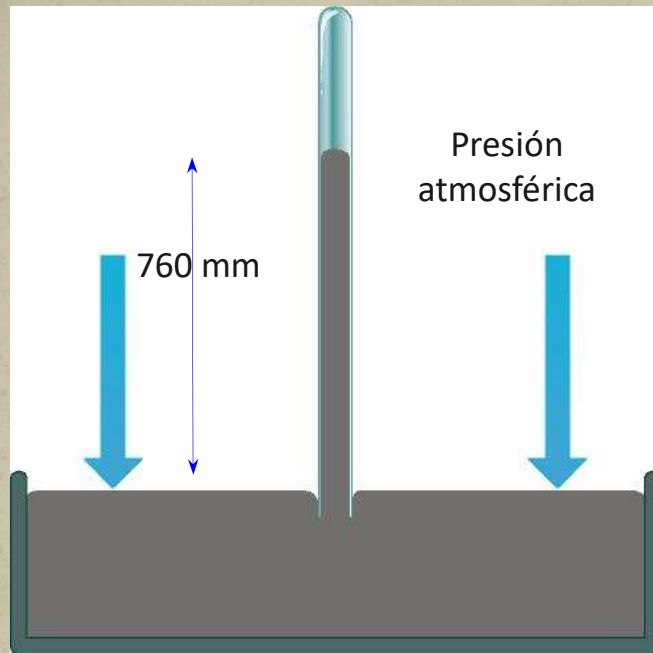
Experiencia de Torricelli

En el año 1643, el físico italiano E. Torricelli, tomó un tubo de vidrio de un metro de longitud, cerrado por un extremo y lo lleno de mercurio.

Tapo con el dedo el extremo libre del tubo, lo invirtió y lo introdujo por el extremo abierto en un recipiente que también contenía mercurio.



Al retirar el dedo, observó que el nivel del mercurio en el tubo de vidrio descendía hasta quedar una columna de mercurio de 760 mm.



Torricelli concluyó que la presión que ejercía el aire en la superficie libre del recipiente que contenía el mercurio, la presión atmosférica, era igual a la presión ejercida por una columna de mercurio de 760 mm de longitud.

El cálculo de esa presión fue sencillo utilizando el principio fundamental de la hidrostática:

$$P = d_{\text{mercurio}} gh = 13600 \cdot 9,8 \cdot 0,76 \cong 101.300 \text{ Pa} \rightarrow P_{\text{atm}} \cong 101.300 \text{ Pa}$$

Este valor de presión en Pascales, le denominamos Atmósfera.

De esta manera tenemos las siguientes equivalencias:

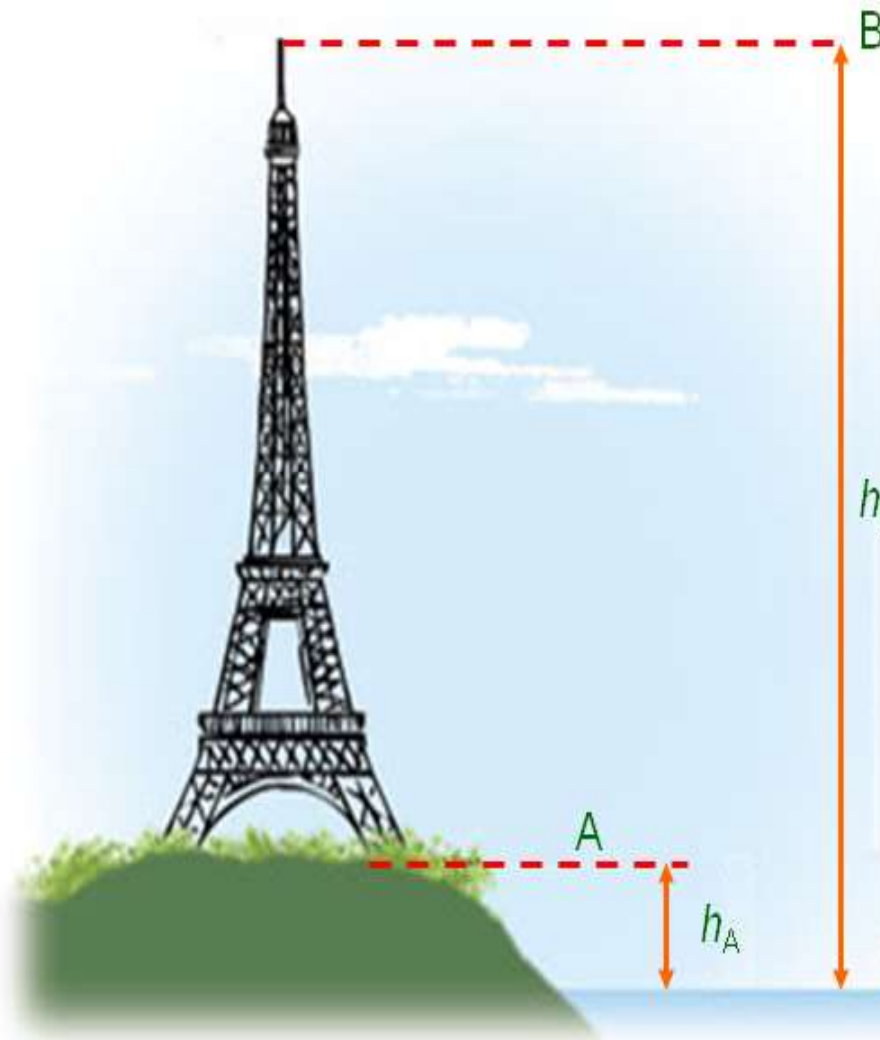
$$1 \text{ atm} = 101\,300 \text{ Pa} = 760 \text{ mm de Hg}$$

La presión atmosférica la medimos con los barómetros.



A medida que ascendemos, la columna de aire que queda sobre nuestras cabezas es menor, por ello la presión atmosférica disminuye con la altitud.

APLICACIÓN DE LA DIFERENCIA DE PRESIÓN CON LA ALTURA



En la base del edificio

$$p_A = d \cdot g \cdot h_A$$

En lo alto del edificio

$$p_B = d \cdot g \cdot h_B$$



$$p_B - p_A = d \cdot g \cdot h_B - d \cdot g \cdot h_A = d \cdot g \cdot (h_B - h_A)$$



$$p_B - p_A = d \cdot g \cdot h_{\text{altura del edificio}}$$

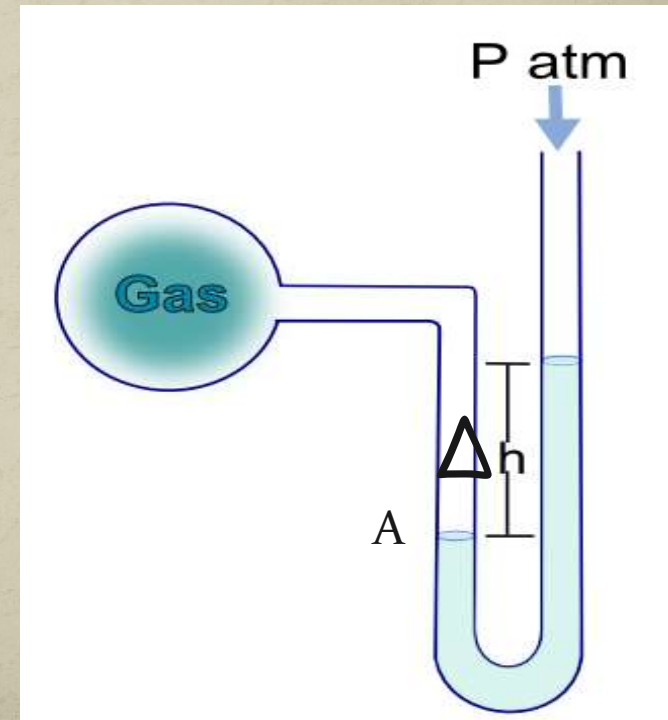
MEDIDA DE LA PRESIÓN EN GASES

La presión de un gas en un recipiente cerrado la medimos con un manómetro.

El manómetro simple de ramas abiertas, o manómetro en U consta de una goma o un tubo transparente en forma de U, con un líquido conocido en su interior.

Se conecta uno de los tubos al recipiente del gas. Este empuja la columna de líquido hasta que se alcanza el equilibrio. La presión del gas, que será la del punto A, es igual a la presión atmosférica más la presión de la columna del líquido que está por encima de esa altura.

$$p_{\text{gas}} = p_{\text{atmosférica}} + d_{\text{líquido}} \cdot g \cdot \Delta h$$



ALGUNOS PROBLEMAS RESUELTOS

Aquí tienes a continuación algunos problemas resueltos y algunas consideraciones para luego poder resolver las actividades propuestas.

Si un cuerpo flota, ¿qué volumen del cuerpo está sumergido? ¿y qué volumen emerge?

Si el Empuje que calculamos suponiendo el cuerpo totalmente sumergido es mayor que el Peso real de dicho cuerpo, éste flotará.

El volumen de líquido desalojado no coincide con el volumen del cuerpo.

$$E = \text{Peso}_{(\text{líqu. desalojado})} = m_{(\text{líqu. desalojado})} \cdot g = V_{(\text{líqu. desalojado})} \cdot d_{(\text{líqu.})} \cdot G$$

Si el cuerpo flota mantendrá una parte sumergida y otra emergida de tal forma que:

$$\text{Peso real del cuerpo (m.g)} = E \text{ (peso del líquido desalojado)}$$

Una bola de acero de 5 cm de radio se sumerge en agua, calcula el empuje que sufre y la fuerza resultante. Datos: Densidad del acero 7,9 g/cm³.

El empuje viene dado por $E = d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{sumergido}} \cdot g$

La densidad del agua se da por conocida (1000 kg/m³),

1. Calculamos el volumen sumergido, en este caso es el de la bola.

Utilizando el volumen de una esfera: $V = 4/3 \pi R^3 = 4/3 \pi 0,05^3 = 5,236 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

2. El empuje quedará: $E = d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{sumergido}} \cdot g = 1000 \cdot 5,236 \cdot 10^{-4} \cdot 9,8 = \underline{5,131 \text{ N}}$

3. Sobre la bola actúa el empuje hacia arriba y su propio peso hacia abajo, la fuerza resultante será la resta de ambas.

4. Calculamos ahora el peso $P = m \cdot g$, nos hace falta previamente la masa de la bola, ésta se calcula con su densidad y el volumen (la densidad del acero debe estar en S.I.).

$$d_{\text{acero}} = 7,9 \text{ g/cm}^3 = 7900 \text{ kg/m}^3 \quad m = d_{\text{acero}} \cdot V = 7900 \cdot 5,234 \cdot 10^{-4} = 4,135 \text{ kg}$$

$$P = m \cdot g = 4,135 \cdot 9,8 = 40,52 \text{ N}$$

5. Como vemos el peso es mucho mayor que el empuje, la fuerza resultante será

$P - E = \underline{35,39 \text{ N hacia abajo}}$ y la bola se irá al fondo.

Se desea calcular la densidad de una pieza metálica, para ello se pesa en el aire dando un peso de 19 N y a continuación se pesa sumergida en agua dando un peso aparente de 17 N. calcula la densidad del metal.

Si en el agua pesa 2 N menos que fuera es que el empuje vale 2 N,

2. Utilizando la fórmula del empuje podemos sacar el volumen sumergido, es decir, el volumen de la pieza.

$$E = d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{sumergido}} \cdot g \quad 2 = 1000 \cdot V \cdot 9,8 \quad V = 2,041 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

3. Sabiendo el peso real de la pieza sacamos su masa $m = P/g = 19/9,8 = 1,939 \text{ kg}$.

4. Ya sabemos el volumen de la pieza y su masa, por tanto su densidad será:

$$d = m/V = 1,939/2,041 \cdot 10^{-4} = \underline{9499 \text{ kg/m}^3}$$

Un cubo de madera de 10 cm de arista se sumerge en agua, calcula la fuerza resultante sobre el bloque y el porcentaje que permanecerá emergido una vez esté a flote. Datos: densidad de la madera 700 kg/m³.

1. El cuerpo es ahora un cubo de volumen $V = \text{lado}^3 = 0,1^3 = 0,001 \text{ m}^3$
2. El empuje será:

$$E = d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{sumergido}} \cdot g = 1000 \cdot 0,001 \cdot 9,8 = 9,8 \text{ N}$$

3. La masa del bloque será:

$$m = d_{\text{madera}} \cdot V = 700 \cdot 0,001 = 0,7 \text{ kg}$$

y su peso:

$$P = m \cdot g = 0,7 \cdot 9,8 = 6,86 \text{ N}$$

4. Vemos que el empuje es mayor que el peso, la fuerza resultante es de 2,94 N hacia arriba lo que hace que el cuerpo suba a flote.

5. Calculemos cuánto volumen permanece sumergido cuando esté a flote.

A flote $E = P$ $d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{sumergido}} \cdot g = \text{Peso}$ $1000 \cdot V_{\text{sumergido}} \cdot 9,8 = 6,86$

Despejando $V_{\text{sumergido}} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

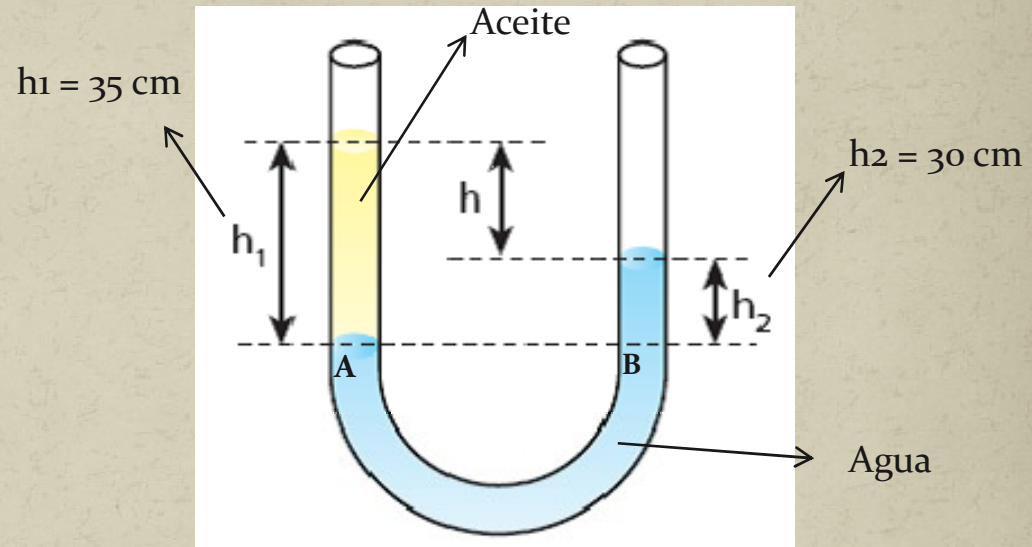
la diferencia de este volumen bajo el agua y el volumen total del bloque será la parte emergida $V_{\text{emergido}} = 0,001 - 7 \cdot 10^{-4} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ emergidos.

El porcentaje de bloque emergido será $3 \cdot 10^{-4} / 0,001 \cdot 100 = 30 \%$

En la figura se muestra un tubo de vidrio en U abierto a la atmósfera por los dos extremos. Si el tubo contiene aceite y agua, tal y como se muestra, determinar la densidad del aceite.

En el punto A tenemos la presión ejercida por la columna de aceite más la presión atmosférica.

En el punto B tenemos la presión ejercida por la columna de agua más la presión atmosférica.



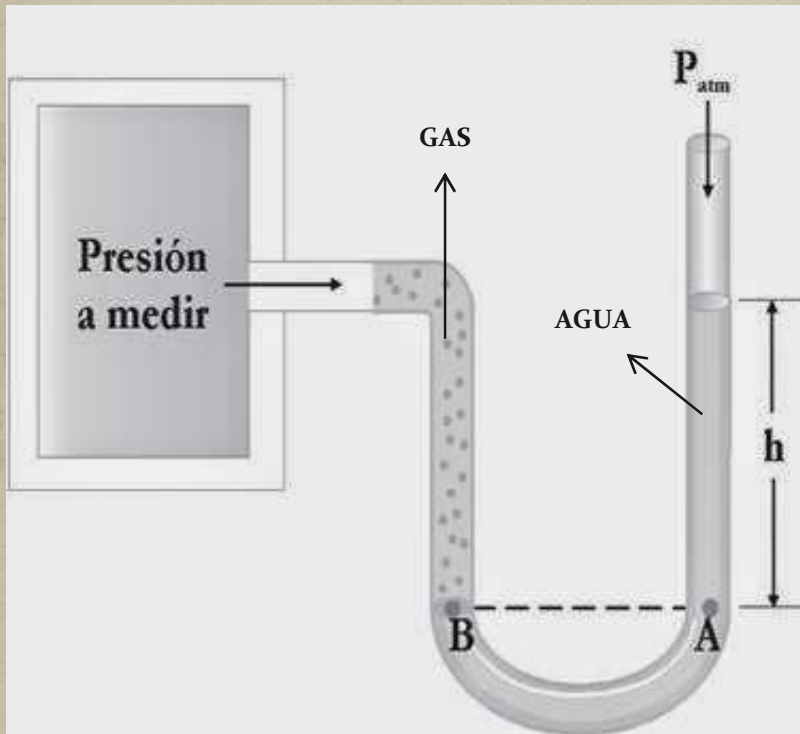
Por el principio de Pascal, ambas presiones son iguales. $\longrightarrow P_A = P_B$

Luego: $P_{atmos} + d_{aceite} g h_1 = P_{atmos} + d_{agua} g h_2$

Despejando tendremos: $d_{aceite} h_1 = d_{agua} h_2 \implies d_{aceite} = \frac{d_{agua} h_2}{h_1}$

$$d_{aceite} = \frac{1000 \cdot 0,30}{0,35} = 857 \text{ kg/m}^3$$

Al medir la presión de un gas con un manómetro en U de agua, el desnivel de éste en el tubo es de 50 cm. ¿Cuál será la presión del gas? Datos: densidad agua = 1000 kg / m³



En el punto A tendremos la presión ejercida por la columna de agua más la presión atmosférica.

En el punto B tendremos la presión ejercida por el gas.

Por el principio de Pascal, las presiones en A y en B deben ser iguales.

$$P_A = P_B$$

$$P_A = P_{atm} + d_{agua} g h$$

$$P_B = P_{gas}$$

Luego

$$P_{atm} + d_{agua} g h = P_{gas}$$



$$P_{gas} = 101300 + 1000 \cdot 9,8 \cdot 0,5$$

$$P_{gas} = 106\ 200\ Pa = 1,048\ atm.$$

www.fisicarihondo.jimdo.com