Tema Nº 3. FUERZAS Y PRESIONES EN LOS FLUIDOS. HIDROSTÁTICA

Me encuentro en la cabina de la Máquina del Tiempo. Voy a realizar un viaje que me lleve a cualquier día de Julio o Agosto de 1960. Pongo las coordenadas y pulso el botón de arranque:

Estoy jugando un partido de futbol en la playa. Después del partido iremos todos a bañarnos para quitarnos la arena. Diez años es la edad media de todos los componentes de la pandilla.¡Qué veranos pasábamos!. Todo era juego, pesca, reuniones de la pandilla en donde contábamos anécdotas.

También teníamos nuestros periodos de soledad, de pensar, de hacernos preguntas. Por ejemplo, cuando veía los barcos, como el de la fotografía superior cargando sal, solía preguntarme el por qué un barco construido con hierro podía flotar si yo sabía que si tiraba un trozo de hierro al agua , este se hundía. Mis amigos no sabían la respuesta, como era lógico. Me quedaba con la duda y seguía con lo mío que era jugar, pasarlo y enamorarte por primera vez.

En este tema vamos a dar explicación a la cuestión que yo me planteaba a los 10 años de edad y de otras muchas referidas con los líquidos y con los gases.

Video: Flotabilidad de un barco
http://www.youtube.com/watch?v=m8gG1VOifHM&feature=related

Contenido Temático

1.- Fluidos

Proyecto Newton de Física
http://newton.cnice.mec.es/newton2/Newton_pre/alumnos.php

Propiedades de los fluidos
http://www.monografias.com/trabajos85/propiedades-fluidos/propiedades-fluidos.shtml

Video: Fluidos
http://www.youtube.com/watch?v=N23ib-K4Pjs

Podemos definir los Fluidos como:

"materia NO sólida"

Los fluidos están constituidos única y exclusivamente por líquidos y gases.

2.- Densidad

Entre estudiantes es muy normal hacer la siguiente pregunta ¿qué pesa más 1 Kg de paja o 1 Kg de hierro? . Respondemos tomando como base el tamaño de 1 Kg de paja y el tamaño de 1 Kg de hierro. Lógicamente el Kg de paja es mucho mayor que el Kg de hierro. La respuesta normal es "el Kg de paja".

Razonemos un poco: el peso de los cuerpos lo podemos deducir mediante la ecuación:

$$P = m \cdot g$$

$$P_{paja} = 1 \text{ Kg} \cdot 9{,}8 \text{ m.s}^{-2} = 9{,}8 \text{ N}$$

$$P_{hierro} = 1 \text{ Kg} \cdot 9{,}8 \text{ m.s}^{-2} = 9{,}8 \text{ N}$$

Si la masa es la misma y el peso es el mismo para la paja y el hierro ¿dónde reside la Diferencia?.

"En el volumen que ocupan"

La **relación** entre la **masa** de un **cuerpo** y el **volumen** que ocupa dicho cuerpo en la naturaleza se conoce como **Densidad**. Su ecuación:

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

La Densidad
http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/propiedades/densidad.htm

La Densidad
http://www.monografias.com/trabajos4/ladensidad/ladensidad.shtml

En nuestro ejemplo, lógicamente la **densidad de la paja es mucho más pequeña que la del hierro** (para una misma masa, el volumen de la paja es mucho mayor) .

La **densidad** es una magnitud **específica** para cada sustancia (a una temperatura determinada) por lo que se puede utilizar para la **identificación** de la sustancia.

Video: Densidad y flotación
http://www.youtube.com/watch?v=m8gG1VOifHM&feature=related

Video: Flotación de un barco
http://www.youtube.com/watch?v=vCJxDxSWFpo

2.1.- Unidades de Densidad

Se trata de una magnitud Escalar y Derivada.

Sus unidades, mediante el cálculo dimensional son:

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

$[m] = M$
$[V] = L^3$

Por lo tanto:

$$[d] = \frac{M}{L^3} = M \cdot L^{-3}$$

En el S.I. la unidad de densidad es:

$Kg \cdot m^{-3} = Kg/m^3$

Esta es una unidad muy grande y es mucho más corriente g/cm^3.

Toda relación entre unidad de masa y unidad de volumen constituye una unidad de densidad:

Densidad del agua = 1 g/cm^3 = 1 g/ml = 1 g/cc

Densidad del agua = 1000 Kg/m^3

Ejercicio resuelto

¿Cuál es la densidad (en g/mL y en kg/m^3) de una roca de 450 g de masa si tiene un volumen de 110 cm^3 ?.

Resolución

Datos:

m = 450 g
V = 110 cm^3

Recordemos que:

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

Sustituimos datos:

$$d = \frac{450\ g}{110\ cm^3} = 4{,}09\ \frac{g}{cm^3}$$

En g/mL:

Debemos saber:

1 cm^3 = 1 mL

Por tanto:

$$d = \frac{450\ g}{110\ cm^3} = 4{,}09\ \frac{g}{cm^3} = 4{,}09\ g/mL$$

En kg/m^3:

$$4{,}09\ \frac{\cancel{g}}{\cancel{cm^3}} \cdot \frac{1\ Kg}{1000\ \cancel{g}} \cdot \frac{1000000\ \cancel{cm^3}}{1\ m^3} = 4090\ \frac{Kg}{m^3}$$

Ejercicio resuelto

La densidad de la gasolina es 680 kg/m^3. Exprésala en g/L y g/cm^3.

Resolución

$$680\ \frac{\cancel{Kg}}{\cancel{m^3}} \cdot \frac{1000\ g}{1\ \cancel{Kg}} \cdot \frac{1\ \cancel{m^3}}{1000000\ \cancel{cm^3}} \cdot \frac{1000\ \cancel{cm^3}}{1\ L} =$$

$$= 680\ \frac{g}{L}$$

$$680\ \frac{\cancel{Kg}}{\cancel{m^3}} \cdot \frac{1000\ g}{1\ \cancel{Kg}} \cdot \frac{1\ \cancel{m^3}}{1000000\ cm^3} = 0{,}680\ g/cm^3$$

Ejercicio resuelto

El etanol tiene una densidad de 0,79 g/cm3 . Calcula la masa contenida en una botella de medio litro.

Resolución

Datos:

V = 0,5 L

d = 0,79 g/cm3

Cambio de unidades:

$$V = 0,5\ \cancel{L} \cdot \frac{1000\ cm^3}{1\ \cancel{L}} = 500\ cm^3$$

Sabemos:

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow m = d \cdot V \quad (1)$$

Sustituimos datoe en (1):

$$m = 0,79\ g/\cancel{cm^3} \cdot 500\ \cancel{cm^3} = 395\ g$$

Ejercicio resuelto

Calcula el volumen que ocupan 390 g de una sustancia cuya densidad es de 2390Kg/m3 .Sol: v=0,163 L

Resolución

Datos:

$$m = 390\ \cancel{g} \cdot \frac{1\ Kg}{1000\ \cancel{g}} = 0,390\ Kg$$

d = 2390 Kg/m3

Recordemos que:

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{d} \quad (1)$$

Sustituimos datos en (1):

$$V = \frac{0,390\ \cancel{Kg}}{2390\ .\ \frac{\cancel{Kg}}{m^3}} = 1,63\ .\ 10^{-4}\ m^3$$

$$1,63\ .\ 10^{-4}\ \cancel{m^3}\ .\ \frac{1000000\ \cancel{cm^3}}{1\ \cancel{m^3}}\ .\ \frac{1\ L}{1000\ \cancel{cm^3}} = 0,163\ L$$

Ejercicio resuelto

La densidad de la sangre es 1,5 g/cm3. Exprésala en g/mL y kg/m3.

Resolución

$$1,5\ \frac{g}{\cancel{cm^3}}\ .\ \frac{1\ \cancel{cm^3}}{1\ mL} = 1,5\ \frac{g}{mL}$$

$$1,5\ \frac{\cancel{g}}{\cancel{cm^3}}\ .\ \frac{1\ Kg}{1000\ \cancel{g}}\ .\ \frac{1000000\ \cancel{cm^3}}{1\ m^3} = 1500\ \frac{Kg}{m^3}$$

Ejercicio resuelto

Una botella tiene una masa de 232 g vacía y 820 g llena de agua. Si esa misma botella se llena de aceite, la masa es de 754g. ¿Cuál es la densidad del aceite? Dato: d(H2O)=1g/mL.

Resolución

Datos:

$m_{botella} = 232\ g$
$m_{agua} = 820\ g - 232\ g = 588\ g$
$V_{botella} = V_{masadeagua}$

De:

$d = m/V \rightarrow V = m/d\ (1)$

Sustituimos en (1) los datoa del agua:

$V_{botella} = 588\ \cancel{g} / (1\ \cancel{g}/ml) = 588\ mL$

Con respecto al aceite:

$V_{aceite} = V_{botella} = 588\ mL$
$m_{aceite} = 754\ g - 232\ g = 522\ g$

$d_{aceite} = m/V = 522\ g/588\ ml = 0{,}89\ g/mL$

Ejercicio resuelto

La densidad del aire es 1,3 kg/m3. ¿Qué masa de aire cabe en una habitación de dimensiones 4 m x 3 m x 2,5 m?

Resolución

Datos:

$d_{aire} = 1,3\ Kg/m^3$

El aire como gas que es ocupa todo el volumen de la habitación:

$V_{aire} = V_{Habitación} = 4\ m \times 3\ m \times 2,5\ m = 30\ m^3$

De:

$d_{aire} = m_{aire}/V_{aire}$

$m_{aire} = d_{aire} \cdot V_{aire} = 1,3\ Kg/m^3 \cdot 30\ m^3 = 39\ Kg$

Ejercicio resuelto

Una garrafa de 5 litros se llena con agua. ¿Qué masa de agua hay en la garrafa? Si la misma garrafa se llena de mercurio, ¿qué masa de mercurio hay en la garrafa? Datos: densidad del agua: 1 g/cm3 ; densidad del mercurio: 13,6 g/cm3 . Sol: 5 kg de agua ; 68 kg de mercurio.

Resolución

$$V_{agua} = V_{garrafa} = 5\ \cancel{L} \cdot \frac{1000\ cm^3}{1\ \cancel{L}} = 5000\ cm^3$$

$m_{agua} = d_{agua} \cdot V_{agua} = 1\ g/\cancel{cm^3} \cdot 5000\ \cancel{cm^3} = 5000\ g$

Con respecto al Mercurio:

$V_{Mercurio} = V_{garrafa} = 5\ L = 5000\ cm^3$

$m_{Mercurio} = d_{Mercurio} \cdot V_{Mercurio} = 13,6\ g/cm3 \cdot 5000\ cm3 =$

$= 68000\ g$

Ejercicio resuelto

Un trozo de un tablón de madera de 10 cm3 de volumen tiene una masa de 5 g. Determina: a) La densidad de la madera de la que está hecho el tablón. b) La masa de 1 cm3 del tablón de madera. c) La masa de otro trozo de 35 cm3 de madera del mismo tablón.

Resolución

a)

$V_{Tablón} = 10\ cm^3$
$m_{Tablón} = 5\ g$

$d_{Tablón} = m_{Tablón}/V_{Tablón} = 5\ g/10\ cm^3 = 0,5\ g/cm^3$

b)

$V_{Tablón} = 1\ cm^3$

$m_{Tablón} = d_{Tablón} \cdot V_{Tablón} = 0,5\ g/\cancel{cm^3} \cdot 1\ \cancel{cm^3} = 0,5\ g$

c)

$V_{Trozo} = 35\ cm^3$

$m_{Trozo} = d_{Tablón} \cdot V_{Trozo} = 0{,}5\ g/\cancel{cm^3} \cdot 35\ \cancel{cm^3} = 17{,}5\ g$

3.- Presión

Presión
http://egela.oteitzalp.org/pluginfile.php/5281/mod_resource/content/2/1.%20Magnitude%2C%20Unidades%20y%20el%20Princ

Presión
https://www.ecured.cu/Presi%C3%B3n

Presión
http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/Queeslapresion/Queeslapresion.html

Recordemos que los efectos de las Fuerzas eran dos:

a) Efecto dinámico.- Producen movimiento en los cuerpos sobre los que actúan
b) Efecto estático.- Producen deformaciones en los cuerpos

En el efecto estático es muy importante la superficie que entra en contacto con la fuerza aplicada hasta tal punto que la nueva magnitud, Presión, la podemos definir como la relación existente entre la fuerza aplicada perpendicularmete y la superficie del cuerpo sobre el que actúa la fuerza.

La ecuación de la Presión es:

$$P = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Superficie}} \quad ; \quad P = \frac{F}{S}$$

En el S.I. la unidad de presión es:

$$\frac{N}{m^2} = \text{Pascal (Pa)}$$

El Pacal es la presión ejercida por la fuerza de 1 Newton (N) sobre una superficie de 1 m^2.

Otra unidad de presión:

atmósfera física (atm) o simplemente atmósfera

La atmósfera física es la presión que ejerce, sobre su base y al nivel del mar, una columna de Mercurio (Hg) de 760 mm de altura.

Se cumple la equivalencia:

1 atm = 101325 N/m^2 = 101325 Pa

Otra unidad:

mmHg (milímetro de mercurio). Se cumple que:

1 atm = 760 mmHg

Veamos el ejemplo de alpinistas andando sobre la nieve.


Los que llevan raquetas (izquierda) pisan la nieve sobre una superficie mayor que aquellos que la pisan mediante sus botas. Según las fotos los resultados son muy diferentes.

Hombre con raqueta: Un peso "p" y una superficie S_1
Hombre sin raqueta: Un peso "p" y una superficie S_2

Se cumple que los pesos son iguales pero $S_1 > S_2$ por lo que la relación:

P/S

Para el alpinista que lleva raqueta: P/S_1
Para el alpinista que no lleva raqueta: P/S_2

Como $S_1 > S_2 \rightarrow P/S_1 < P/S_2$

Con las raquetas se ejerce menos presión y por lo tanto menor deformación sobre la nieve.

Problema resuelto
Determina la presión que ejerce un esquiador de 70 kg de masa sobre la nieve, cuando calza unas botas cuyas dimensiones son 30 x 10 cm. ¿Y si se coloca unos esquíes de 190 x 12 cm?

Resolución

Datos:

m = 70 Kg

$$S_{Botas} = 30 \times 10\ cm = 300\ c\cancel{m^2} \cdot \frac{1\ m^2}{10000\ c\cancel{m^2}} = 0{,}03\ m^2$$

$$S_{Esquíes} = 190 \times 12\ cm = 2280\ c\cancel{m^2} \cdot \frac{1\ m^2}{10000\ c\cancel{m^2}} = 0{,}228\ m^2$$

a)

Sobre sus botas:

Superficie total = 2 $\cancel{botas}$. 0,03 m^2/$\cancel{bota}$ = 0,06 m^2

Peso del esquiador P = m . g = 70 Kg . 9,8 $m.s^{-2}$ = 686 N

P = F/S

P = 686 N / 0,06 m^2 = 11433,3 N/m^2 = 11433,3 Pa

b)

Sobre sus esquíes:

Como son dos esquíes, la superficie total será:

S_T = 2 ~~esquíes~~ . 0,1080 m^2 /~~esquíe~~ = 0,2160 m^2

P = Peso/S

P = 686 N / 0,216 m^2 = 3175,9 N/m^2 = 3175,9 Pa

Problema resuelto

¿Cómo se define 1 atmósfera?. A partir de la definición de atmósfera, halla la equivalencia entre atmósfera y Pascal, sabiendo que la densidad del mercurio es 13,6 g/cm^3.

Resolución

La atmósfera es la presión que ejerce, sobre su base y al nivel del mar, una columna de Mercurio de 760 mm de altura.

1 Pa = N/m^2

d_{Hg} = $(13,6\ \cancel{g}/\cancel{cm^3}) \cdot (1\ Kg/1000\ \cancel{g}) \cdot (1000000\ \cancel{cm^3}/1m^3)$ =

= 13600 Kg/m^3

h = 760 $\cancel{mm}$. (1 m/ 1000 $\cancel{mm}$) = 0,760 m

P = Peso /S

Peso = m . g

P = m . g /S

d = m/V → m = d . V

P = d . V . g /S

V = Área base . altura = S . h

$P = d \, . \, \cancel{S} \, . \, h \, . \, g \, / \, \cancel{S}$

$P = d_{Hg} \, . \, h \, . \, g =$

$= 13600 \; Kg/m^3 \, . \, 0{,}760 \; m \, . \, 9{,}8 \; m/s^2 =$

$= 101282{,}8 \; Kg \, . \, m/s^2 \, . \, \cancel{m} \, . \, /m^{\cancel{3}} =$

$= 101282{,}8 \; N/m^2 \approx 101300 \; N/m^2 = 101300 \; Pa$

Problema resuelto
Calcula la presión ejercida sobre el suelo por un bloque de 25 kg de masa, si la superficie sobre la que se apoya tiene 80 cm^2.

Resolución

$S = 80 \; c\cancel{m}^2 \, . \, 1 \; m^2/10000 \; c\cancel{m}^2 = 0{,}0080 \; m^2$

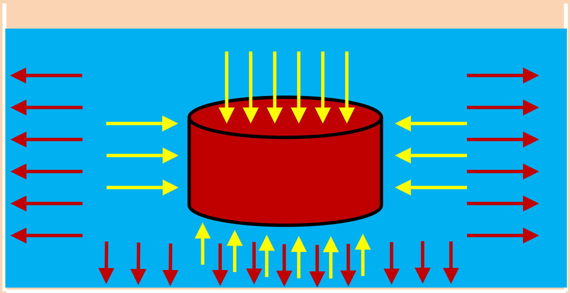
P = F/S = Peso/S = m . g /S =

$= 25 \; Kg \, . \, 9{,}8 \; m.s^{-2}/ \; 0{,}0080 \; m^2 = 30625 \; N/m^2 =$

= 30625 Pa

3.- La Presión en los Fluidos

Los cuerpos en el interior de un "fluido" experiemtan fuerzas y presiones.



Los fluidos también ejercen fuerzas y presiones sobre las paredes y el fondo del recipienteque que los contiene.

Es conocido por todos los amantes del buceo el hecho de que a cierta profundidad aparecen unas molestias en los oídos. Molestias que aumentan con la profundidad. Los enterados en la materia nos dicen que esas molestias son debidas a la Presión que ejerce el agua sobre el submarinista.

Video: Submarinismo
http://www.youtube.com/watch?v=C_90_3xHkJ4

Problemas en la práctia del submarinismo
https://www.spotmydive.com/es/news/riesgos-and-peligros-submarinista-reglas-que-debe-respetar

La presión en los Fluidos la podemos dividir en dos grupos:

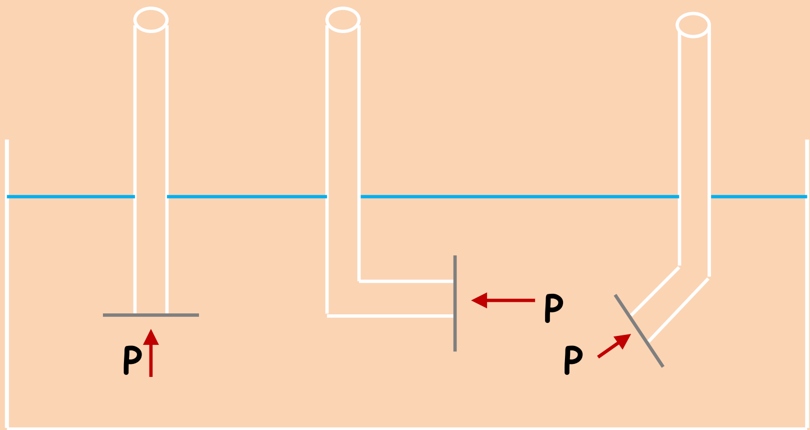
a) Presión Hidrostática.- Ejercida por líquidos
b) Presión Atmosférica.- Ejercida por gases

3.1.- Presión Hidrostática

Bueno, ya sabemos lo que representa la magnitud PRESIÓN. Recordemos que debemos trabajar con líquidos, pero considero importante el establecer la diferencia existente entre la presión ejercida por un sólido y la presión ejercida por un medio líquido.

En la presión ejercida por un sólido, debido a la rigidez de la estructura cristalina (fuerzas de cohesión muy grandes), solamente se manifiesta sobre la superficie donde se apoya el sólido. Por el contrario, en los líquidos las fuerzas de cohesión son mucho menores, las moléculas tienen una cierta libertad por lo que la presión que ejerce un líquido se manifiesta en las paredes y fondo del recipiente que lo contiene.

Supongamos un recipiente con un líquido en reposo. En él vamos a introducir tres tubos de vidrio, de forma diferente y tapados por la parte sumergida mediante una lámina metálica:



Según la experiencia las laminillas metálicas no son desplazadas por la presión (P) que se ejercen sobre ellas y en los tubos de vidrio no entra líquido del reciente. Podemos concluir: la presión ejercida en el interior de un líquido actúa en todas las direcciones y sentidos y siempre perpendicularmente a la superficie del cuerpo.

Presión Hidrostática
http://definicion.de/presion-hidrostatica/

Presión Hidrostática
http://www.slideshare.net/pamonterod/presdion-hidrostatica

Video: Presión Hidrostática
http://www.youtube.com/watch?v=S4zAkHA_AkQ

Laboratorio virtual: Concepto de presión.
Presión hidrostática.
Principio de Pascal.
Principio de Arquímedes.
Presión atmosférica.
http://fisicayquimicaenflash.es

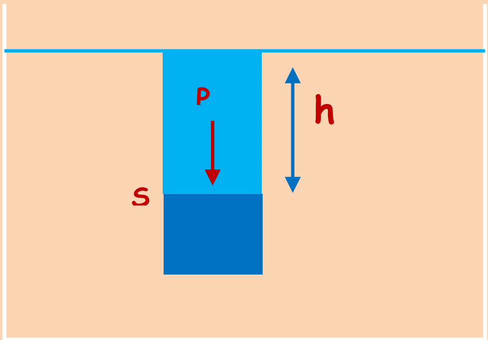
Presión hidrostática
http://www.monografias.com/trabajos35/hidrostatica-hidrodinamica/hidrostatica-hidrodinamica.shtml

Podemos definir la Presión Hidrostática: La presión ejercida por un líquido en virtud de su peso (columna del líquido) sobre la superficie de todo cuerpo en contacto con él.

Ecuación que nos proporciona el valor de la Presión Hidrostática:

Supongamos un cuerpo sumergido en un recipiente con un líquido, por ejemplo, agua:

P = F / S (1)



F = Peso de la columna de líquido de altura "h" que está por encima del cuerpo

S = Superficie de la de la base de la columna de líquido =
= superficie de la cara superior del cuerpo

Trabajando con la ecuación (1):

$$P = \frac{F}{S} = \frac{Peso}{S} = \frac{m \cdot g}{S} \quad (2)$$

Como no podemos calcular la masa de la columna de agua, haremos uso de la densidad del agua:

$d_{agua} = m_{agua}/V$

Despejamos la masa → $m_{agua} = d_{agua} \cdot V$ (3)

De la última ecuación (3) no conocemos el V de la masa de agua, pero sí sabemos que el volumen equivale a:

V = Área de la Base . altura = S . h

La ecuación (3) nos quedaría de la forma:

$m_{agua} = d_{agua} \cdot S \cdot h$

Llevamos la última ecuación a la ecuación (2):

$$P = \frac{d_{agua} \cdot \cancel{S} \cdot h \cdot g}{\cancel{S}}$$

$P = d_{agua} \cdot h \cdot g$

$P = d_{líquido} \cdot h \cdot g$ (4)

La ecuación anterior constituye la Ecuación Fundamental de la Hidrostática.

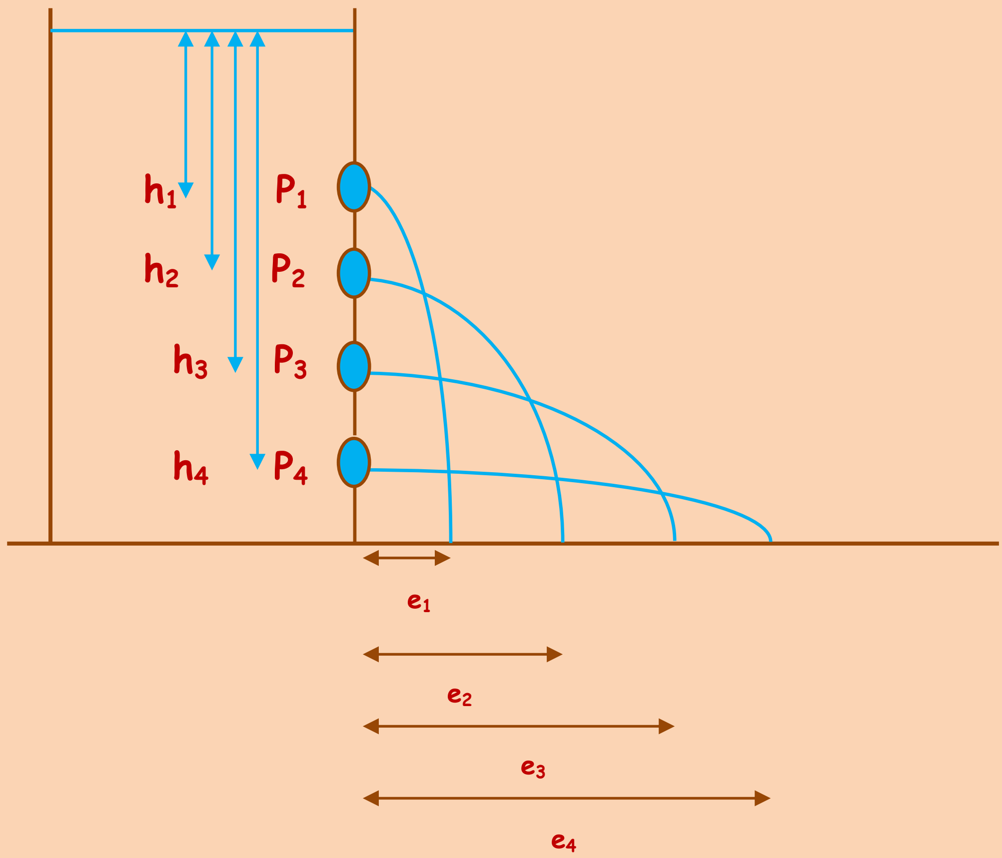
Según el citado Principio observamos que la presión que ejerce un líquido sobre los cuerpos situados en su interior:

a) No depende del cuerpo
b) Depende de la densidad del líquido
c) Depende de la profundidad a la que se encuentre el cuerpo

Podemos generalizar más: La presión que ejerce un líquido depende de la profundidad del punto donde queremos conocer la presión.

Esta conclusión la podemos demostrar mediante la siguiente experiencia:

Supongamos que estamos viendo una película del "oeste". Al rancho de los "buenos" llegan los vandidos y disparan al depósito del agua realizando en el mismo orificios situados a diferente altura.



A mayor profundidad, mayor presión y el chorro de líquido que sale alcanza más longitud.

Problema resuelto

¿Qué fuerza soporta una persona de 110 dm^2 de superficie, sumergida en una piscina a 3 metros de profundidad?. Supón que la densidad del agua es 1g/cm^3.

Resolución

Datos:

$S = 110\ d\cancel{m}^2 \cdot (1\ m^2 / 100\ d\cancel{m}^2) = 1,10\ m^2$

$h = 3\ m$

$d_{agua} = (1\cancel{g}/c\cancel{m}^3) \cdot (1\ Kg/1000\ \cancel{g}) \cdot (1000000\ c\cancel{m}^3/m^3) =$

$= 1000\ Kg/m^3$

Unidades en el S.I.

$P_{Hidrostática} = F / S \rightarrow F = P_{Hidrostática} \cdot S \quad (1)$

Calculemos la presión a dicha profundidad:

$P_{Hidrostática} = d_{agua} \cdot g \cdot h$

$P_{Hidrostática} = 1000 \cdot 9,8 \cdot 3 = 29400\ N/m^2$

Volviendo a (1):

$F = 29400\ (N/\cancel{m}^2) \cdot 1,10\ \cancel{m}^2 = 32340\ N$

Problema resuelto

El tapón de una bañera es circular y tiene 5 cm de diámetro. La bañera contiene agua hasta una altura de 40 cm. Calcula la presión que ejerce el agua sobre el tapón y la fuerza vertical que hay que realizar para levantarlo.

Resolución

Datos:

Área del circulo = $\pi \cdot r^2$

r = ½ Diametro = ½ . 5 cm = 2,5 cm . 1 m/100 cm =

= 0,025 m

Área = 3,14 . (0,025 m)^2 = 0,0019 m^2

$d_{agua} = (1\ \cancel{g}\ /\cancel{cm}^3) \cdot (1\ Kg/1000\ \cancel{g}) \cdot (1000000\ \cancel{cm^3}/\ 1\ m^3) =$

$= 1000\ Kg/m^3$

$h = 40\ \cancel{cm} \cdot (1\ m\ /\ 100\ \cancel{cm}) = 0,40\ m$

Calculemos la presión debida al agua sobre el tapón a esa profundidad:

$P_{Hidrostática} = d_{agua} \cdot h \cdot g$

$P_{Hidrostática} = (1000\ Kg/m^3) \cdot 0,40\ m \cdot (9,8\ m/s^2) = 3920\ N/m^2$

Sabemos que:

$P_{Hidrostática} = F\ /\ S$

$F = P_{Hidrostática} \cdot S$

$F = 3920\ N/\cancel{m^2} \cdot 0,0019\ \cancel{m^2} = 7,45\ N$

Este es el valor de la fuerza que actúa sobre el tapón vertical y perpendicularmente hacia abajo. Debemos ejercer una fuerza superior a 7,45 N.

Problema resuelto

Calcular la altura que debe alcanzar un aceite en un recipiente para que, en el fondo del mismo, la presión sea igual a la debida a una columna de 0,15 m de mercurio.
La densidad del aceite es 810 kg/m^3 y la del mercurio 13,6 g/cm^3.

Resolución

$h = 0,15\ m\ (Hg)$

$d_{Hg} = (13,6\ \cancel{g}/\cancel{cm^3}) \cdot (1\ Kg/1000\ \cancel{g}) \cdot (1000000\ \cancel{cm^3}/\ 1\ m^3) =$

$= 13600\ Kg/m^3$

$P_{Hg} = d_{Hg} \cdot h \cdot g$

$P_{Hg} = (13600\ Kg/m^3) \cdot (0,15\ m) \cdot (9,8\ m/s^2) = 19992\ N/m^2$

Para el aceite → $P_{Hg} = P_{aceite}$ (1)

$P_{aceite} = d_{aceite} \cdot h_{aceite} \cdot g$

Nos vamos a (1):

$19992\ N/m^2 = d_{aceite} \cdot h_{aceite} \cdot g$

$h_{aceite} = (19992\ N/m^2)/(810\ Kg/m^3 \cdot 9{,}8\ m/s^2)$

$= 2{,}51\ m$

Problema resuelto

Se vierte agua y un aceite en un tubo en U y se observa que las alturas que alcanzan los líquidos son: 5 cm el agua y 5,9 cm el aceite. Sabiendo que la densidad del agua es 1 g/cm^3 , ¿Cuál es la densidad del aceite?.

Resolución

En el tubo en U se debe cumplir:

$P_{agua} = P_{aceite}$

$d_{agua} \cdot h_{agua} \cdot g = d_{aceite} \cdot h_{aceite} \cdot g \quad (1)$

$h_{agua} = 5\ \cancel{cm} \cdot (1\ m/100\cancel{cm}) = 0{,}05\ m$

$d_{agua} = (1\ \cancel{g}/\cancel{cm^3}) \cdot (1\ Kg/1000\ \cancel{g}) \cdot (1000000\ \cancel{cm^3}/1\ m^3) =$

$= 1000\ Kg/m^3$

$h_{aceite} = 5{,}9\ \cancel{cm} \cdot (1\ m/100\ \cancel{cm}) = 0{,}059\ m$

Con estos datos nos vos a la ecuación (1):

$1000\ Kg/m^3 . 0{,}05\ m.(\cancel{9{,}8}\ m/s^2) = d_{aceite}.0{,}059\ m.(9{,}8\ \cancel{m/s^2})$

$50\ Kg/m^2 = d_{aceite} \cdot 0{,}059\ m$

d_{aceite} = 50 (Kg/m2) / 0,059 m = 847,45 Kg/m^3

Problema resuelto

Los submarinos pueden sumergirse hasta unos 200 metros de profundidad. A) Calcula la presión que soportan las paredes de un submarino debido al peso del agua. B) Determina la fuerza que actúa sobre una escotilla de 1 m^2 de área.
Dato: dmar = 1025 Kg/m^3

Resolución

h = 200 m
$d_{aguamar}$ = 1025 Kg/m^3

A)

$P = d_{aguamar} \cdot h \cdot g = 1025\ K/m^3 \cdot 200\ m \cdot 9{,}8\ m.s^{-2} =$

$= 2009000\ N/m^2 = 2009000\ Pa$

B)

$P = F / S$

$F = P \cdot S$

$F = 2009000\ N/m^2 \cdot 1\ m^2 = 2009000\ N$

Problema Propuesto

Los restos del *Titanic* se encuentran a una profundidad de 3800 m. Si la densidad del agua del mar es de 1,03 g/cm3, determina la presión que soporta debida al agua del mar.

Resolución

Datos:

h = 3800 m

$d_{aguamar} = (1{,}03\ \cancel{g}/c\cancel{m}^3) \cdot (1Kg/1000\ \cancel{g}) \cdot (1000000\ c\cancel{m}^3/m^3) =$

$= 1030\ Kg/m3$

PFH:

$P_{aguamar} = d_{aguamar} \cdot h_{aguamar} \cdot g$

$P_{aguamar} = 1030\ Kg/m^3 \cdot 3800\ m \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 38357100\ N/m^2$

Problema Propuesto

Una bañera contiene agua hasta 50 cm de altura. A) Calcula la presión hidrostática en el fondo de la bañera. B) Calcula la fuerza que hay que realizar para quitar el tapón de 28 cm^2 de superficie, situado en el fondo de la bañera.
Densida del agua = 1 g/cm3

Resolución

Datos:

$$h = 50\ c\cancel{m} \cdot \frac{1\ m}{100\ c\cancel{m}} = 0{,}50\ m$$

$d = (1\ \cancel{g}/c\cancel{m}^3) \cdot 1\ kg/1000\ \cancel{g}) \cdot (1000000\ c\cancel{m}^3/m^3) =$

$= 1000\ Kg/m^3$

$1\ m^2$

$$Superficie = 28\ cm^2 \cdot \frac{1\ m^2}{10000\ \cancel{cm^2}} = 0{,}0028\ m^2$$

A)

$P_{Hidrostática} = d_{agua} \cdot h_{agua} \cdot d$

$P_{Hidrostática} = 1000\ Kg/m^3 \cdot 0{,}5\ m \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 4900\ N/m^2$

B)

De:

P = F/S podemos despejar la fuerza:

$F = P \cdot S$

$F = P_{Hidrostática} \cdot S = 4900\ N/\cancel{m^2} \cdot 0{,}0028\ \cancel{m^2} = 13{,}72\ m$

Problema Propuesto

Calcula la presión hidrostática que se ejerce sobre el fondo de un depósito en la que el agua alcance 40 cm. de altura. Densidad del agua = 1000 kg/m^3

Resolución

Datos:

$$h = 40\ \cancel{cm} \cdot \frac{1\ m}{100\ \cancel{cm}} = 0{,}40\ m$$

$d_{Agua} = 1000\ Kg/m^3$

$P_{Hidrostática} = d_{agua} . h_{agua} . g$

$P_{Hidrostática} = 1000 \ Kg/m^3 . 0,40 \ m . 9,8 \ m/s^2 = 3920 \ N/m^2 =$

$= 3920 \ Pa$

Problema Resuelto

¿Qué diferencia de presión existe entre dos puntos situados, respectivamente, a 20 y a 35 cm, por debajo del nivel del agua?

Resolución

$d_{agua} = (1 \ g/cm^3) . (1 \ Kg/1000 \ g) . (1000000 \ cm^3/m^3) =$

$= 1000 \ Kg/m^3$

$h_{20} = 20 \ \cancel{cm} . (1 \ m/100 \ \cancel{cm}) = 0,20 \ m$

$h_{35} = 35 \ \cancel{cm} . (1 \ m/100 \ \cancel{cm}) = 0,35 \ m$

La EFH también la podemos expresar de la forma:

$\Delta P = d . \Delta h . g$

$P_{mayor} - P_{menor} = \Delta P = d . (h_{mayor} - h_{menor}) . g =$

$= 1000 \ Kg/m^3 . (0,35 \ m - 0,20 \ m) . 9,8 \ m/s^2 =$

$= 1470 \ N/m^2 = 1470 \ Pa$

Problema Propuesto

¿Qué altura debe tener una columna de aceite de densidad 0,916 kg/L para ejercer la misma presión que una columna de mercurio de 15 cm de altura y una densidad de 13600 kg/m³?

Datos:

$d_{aceite} = (0,916\ kg/\cancel{L})\ .\ (1\cancel{L}/1000\ c\cancel{m}^3)\ .\ (1000000\ c\cancel{m}^3/m^3) =$

$= 916\ Kg/m^3$

$d_{Mercurio} = 13600\ Kg/m^3$

$h_{Mercurio} = 15\ \cancel{cm}\ .\ (1m/100\ \cancel{cm}) = 0,15\ m$

Se debe cumplir:

Palcohol = Paceite

$d_{alcohol}\ .\ h_{alcohol}\ .\ g = d_{Mercurio}\ .\ h_{Mercurio}\ .\ g$

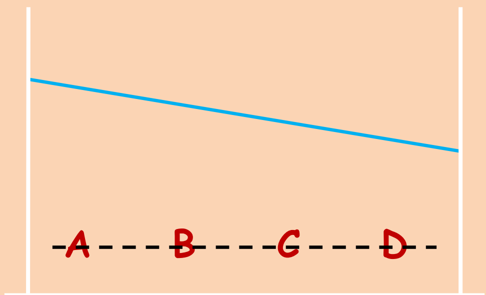
$916\ Kg/m^3\ .\ h_{alcohol}\ .\ \cancel{g} = 13600\ Kg/m^3\ .\ 0,15\ m\ .\ \cancel{g}$

$h_{alcohol} = (13600\ Kg/m^3\ .\ 0,15\ m)\ /\ 916\ Kg/m^3 = 2,23\ m$

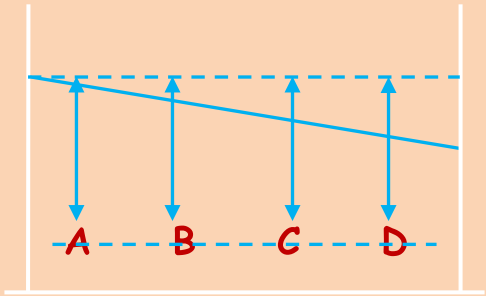
3.2.- Principio de Pascal

La experiencia nos dice que: En un líquido todos los puntos de una superficie horizontal están sometidos a la misma presión.

¿Por qué en una piscina la superficie del algua no está inclinada?

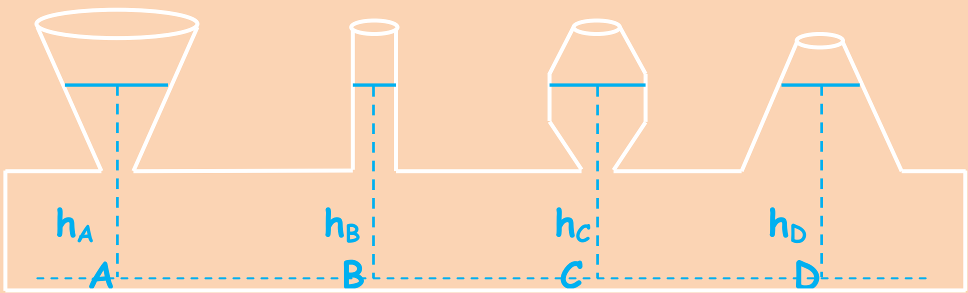


Si los puntos A, B, C y D están anileados deben estar a la misma ltura de la superficie, es decir, deben estar a la misma profundidad:



La igualdad de profundidad obliga a que la superficie de una piscina deba ser NO INCLINADA.

Esta última conclusión explica perfectamente lo que se conoce como Vasos Comunicantes. Tenemos varios recipientes de vidrio, diferentes y comunicados entre sí. En todos ellos al añadir un líquido el nivel que alcanza ese líquido en cada uno de los recipientes es el mismo. Veámoslo:

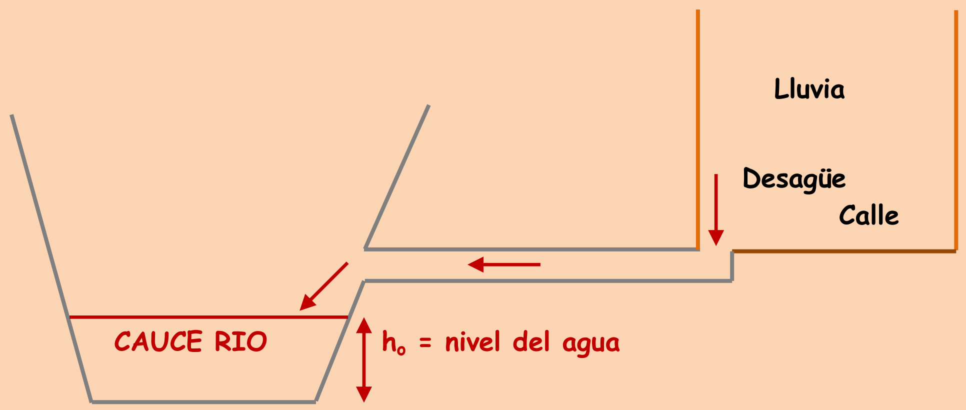


Como los puntos A, B, C y D pertenecen a una misma superficie están todos alineados y por lo tanto soportando la misma presión. Como:

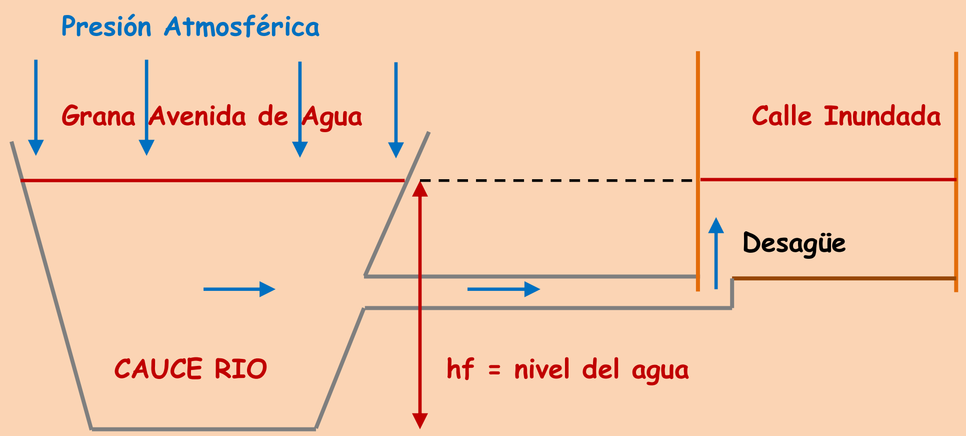
$$P = d_{líquido} \cdot h \cdot g$$

La densidad es la misma (se trata de unlíquido determinado), la gravedad es una constante luego para que soporten la misma presión la altura o profundidad del líquido debe ser igual en todos los recipientes, independientemente de la forma de estos.

Los Vasos Comunicantes nos explican las inundaciones de las calles de los pueblos. Veamos un croquis:



Lluvias intensas, subida del nivel del agua en el rio:



Video: Nivel de Manguera
https://www.youtube.com/watch?v=OO6CcmLGci0&t=29s

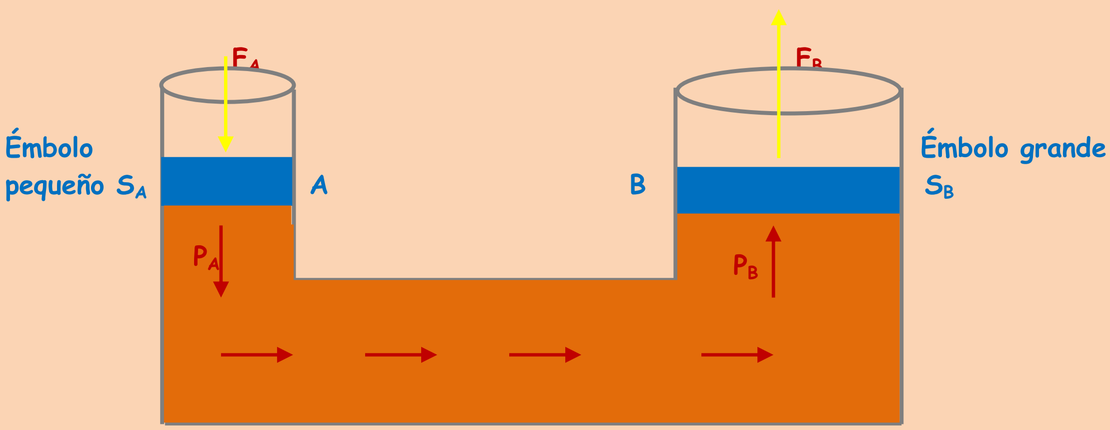
Todo lo leído y visto anteroirmente lo podemos entender con los estudios y conclusiones de Pascal que le llevaron a enunciar el Teorema que lleva su nombre: La presión ejercida sobre un punto de un líquido en equilibrio dentro de un recipientese de paredes indeformables transmite en él con la misma intensidad en todas direcciones y sentidos.

La aplicación práctica del teorema de Pascal la tenemos en muchos ejemplos, entre ellos:

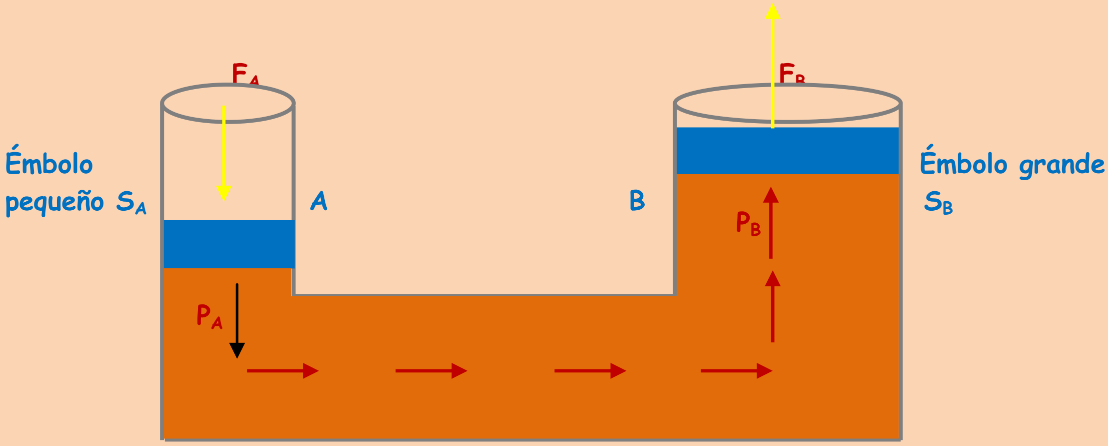
a) Prensa hidráulica
b) Freno hidráulico
c) Eelevadores hidráulicos

Video: Ascensores hidráulicos
http://www.youtube.com/watch?v=uE7Em5Afu_Y&feature=related

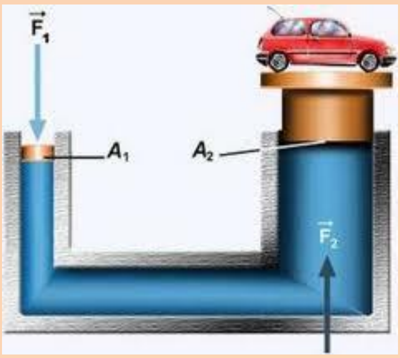
Para explicar el Teorema de pascal veamos un croquis de la prensa hidálica:



Al ejercer una fuerza exterior F_A sobre el émbolo pequeño (izquierda) de sección S_A creamos una presión P_A que se transmite con igual intensidad en todas las direcciones de la prensa (aceite) llegando al émbolo grande (derecha) transformándose en una presión P_B (de igual intensidad a P_A) que al actual sobre la sección S_B se crea una fuerza F_B que hace posible que el émbolo grande se eleve.



La aplicación práctica consiste en poner un cuerpo en el émbolo B para elevarlo a la altura que deseemos. En esquema clarificatorio lo tenemos en el siguiente dibujo:



El principio teórico de todo este montaje consiste en crear una presión que se transmite en todas las dirección y con la

misma intensidad. En el émbolo se crea una fuerza que nos permite elevar un cuerpo.

Todo lo dicho parte de la condición:

$$P_A = P_B \quad (1)$$

Recordemos que:

$P = F/S$

En el émbolo A:

$P_A = F_A/S_A$

En el émbolo B:

$P_B = F_B/S_B$

Si nos vamos a la ecuación (1):

$$\frac{F_A}{S_A} = \frac{F_B}{S_B}$$

Obteneos la ecuación correspndiente al Teorema de Pascal.

Animación: Prensa hidráulica
http://www.educaplus.org/game/principio-de-pascal

Video: Gato Hidráulico
https://www.youtube.com/watch?v=usEhG-uxA08

Ejercicio resuelto

Sobre el émbolo menor, de 10 cm2 , de una prensa hidráulica se aplica una fuerza de 250 N. ¿Qué fuerza se ejercerá sobre el émbolo mayor de 400 cm2 ?

Resolución

$S_A = 10\ cm^2$
$F_A = 250\ N$
$S_B = 400\ cm^2$

Recordemos:

$F_A/S_A = F_B/S_B$

$250\ N/10\ cm^2 = F_B/400\ cm^2$

Despejamos F_B:

$F_B = (F_A \cdot S_B) / S_A$

$F_B = (250\ N \cdot 400\ cm^2)/10\ cm^2 = 100000\ N \cdot \cancel{cm^2}/10\ \cancel{cm^2} =$

$= 10000\ N$

Ejercicio resuelto

En un elevador de estación de servicio, el embolo grande mide 30cm de diámetro, y el pequeño 2cm de diámetro. ¿Qué fuerza se necesitará ejercer en el embolo pequeño para levantar un automóvil, que junto con el émbolo grande y las vigas de soporte, pesa 35.000N?

Resolución

R_B = ½ . D_B = ½ . 30 cm = 15 $\cancel{cm}$. (1 m/100 $\cancel{cm}$) = 0,15 m
R_A = ½ . D_A = ½ . 2 cm = 1 $\cancel{cm}$. (1 m/100 $\cancel{cm}$) = 0,01 m
$S_A = π . R_A^2 = π . (0{,}01\ m)2 = 0{,}0001\ π . m^2$
$S_B = π . R_B^2 = π . (0{,}15)2 = 0{,}0225\ π . m^2$

Sabemos que:

FA/SA = FB/SB

$FA = (F_B . S_A)/S_B$

$F_A = (35000\ N . 0{,}0001\ π . m^2)/0{,}0225\ π . m^2$

$F_A = 3{,}5\ N . \cancel{π} . \cancel{m^2}/0{,}0225\ \cancel{π} . \cancel{m^2}$ = 140 N

Ejercicio resuelto
Calcular el área que debe tener el embolo mayor de una prensa hidráulica para obtener una fuerza de 2500N, cuando el émbolo menor tiene un área de 22cm2 y se aplica una fuerza de 150N.

Resolución

F_B = 2500 N
F_A = 150 N
$S_A = 22\ cm^2 . (1\ m^2/10000\ cm^2) = 0{,}0022\ m^2$
S_B?

Pascal nos quide:

$F_A/S_A = F_B/S_B$

$(S_B \cdot F_A)/S_A = FB$

$S_B = (F_B \cdot S_A)/F_A = (2500\ N \cdot 0{,}0022\ m2)/150\ N =$

$= (5\ \cancel{N} \cdot m^2)/150\ \cancel{N} = 0{,}033\ m^2$

Ejercicio resuelto
Sobre el plato menor de una prensa se coloca una masa de 16kg. Calcula qué masa se podría levantar colocada en el plato mayor, cuyo radio es el doble del radio del plato menor.

Resolución

La F_A corresponde al peso de la masa de 16 Kg:

$P = m \cdot g = 15\ Kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 147\ N = F_A$

F_B equivale al peso del cuerpo situado sobre el émbolo B:

$F_B = P_B = m_B \cdot g$ (1)

Nos dice el ejercicio que:

$R_B = 2\ R_A$ (2)
$S_A = \pi \cdot R_A^2$
$S_B = \pi \cdot R_B^2$ (2)

Si llevamos la equivalencia en (1) a la ecuación (2):

$S_B = \pi\ (2\ R_A)^2 = 4\ R_A^2 \cdot \pi$

Nos vamos con Pacal:

$FA/SA = FB/SB$

$(P_A/\pi \,.\, R_A^2)/(P_B/4\, R_A^2 \,.\pi)$

$(147\ N \,.\, \pi \,.\, R_A^2)\ /\ (PB/4\ RA2 \,.\, \pi)$

$P_B = 4\, \cancel{R_A^2} \,.\, \cancel{\pi} \,.\, 147\ N\ /\ \cancel{\pi} \,.\, \cancel{RA^2}$

$P_B = 4 \,.\, 147\ N = 588\ N$

Recordemos que:

$P_B = m_B \,.\, g$

$m_B = P_B/g = 588\ N\ /\ 9{,}8\ (Kg/m^2)$

$m_B = 59{,}51\ Kg$

Ejercicio resuelto
Si en una prensa hidráulica el émbolo más chico tiene un diámetro de 3cm y el émbolo más grande es de 40cm de diámetro. ¿Qué fuerza resulta en el embolo grande, cuando el pequeño se aplica una fuerza de 180N?

Resolución

Datos y cambio de unidades al S.I.

$R_A = \frac{1}{2} \,.\, D_A = \frac{1}{2} \,.\, 3\ \cancel{cm} \,.\, (1\ m/100\ \cancel{cm}) = 0{,}015\ m$

$R_B = \frac{1}{2} \,.\, D_B = \frac{1}{2} \,.\, 40\ \cancel{cm} \,.\, (1\ m/100\ \cancel{cm}) = 0{,}2\ m$

$F_A = 180\ N$

$S_A = \pi \,.\, (R_A)^2 = \pi \,.\, (0{,}015\ m)^2 = 0{,}000225\ \pi\ m^2$

$S_B = \pi \,.\, (R_B)^2 = \pi \,.\, (0{,}2\ m)^2 = 0{,}04\ \pi\ m^2$

Pascal:

FA/SA = FB/SB

180 N / (0,000225 π m²)/ FB/(0,04 π . m²)

$F_B = 180\ N\ .\ 0{,}04\ \cancel{\pi}\ .\ \cancel{m^2}/(0{,}000225\ \cancel{\pi}\ .\ \cancel{m^2})$

$F_B = 800000\ N$

Ejercicio resuelto

¿Qué proporción deberían guardar los platos de una prensa hidráulica para que, aplicando 40N de fuerza en el plato menor, podamos levantar un objeto de 80Kg en el plato mayor?

Resolución

Leido el ejercicio lo que nos pide es la relación entre las áreas de los émbolos.

Datos:

$F_A = 40\ N$

$F_B = PB = m\ .\ g = 80\ Kg\ .\ 9{,}8\ m/s2 = 784\ N$

El TDP:

$F_A/S_A = F_B/S_B$

Sustituimos valores:

$40 \text{ N}/S_A = 784 \text{ N}/S_B$

De donde:

$S_B/S_A = 784 \text{ N}/40 \text{ N}$

$S_B/S_A = 19,6 \rightarrow S_B = 19,6\ S_A$

El área del émbolo grande es 19,6 veces mayor que el área del embolo menor.

Ejercicio resuelto

¿Qué fuerza es preciso aplicar sobre un émbolo de 650 cm2 , para elevar un automóvil de 1250 kg situado en un émbolo de 6 m2?

Resolución

Por las particularidades de la ecuación del Teorema de Pascal las unidades de las magnitudes podemos ponerlas como queramos pero con la condición de que en los miembros de la misma sean las misma. Si hay que hacer cambios nos iremos por obligación al S.I.

Datos:

$S_A = 6 \text{ m}^2$

$S_B = 650 \cancel{\text{cm}^2} \cdot (1 \text{ m}^2/10000 \cancel{\text{cm}^2}) = 0,0650 \text{ m}^2$

$F_B = P_B = m_B \cdot g = 1250 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m/s2} = 12250 \text{ N}$

Teorema de Pacal:

$F_A/S_A = F_B/S_B$

$(F_A/0,0650\ m^2) = (12250\ N/6\ m^2)$

$F_A = (12250\ N\ .\ 0,0650\ \cancel{m^2})/6\ \cancel{m^2})$

$F_A = 132,7\ N$

Ejercicio resuelto

En una prensa hidráulica , con una fuerza de 20N en el embolo de sección pequeña, se elevan 200N situados en el otro. ¿Qué relación debe de existir entre las secciones de los émbolos?

Resolución

Datos:

$F_A = 20\ N$
$F_B = 200\ N$

Relación implica cociente entre las dos magnitudes que queremos comparar. Para ello y según Pascal:

$F_A/S_A = F_B/S_B$

$S_B/S_A = F_B/F_A$

$S_B/S_A = 200\ \cancel{N}/20\ \cancel{N}$

$S_B/SA = 10$

S_B = 10 SA

El área del émbolo grande es 10 veces superior al área del émbolo pequeño.

Ejercico resuelto

Los cilindros de una prensa hidráulica tiene superficies de 5 y 50cm2 . Si se hace una fuerza de 500N en el primero, y se tiene un peso de 6000N en el otro. ¿Se elevará éste? ¿Por qué de tu respuesta?

Resolución

Datos:

F_A = 500 N
S_A = 5 cm^2
S_B = 50 cm^2
F_B = P_B = 6000 N

Debemos conocer la FB del émbolo grande de la prensa hidráulica y comprobar si puede elevar los 6000 N. Para ello y según Pascal:

$F_A/S_A = F_B/S_B$

$F_B = F_A \cdot S_B / S_A$

$F_B = 500\ N \cdot 50\ c\cancel{m}^2/5\ c\cancel{m}^2$

F_B = 5000 N

La F_B de la prensa cumple la condición $F_B < P_B$ lo que implica que el cuerpo no podrá ser elevado.

Problema resuelto

En una prensa hidráulica, el pistón menor tiene una superficie de 0'05 m^2, y el mayor, de 0'8 m^2. Sobre el menor se aplica una fuerza de 550 N. ¿Qué fuerza es comunicada al pistón mayor?

Resolución:

$S_A = 0,05\ m^2$ (menor)
$S_B = 0,8\ m^2$ (mayor)
$F_A = 550\ N$

Pascal:

$F_A/S_A = F_B/S_B$

$F_B = F_A \ .\ S_B\ /\ S_A$

$F_B = 550\ N\ .\ 0,8\ m^2\ /\ 0,05\ m^2 = 8800\ N$

Problema resuelto

Un elevador hidráulico consta de dos émbolos de sección circular de 3 y 60 cm de radio, respectivamente. ¿Qué fuerza hay que aplicar sobre el émbolo menor para elevar un objeto de 2000 kg de masa colocado en el émbolo mayor?

Resolución

Datos:

$R_A = 3\ \cancel{cm}\ .\ (1\ m/100\ \cancel{cm}) = 0,03\ m$
$R_B = 60\ \cancel{cm}\ .\ (1\ m/100\ \cancel{cm}) = 0,6\ m$

$S_A = \pi\ .\ R_A^2 = \pi\ .\ (0,03\ m)^2 = 0,0009\ \pi\ .\ m^2$
$S_B = \pi\ .\ R_B^2 = \pi\ .\ (0,6\ m)^2 = 0,36\ \pi\ .\ m^2$

$F_B = P_B = m_B \cdot g = 2000\ Kg \cdot 9{,}8\ m/s2 = 19600\ N$

Según Pascal:

$F_A/S_A = F_B/S_B$

$F_A = (F_B/S_B) \cdot S_A$

$F_A = (19600\ N/0{,}36\ \pi \cdot m^2) \cdot 0{,}0009\ \pi \cdot m^2$

$F_A = 49\ N$

PISAR CONTRO y *PINCHAR*: física y química ESO
Laboratorio virtual: Concepto de presión.
Presión hidrostática.
Principio de Pascal.
Principio de Arquímedes.
Presión atmosférica.
http://fisicayquimicaenflash.es

3.3.- La presión Atmosférica

La atmósfera está constituida por un conjunto de gases al que se le llama Aire. El aire tiene masa, por lo tanto tiene peso y puede ejercer una fuerza sobre los cuerpos que son envueltos por él y en consecuencia producir una presión que se conoce como Presión Atmosférica.

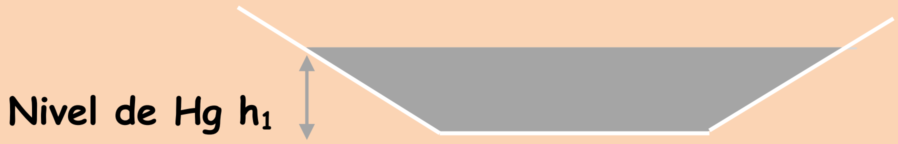
La presión atmosférica, al igual que la Presión Hidrostática, se ejerce con la misma intensidad en todos los sentidos y direcciones del medio donde se ejerce.

Video: Efecto de la presión atmosférica
https://www.youtube.com/watch?v=hVBLseIXMnY

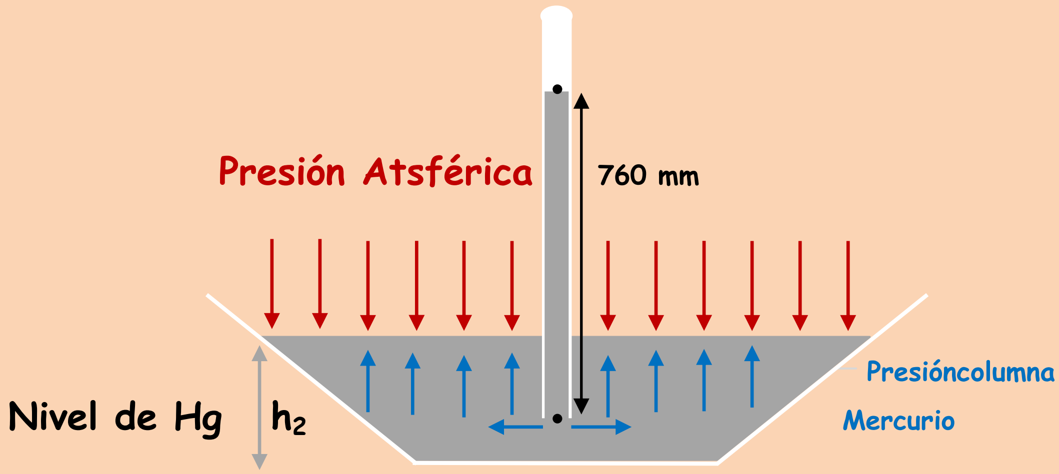
Video: Acción de la presión atmosférica
https://www.youtube.com/watch?v=QrdGn6YnJbw

Video: Paracaidismo en caída libre
http://www.youtube.com/watch?v=0LH-L6UUeNs&feature=related

El valor de la Presión Atmosférica fue determinado por Torricelli mediante un experimento que lleva su nombre: Tomó una cubeta de cristal y le añadió Mercurio.



Por otra parte tomó un tubo de vidrio largo, cerrado por uno de sus extremos, y lo llenó de Mercurio. A continuación, con el dedo pulgar, tapó la parte libre del tubo le dio la vuelta y lo introdujo en la cubeta con Mercurio:



Observó que la altura de Mercurio el tubo descendía un poco mientras que el nivel del mercurio en la cubeta aumentaba. El sistema se estabilizaba cuando la presión ejercida por el Mercurio es compensada por la presión atmosférica.

Se cumple que:

Presión atmosférica = Presión ejercida por una columna de Hg

Midió la altura de la columna de Mercurio siendo ésta de 760 mm de altura. Dicho de otra forma:

La Presión Atmosférica equivale a la presión que ejerce una columna de Mercurio de 760 mm de altura"

La presión ejercida por la columna de Hg la podemos conocer mediante la ecuación del Principio Fundamental de la Hidrostática:

$P_{Hg} = d_{Hg} \cdot g \cdot h$ (1)

Datos:

$d_{Hg} = 136000\ Kg/m^3$
$h = 760\ \cancel{mm} \cdot (1\ m/1000\ \cancel{mm}) = 0{,}760\ m$

Nos vamos a la ecuación (1):

$P_{Hg} = 136000\ Kg/m^3 \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot 0{,}76\ m = 101300\ N/m^2 =$

$= 101300\ Pa$

Podemos entonces establecer que la Presión Atmosférica, al nivel del mar, es de 101300 Pa

Recordar que las unidades de presión, vistas hasta el momento, son:

N/m^2 ; atm y mmHg

En el campo de la Meteorología se utiliza el milibar (mb) que es la milésima parte del bar.

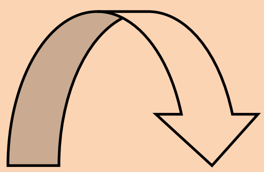
Las equivalencias entre las diferentes unidades de presión son:

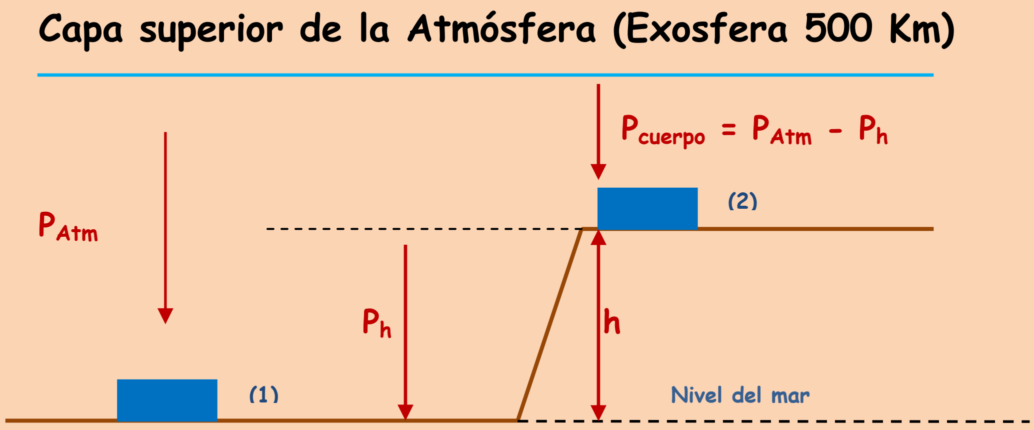
1 atm = 760 mmHg = 1013 mb = 1,013 bar = 101300 Pa

El valor de la Presión Atmosférica disminuye al aumentar la altura.

Esta últma afirmación no está de acuerdo con el aumento de la columna de aire al subir en la altura. Pero es cierta por que el Sistema de Referencia no está al nivel del mar si no en la parte alta de la Atmósfera . El ascender desde el nivel del mar implica una disminución de la columna de aire con respecto al nuevo Sistema de Referencia.

Demostración:





Ph es la presión creada por una columna de aire de altura "h" igual a la altura donde se encuentra el cuerpo en posición elevada (2).

Ejercicio resuelto

Calcular el valor de ña presión atmosférica que sufre una persona que vive en una ciudad de 2500 m de altitud sobre el nivel del mar. Densidad del aire 1,2 Kg/m3; densidad del mercurio 13600 Kg/m3.

Resolución

Presión ejercida por una columna de atmósfera de 2500 m de altura:

$P_h = d_{aire} \cdot h_{aire} \cdot g = 1{,}2\ Kg/m^3 \cdot 2500\ m \cdot 9{,}8\ m/s^2 =$

$= 29400\ N/m^2\ (Pa)$

$P_{Atmnivelmar} = d_{Hg} \cdot h_{Hg} \cdot g = 13600\ Kg/m^3 \cdot 0{,}76\ m \cdot 9{,}8\ m/s^2 =$

$= 101292{,}8\ N/m^2\ (Pa)$

En donde 0,76 m es la altura de la columna de mercurio.

La presión sobre la persona:

$P_{Persona} = P_{Atmnivelmar} - P_h$ = 101292,8 Pa – 29400 Pa =

= 71892,8 Pa

Ejercicio resuelto

El peso de la atmósfera sobre un metro cuadrado de la superficie terrestre es de 100000 newtons. Si la densidad de la atmósfera tuviese un valor constante de 1,2 kg/m³, ¿a qué altura estaría el límite superior de la atmósfera?. Resul: 8,3 Km

Resolución

$P_{PesoAtm}$ = 100000 N
d_{Atm} = 1,2 Kg/m^3
S = 1 m^2

Recordemos que:

$P_{Atm} = F/S = P_{PesoAtm}/S = 100000\ N/1\ m^2 = 100000\ N/m^2$

Por otra parte:

$P_{Atm} = d_{aire} \cdot h_{aire} \cdot g$

$100000\ N/m^2 = 1,2\ Kg/m^3 \cdot h_{aire} \cdot 9,8\ m/s^2$

$100000\ N/m^2 = 11,76\ Kg/m^3 \cdot m/s^2 \cdot h_{aire}$

$100000\ N/m^2 = 11,76\ Kg \cdot m/s^2 \cdot 1/m^3 \cdot h_{aire}$

$100000\ N/m^2 = 11{,}76\ N/m^3 \cdot h_{aire}$

$h_{aire} = (100000\ N/m^2)/(11{,}76\ N/m^3) =$

$= 8503{,}4\ (N/m^2)/(N/m^3)$

$h_{aire} = 8503{,}4\ (\cancel{N} \cdot m^3/\cancel{N} \cdot m^2) = 8503{,}4\ m$

Ejercicio resuelto

Calcula el valor de la presión atmosférica en lo alto de una montaña de 4000 m de altura. Dato: Daire = 1,293 kg/m3

Resolución

Datos:

$h = 4000\ m$
$daire = 1{,}2\ Kg/m^3$

Presión ejercida por una columna de aire de 4000 m de altura:

$P_{4000m} = d_{aire} \cdot h_{4000m} \cdot g$

$P_{4000m} = 1{,}2\ K/m^3 \cdot 4000\ m \cdot 9{,}8\ m/s^2$

$P_{4000m} = 47040\ N/m^2$

Presión en lo alto de la montaña:

$P_{montaña} = P_{nivelmar} - P_{4000m}$ (1)

$P_{nivelmar} = 101300\ N/m^2$

Nos vamos a (1):

$P_{montaña}$ = 101300 N/m^2 – 47040 N/m^2 = 54260 N/m^2 (Pa)

Ejercicio resuelto

El barómetro señala en cierto lugar 750 mm Hg y, después de ascender cierta altura marca 744 mm Hg. ¿Cuántos metros de desnivel hay entre los dos puntos? Dato: Daire = 1,2 kg/m3

Resolución

Datos:

P_1 = 750 mmHg
P_2 = 744 mmHg
d_{aire} = 1,2 Kg/m3
1 atm = 101300 N/m^2

Cambio de unidades:

Recordar que 760 mmHg = 1 atm = 101300 N/m^2 (Pa)

750 $\cancel{mmHg}$. (1 atm/760$\cancel{mmHg}$) = 0,986 atm = P_1

0,896 $\cancel{atm}$. (101300 N/m^2/1 $\cancel{atm}$) = 90764,8 N/m^2 = P_1

744 $\cancel{mmHg}$. (1atm/760 $\cancel{mmHg}$) = 0,978 atm = P_2

0,978 $\cancel{atm}$. (101300 N/m^2/1 $\cancel{atm}$) = 99071,4 N/m^2 = P_2

El Principio Fundamental de la Hidrostática también se puede expresar de la forma:

$\Delta P = d \cdot \Delta h \cdot g$ (1)

Δ = Variación de …..

Llevando a (1) los valores obtenidos y los datos:

$P_2 - P_1 = d_{aire} \cdot \Delta h \cdot g$

$99071{,}4\ N/m^2 - 90764{,}8\ N/m^2 = 1{,}2\ Kg/m^3 \cdot \Delta h \cdot 9{,}8\ m/s^2$

$8306{,}6\ N/m^2 = 11{,}76\ N/m^3 \cdot \Delta h$

$\Delta h = (8306{,}6\ N/m2)/(11{,}76\ N/m3) = 706{,}34\ (\cancel{N}/m^2/\cancel{N}/m^3)$

$\Delta h = 706{,}34\ m$

Ejercicio resuelto

Probablemente te preguntes por qué Torricelli utilizó mercurio y no agua. ¿Cuánto mediría la columna de líquido si realizase el experimento con agua? Dato: Dagua = 1000 kg/m3

Resolución

La columna de agua debe producir la misma Presión que una columna de Mercurio de 760 mm de altura. Esta presión que a nivel del mar tiene una presión de 101300 N/m^2. Aplicando el Principio Fundamental de la Hidrotática:

$P_{nivelmar} = d_{agua} \cdot h_{agua} \cdot g$

$101300\ N/m^2 = 1000\ Kg/m^3\ .\ h_{agua}\ .\ 9{,}8\ m/s^2$

$101300\ N/m2 = 9800\ h_{agua}\ .\ Kg\ .\ m/s^2\ .\ 1/m^3$

$101300\ N/m^2\ .\ m^3 = 9800\ .\ h_{agua}\ .\ Kg\ .\ m/s^2$

$101300\ N\ .\ m = 9800\ h_{agua}\ .\ N$

$h_{agua} = 101300\ \cancel{N}\ .\ m/9800\ \cancel{N} = 10{,}34\ m$

Ejercicio resuelto

Un paracaidista se lanza con un manómetro de precisión en su reloj. Si el paracaidista quiere abrir el paracaídas a 500 m de altura sobre el suelo ¿cuál será la lectura (en atm) que debe marcar su manómetro en ese momento? Dato: Daire = 1,3 kg/m3

Resolución

Recordemos que nuestro Sistema de Referencia se encuentra en la parte alta de la Atmósfera.

La presión ejercida por una columna de aire de 500 m de altura viene dada por la ecuación:

$P_{500m} = d_{aire}\ .\ h_{aire}\ .\ g$

$P_{500m} = 1{,}3\ Kg/m^3\ .\ 500\ m\ .\ 9{,}8\ m/s^2 =$

$= 6370\ N/m^2$

El parcidista debe abrir el paracaídas cuando el manómetro marque:

$P_{manómetro} = P_{nivelmar} - P_{500m}$ (1)

$P_{nivelmar} = 101300\ N/m^2$

Nos vamos a la ecuación (1) y sustituimos valores:

$P_{manómetro} = 101300\ N/m^2 - 6370\ N/m^2 = 94930\ N/m^2$

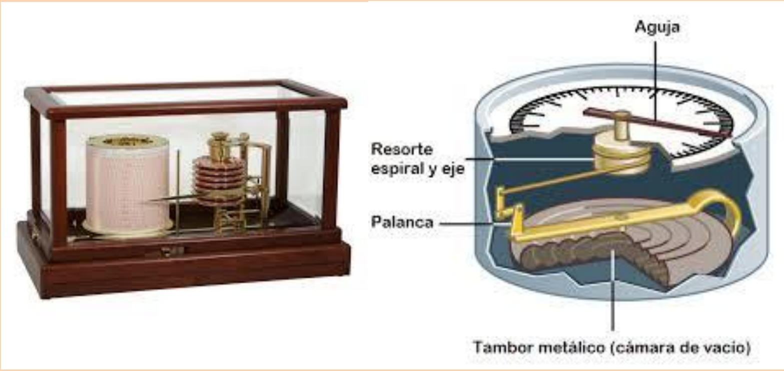
3.4.- Aparatos de medida de la presión atmosférica

La presión atmosférica se mide con un aparato llamado barómetro, que fue creado en 1643 por el físico y matemático Evangelista Torric. Las variaciones en la presión atmosférica crean una columna de vacío mayor o menor, haciendo que la altura del mercurio varíe dentro del tubo y se puedan hacer mediciones exactas.

Video: Funcionamiento del Barómetro de Mercurio
https://www.youtube.com/watch?v=PwLG4gMsRdI

Barómetro Aneroide

Contiene unas celdas selladas que se comprimen o se expanden en función de las condiciones de presión atmosférica.



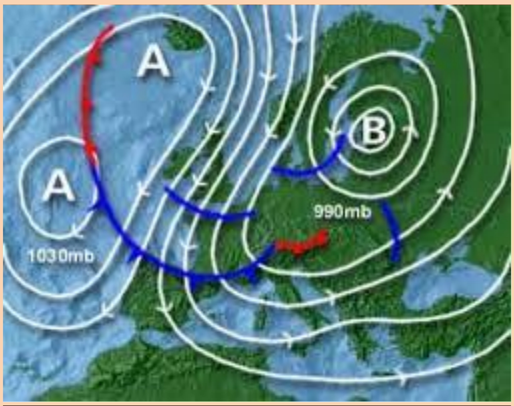
Video: Funcionamiento del Barómetro Aneroide (Subtitulado)
https://www.youtube.com/watch?v=GNCnhEtO3Qg

Se utilizan como elementos decorativos en los hogares:

3.5.- Presión Atmosférica y Climatología

Borrascas y anticiclones

Es importante que sepas que hay una estrecha relación entre el tiempo meteorológico y la presión atmosférica. De hecho, lo que habitualmente denominamos buen tiempo (cielo despejado) viene acompañado de valores altos de presión (anticiclón, A) y, por el contrario, el mal tiempo (nuboso o lluvioso) de valores de presión bajos (borrasca, B).



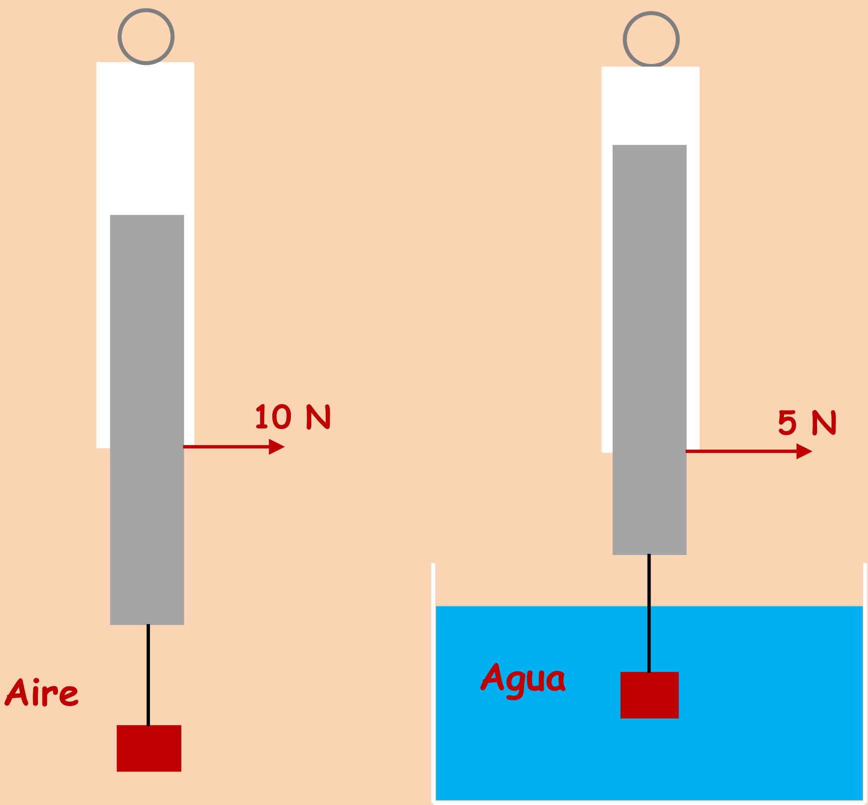
A partir de ahora, cuando observes los mapas del tiempo que suelen aparecer en televisión o en los periódicos fíjate en las curvas que aparecen. Son las isobaras, curvas que unen puntos que se encuentran a la misma presión

4.- Principio de Arquímedes

Recordáis el viaje en el tiempo que realizamos al principio del Tema. Pues voy a seguir contando batallitas de aquella época. La hora del baño era el momento más alegre de la jornada. Teníamos flotadores (cámaras de las ruedas de los camiones) y no todos. Otras veces, como el fondo estaba lleno de piedras nos dedicábamos a sacarlas y llevarlas a la orilla de la playa. En este proceso aparece otra cuestión que no me podía explicar ¿ Por qué cuando elevaba la piedra dentro del agua era más fácil que elevarla en el aire?. Algo debe estar ocurriendo dentro del agua. Lógicamente tuve que esperar al nivel correspondiente de Física para saber qué pasaba.

Nos encontramos en el estudio de las fuerzas que ejercen los fluidos sobre todos los sólidos que se encuentran en su seno.

Si volvemos del viaje y nos vamos al laboratorio de Física, podemos hacer la siguiente experiencia. Vamos a tomar un dinamómetro (aparato utilizado para determinar el peso de los cuerpos) y vamos a colgar de él un cuerpo:



Observamos que el mismo cuerpo no pesa lo mismo en el aire que en el agua. Nuevamente el agua hasta ejerciendo alguna acción.

Video: Flotabilidad en los barcos
http://www.youtube.com/watch?v=w0WUcajJino

Video: Globos aerostáticos
http://www.youtube.com/watch?v=g-Nle9LyfBI

Fue Arquímedes quien estudió este fenómeno.

Principio de Arquímedes
https://www.fisicalab.com/apartado/principio-de-arquimedes

Principio de Arquímedes
https://www.ecured.cu/Principio_de_Arqu%C3%ADmides

Principio de Arquímedes
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/arquimedes/arquimedes.htm

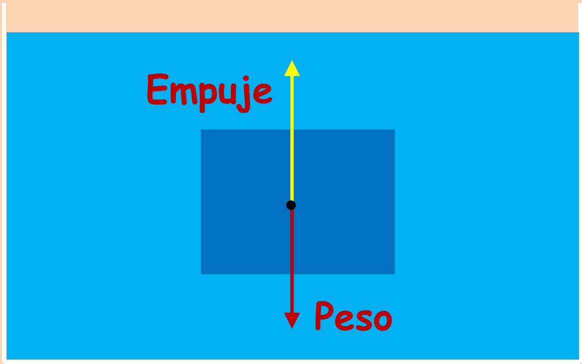
Principio de Arquímedes
http://www.portalplanetasedna.com.ar/principio02.htm

Animación: Principio de Arquímedes
http://roble.pntic.mec.es/~jfes0017/ph14s/arquimedes.php?enlace=../materias/mat02fq&titular=Actividades%20para%20los%20alumnos%20de%20F%EDsica%20y%20Qu%EDmica

Arquímedes llegó a la siguiente conclusión: Todo cuerpo sumergido, total o parcialmente, en un fluido, experimenta una fuerza vertical y hacia arriba llamada EMPUJE que equivale al peso del volumen de líquido desalojado (Principio de Arquímedes).

En medio Líquido:

Según el amigo Arquímedes, si nos vamos a un recipiente con agua en donde está sumergido un cuerpo, sobre dicho cuerpo actuarán dos fuerzas: el Peso y el Empuje:



Según Arquímedes un cuerpo tendrá un peso en el aire y otro en el agua puesto que en el agua tenemos la segunda fuerza denominada Empuje, de la misma dirección pero sentido contrario al peso.

El cuerpo, por lo tanto, presentará dos tipos de Peso:

a) Peso real (P_{real})
b) Peso aparente ($P_{aparente}$)

Se cumple que:

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

Determinemos el valor de la fuerza Empuje (E):

Empuje = Peso del volumen de líquido desalojado

Como el Empuje es un peso podemos escribir:

$E = m_{líquido} . g$ (1)

La masa de líquido desalojado no la conocemos, pero sí conocemos la densidad del líquido:

$d_{líquido} = m_{líquido} / V_{líquido}$

$m_{líquido} = V_{líquido} . d_{líquido}$

Si llevamos la última expresión a (1):

$E = V_{líquido} . d_{líquido} . g$ (Ecuación del Empuje)

El $V_{líquido}$ desalojado equivale al volumen del cuerpo, si está totalmente sumergido. Si estuviera parcialmente sumergido, el $V_{líquido}$ correspondería con el volumen de la parte sumergida del cuerpo.

Laboratorio viertual de Física. Principio de Arquímedes
https://conteni2.educarex.es/mats/14362/contenido/

Laboratorio virtual de Física. Principio de Arquímedes
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mech_archimedes&l=es

Laboratorio viertual de Física. El submarino
https://www.edumedia-sciences.com/es/media/630-submarino

Laboratorio virtual de Física. Principio de Arquímedes
http://labovirtual.blogspot.com/2015/09/principio-de-arquimedes.html

Ejercicio resuelto

Un bloque de 2,5 m3 de aluminio se sumerge en agua. Calcular: a) El peso del bloque en el aire. b) El empuje que experimenta en el agua. c) El peso aparente en el agua. Dato: d aluminio = 2700 kg/m3

Resolución

Datos:

$V_{cuerpo} = 2,5\ m^3$
$d_{agua} = 1000\ Kg/m^3$
$d_{alumininio} = 2700\ Kg/m^3$

a)

$P_{cuerpo} = m\ .\ g \quad (1)$

$m_{Cuerpo} = d_{cuerpo}\ .\ V_{Cuerpo}$

La ecuación (1) pasa a ser:

$P_{cuerpo} = d_{cuerpo}\ .\ V_{cuerpo}\ .\ g$

$P_{cuerpo} = 2700\ Kg/\cancel{m^3}\ .\ 2,5\ \cancel{m^3}\ .\ 9,8\ m/s^2 =$

$= 66150\ Kg\ .\ m/s^2 = 66150\ N$

b)

Recordemos:

$E = d_{liquido} \cdot V_{líquido} \cdot g$

$E = 1000\ Kg/m^3 \cdot 2,5\ m^3 \cdot 9,8\ m/s^2$

El volumen de líquido desalojado equivale al volumen del cuerpo

$E = 24500\ Kg \cdot m/s^2 = 24500\ N$

c)

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

$P_{real} = P_{aire}$

$P_{aparente} = 66150\ N - 24500\ N = 41650\ N$

Problema resuelto

Un trozo de mineral pesa 0,32N en el aire y 0,20 N sumergido en agua. Calcula su volumen, en cm^3, y su densidad. La densidad del agua es $1 g/cm^3$.

Resolución

$P_{real} = 0,32\ N$

$P_{aparente} = 0,20\ N$

$d_{agua} = (1\ g/cm^3) \cdot (1\ Kg/10000g) \cdot (1000000\ cm^3/1\ m^3) =$

$= 1000\ Kg/m^3$

Sabemos que:

$P_{aparente} = P_{real} - E$ (1)

Tambien sabemos que:

$E = d_{agua} . V_{agua} . g$ (2)

Si despejamos el E de (1) podremos conocer el V_{agua} desalojada que es igual al volumen del cuerpo sumergido. Vamos a ello:

De (1):

$E = P_{real} - P_{aparente} = 0{,}32\ N - 0{,}20\ N = 0{,}12\ N$

Nos vamos a (2):

$E = d_{agua} . V_{agua} . g$ (2)

De (2):

$V_{agua} = E / (d_{agua} . g) =$

$= 0{,}12\ N / (1000\ Kg/m^3 . 9{,}8\ m.s^{-2}) =$

$= 1{,}22 . 10^{-5}\ \cancel{m^3} . (1000000\ cm^3/ 1\ \cancel{m^3}) =$

$= 12{,}2\ cm^3$

Dijimos:

$V_{agua} = V_{cuerpo}$

$V_{cuerpo} = 12,2\ cm^3$

Ejercicio resuelto

Un bloque de aluminio pesa en el aire 67 N y cuando está sumergido en un líquido desconocido pesa 44 N. Hallar: a) La masa y el volumen del bloque de aluminio. b) La densidad del líquido desconocido. Dato: daluminio = 2700 kg/m3

Resolución

Datos:

Paire = Preal = 67 N
Paparente = 44 N
Dalumínino = 2700 Kg/m3

a)

Recordemos:

Preal = m . g

m = Preal/g = 67 N/(9,8 m/s^2) = 6,84 Kg

El volumen del cuerpo lo podemos conocer mediante la densidad del mismo:

d = m/V

Vcuerpo = m/d = 6,84 Kg/(2700 Kg/m^3) = 0,0025 m^3

Vcuerpo = 0,0025 $\cancel{m^3}$. (1000 L/1 $\cancel{m^3}$) = 2,5 L

b)

De:

E = dlíquido . Vlíquido . g

dlíquido = E/(Vlíqido . g) (1)

Paire = Preal = 67 N
Paparente = 44 N

Paparente = Preal – E

E = Preal – Paparente = 67 N – 44 N = 23 N

Vlíquido = Vcuerpo = 2,5 L

Los datos obtenidos los llevamos a (1):

dlíquido = 23 N/(2,5 L . 9,8 m/s^2) (2)

2,5 L . (1 m^3/1000 L) = 0,0025 m^3

Nos vamos a (2):

dlíquido = (23 Kg . $\cancel{m/s^2}$)/(0,0025 m^3 . 9,8 $\cancel{m/s^2}$)

díquido = 938,77 Kg/m^3

Problema resuelto

Una piedra de 0,5 kg de masa tiene un peso aparente de 3 N cuando se introduce en el agua. Halla el volumen y la densidad de la piedra.
dagua = 1000 Kg/m³

Resolución

Datos:

m_{piedra} = 0,5 Kg
$P_{aparente}$ = 3 N

Recordemos:

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

0,3 N = m . g – E

0,3 N = 0,5 Kg . 9,8 m.s^{-2} – E

0,3 N = 4,9 Kg . m/s^2 – E

E = 4,9 N – 0,3 N = 4,6 N

Por otra parte:

$E = d_{agua} . V_{agua} . g$ (1)

Conocemos:

$d_{agua} = m_{agua}/V_{agua}$ (2)

Nos vamos a (1):

$4,6\ N = m_{agua}/V_{\cancel{agua}}\ .\ V_{\cancel{agua}}\ .\ g$

$4,6\ N = m_{agua}\ .\ g$

$m_{agua} = 4,6\ N / 9,8\ m.s^{-2} = 0,47\ Kg$

Nos vamos a (2):

$1000\ Kg/m^3 = 0,47\ Kg / V_{agua}$

$V_{agua} = V_{cuerpo} = 0,47\ \cancel{Kg} / (1000\ \cancel{Kg}/m^3) =$

$= 0,47\ .\ 10^{-3}\ \cancel{m^3}\ .\ (1000000\ cm^3/\cancel{m^3}) =$

$= 470\ cm^3$

Respecto a la densidad de la piedra:

$d_{piedra} = m_{piedra}/V_{piedra}$

$d_{piedra} = 0,5\ Kg / [470\ \cancel{cm^3}\ .\ (1m^3/1000000\ \cancel{cm^3})] =$

$= 1063,8\ Kg/m^3$

Ejercicio resuelto

Un cilindro de plástico de 2 cm de radio y 5 cm de altura pesa 1,7 N en el aire y 1 N cuando se sumerge totalmente en un líquido. Calcula: a) El empuje; b) La densidad del líquido.

Resolución

Datos:

$R = 2\ \cancel{cm} \cdot (1\ m/100\ \cancel{cm}) = 0{,}02\ m$

$h = 5\ \cancel{cm} \cdot (1\ m/100\ \cancel{cm}) = 0{,}05\ m$

Paire = 1,7 N
Paparente = 1 N

a)

Paparente = Preal – E

E = Preal – Paparente = 1,7 N – 1 N = 0,7 N

b)

De:

E = dliquido . Vlíquido . g

dlíquido = E/(Vlíquido . g)

dlíquido = 0,7 N/(Vlíquido . g) (1)

Vlíquido = Vcuerposumergido = B . h (2)

Se trata de un cilindro:

$B = Círculo = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (0{,}02\ m)^2 = 0{,}00125\ m^2$

Volvemos a (2):

Vlíquido = $0,00125\ m^2 \cdot 0,05\ m = 6,28 \cdot 10^{-5}\ m^3$

Volvemos a (1):

dlíquido = $0,7\ N/(6,28 \cdot 10^{-5}\ m^3 \cdot 9,8\ m/s^2)$

dlíquido = $0,7\ Kg \cdot m/s2/(61,54 \cdot 10^{-5}\ m^3\ ,\ m/s^2)$

dlíquido = $0,0114 \cdot 105\ Kg/m^3$ = **1140 Kg/m³**

Ejercicio resuelto

Un cubo de cobre, de base igual a 35 cm² y una altura de 12 cm, se sumerge hasta la mitad, por medio de un alambre, en un recipiente que contiene alcohol. a) ¿Qué volumen de alcohol desaloja?, b) ¿Qué magnitud de empuje recibe? c) ¿Cuál es la magnitud del peso aparente del cubo debido al empuje, si la magnitud de su peso es de 32.36 N?

Dalcohol = $789\ Kg/m^3$; Dcobre = $8960\ Kg/m^3$

Resolución

Datos:

B = $35\ cm^2$
h = 12 cm

Vcubo = B . h = $35\ cm^2 \cdot 12\ cm$ =

$$= 420\ \cancel{cm^3} \cdot (1\ m^3/1000000\ \cancel{cm^3}) = 0,00042\ m^3$$

a)

Volumen de líquido desalojado = Volumen cuerpo sumergido

Vlíquido = 0,00042 m^3 . (1000 L/m^3) = 0,420 L

b)

Recordemos:

E = dlíquido . Víquido . g

E = 784 Kg/m^3 . 0,00042 m^3 . 9,8 m/s^2 =

= 0,345 N

c)

Paparente = Preal – E (1)

Primero deberemos conocer el peso real:

Preal = m . g (2)

De:

dcobre = mcobre/Vcobre

mcobre = Dcobre . Vcobre = 8960 Kg/$\cancel{m^3}$. 0,00042 $\cancel{m^3}$ =

= 3,76 Kg

Nos vamos a (2):

Prealcobre = 3,76 Kg . 9,8 m/s^2 = 36,87 N

Nos vamos a (1):

Paparente = 36,87 N – 0,345 N = 36,53 N

Problema resuelto
Un cilindro de aluminio tiene una densidad de 2700 Kg/m^3 y ocupa un volumen de 2 dm^3, tiene un peso aparente de 12 N dentro de un líquido. Calcula la densidad de ese líquido.

Resolución

d_{Al} = 2700 Kg/m^3

$V_{Al} = 2\ \cancel{dm^3} \cdot 1\ m^3/1000\ \cancel{dm^3} = 0,002\ m^3$

$P_{aparenteAl}$ = 12 N

Recordemos:

$P_{aparenteAl} = P_{realAl} - E$ (1)

$P_{realAl} = m_{Al} \cdot g$
E = dlíquido . Vlíquido . g

Nos vamos a (1):

12 N = m_{Al} . g – dlíquido . Vlíquido . g

$m_{Al} = d_{Al} \cdot V_{Al}$

$12\ N = d_{Al} \cdot V_{Al} \cdot g - d_{líquido} \cdot V_{líquido} \cdot g$

Volumen del cuerpo es igual al volumen del líquido desalojado

$V_{Al} = V_{líquido}$

$12\ N = 2700\ Kg/m^3 \cdot 0{,}002\ m^3 \cdot 9{,}8\ m/s^2 -$

$- d_{líquido} \cdot 0{,}002\ m^3 \cdot 9{,}8\ m/s^2$

$12\ N = 52{,}92\ Kg \cdot m/s^2 - d_{líquido} \cdot 0{,}0196\ m^3 \cdot m/s^2$

$12\ N = 52{,}92\ N - d_{líquido} \cdot 0{,}0196\ m^3 \cdot m/s^2$

$d_{líquido} \cdot 0{,}0196\ m^3 \cdot m/s^2 = 52{,}92\ N - 12\ N$

$d_{líquido} = (52{,}92\ N - 12\ N) / 0{,}0196\ m^3 \cdot m/s^2$

$d_{líquido} = (40{,}92\ Kg \cdot \cancel{m/s^2}) / (0{,}0196\ m^3 \cdot \cancel{m/s^2})$

$d_{líquido} = 2087{,}75\ Kg/m^3$

Ejercicio resuelto

Una piedra pesa 588 N en el aire y 343 N en el agua. Calcular: a) El volumen de la piedra. b) La densidad de la piedra. Dagua = 1000 Kg/m3

Resolución

Datos:

Preal = 588 N
Paparente = 343 N

a)

Paparente = Preal – E

E = Preal – Paparente = 588 N – 343 = 245 N

E = dlíquido . Vlíquido . g

El volumen de la piedra = volumen del líquido desalojado

245 N = 1000 Kg/m^3 . Vpiedra . 9,8 m/s^2

Vpiedra = 245 N/(1000 Kg/m^3 . 9,8 m/s^2)

Vpiedra = 0,025 m^3 . (1000 L/m^3) = 25 L

b)

dpiedra = mpiedra/Vpiedra (1)

Para conocer la mpiedra utilizaremos el Preal:

Preal = mpiedra . g

mpiedra = 588 N/9,8 m/s^2 = 60 Kg

Volvemos a (1):

dpiedra = 60 Kg/0,025 m^3 =

= 2400 $\cancel{Kg}/\cancel{m^3}$. 1000 $g/\cancel{Kg}$. (1 m^3/1000000 $c\cancel{m^3}$) =

= 2,4 g/cm^3

Ejercicio resuelto

Un cuerpo pesa en el aire 2,74 N; en agua tiene un peso aparente de 1,86 N y en alcohol tiene un peso aparente de 2,06 N.. Calcular: a) La densidad del cuerpo. b) La densidad del alcohol. dagua = 1000 Kg/m3

Resolución

Datos:

dagua = 1000 Kg/m3
Preal = 2,74 N
Paparenteagua = 1,86 N
Paparentealcohol = 2,06 N

Eagau = Preal – Paparenteagua = 2,74 N – 1,86 N = 0,88 N
Ealcohol =Preal – Paparentealcohol = 2,74 – 2,06 N = 0,68 N

a)

Densidad del cuerpo:

Dcuerpo = mcuerpo/Vcuerpo (1)

mcuerpo = dcuerpo . Vcuerpo

La mcuerpo la podemos coocer mediante el Preal:

Preal = mcuerpo . g

mcuerpo = Preal/g = 2,74 N/(9,8 m/s^2) = 0,279 Kg

Para conocer Vcuerpo utilizaremos Eagua:

Volumen liquido desalojado = volumen cuerpo sumergido

Eagua = dagua . Vcuerpo . g

Vcuerpo = Eagua/(dagua . g) =

= 0,88 N/(1000 Kg . 9,8 m/s^2) = 8,9 . 10^{-5} m^3

Conocidas mcuerpo y Vcuerpo nos podemos ir a ecuación (1):

dcuerpo = 0,279 Kg/8,9 . 10^{-5} m^3

dcuerpo = 0,0313 . 10^5 Kg/m3 = 3130 Kg/m^3

b)

Para conocer la dalcohol utilizaremos Ealcohol:

El volumen del cuerpo es el mismo sumergido en agua que sumergido en alcohol.

Ealcohol = dalcohol. Vcuerpo . g

dalcohol = Ealcohol/(Vcuerpo . g)

dalcohol = 0,68 N/(8,9 . 10^{-5} m^3 . 9,8 m/^{2})

dalcohol = 0,0078 . 105 Kg/m^3 = 780 Kg/m^3

Problema resuelto

Una probeta contiene 5 cm^3 de agua. Al introducir un objeto en ella, marca 8 cm^3. ¿Cuánto pesa el agua desalojada por el objeto?. ¿A qué magnitud (:peso real, peso aparente o empuje) equivale?.

La densidad del agua es 1000 kg/m^3 La aceleración de la gravedad es 9,8 m/s^2 .

Resolución:

$Vo = 5\ \cancel{cm^3} \cdot (1\ m^3 / 1000000\ \cancel{cm^3}) = 5 \cdot 10^{-6}\ m^3$

$Vf = 8\ \cancel{cm^3} \cdot (1\ m^3/1000000\ \cancel{cm^3}) = 8 \cdot 10^{-6}\ m^3$

$\Delta V = V_{cuerpo} = 8 \cdot 10^{-6}\ m^3 - 5 \cdot 10^{-6}\ m^3 = 3 \cdot 10^{-6}\ m^3$

$V_{cuerpo} = V_{aguadesalojada} = 3 \cdot 10^{-6}\ m^3 \cdot (1000\ L/m^3) = 0{,}003\ L$

$d_{agua} = m_{agua}/V_{agua}$

$m_{agua} = d_{agua} \cdot V_{agua}$

$m_{agua} = 1000\ Kg/\cancel{m^3} \cdot 3 \cdot 10^{-6}\ \cancel{m^3} = 0{,}003\ Kg$

$P_{agua} = m_{agua} \cdot g$

$P_{agua} = 0{,}003\ Kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 0{,}294\ Kg \cdot m/s^2 = 0{,}294\ N$

Por definición: Empuje es igual al peso del volumen de líquido desalojado. Luego:

$E = 0{,}294\ N$

Ejercicio resuelto

Un cubo de hierro de 20 cm de arista se sumerge totalmente en agua. Si tiene un peso con una magnitud de 560,4 N, calcular:

a) ¿Qué magnitud de empuje recibe?

b) ¿Cuál será la magnitud del peso aparente del cubo?

Dagua = 1000 Kg/m3

Solución

Datos:

Preal = 560,4 N

L = 20 cm

dagua = 1000 Kg/m^3

a)

Recordemos:

E = dliquido . Vlíquido . g (1)

Vlíquido = Vcuerposumergido = $L^3 = (20\ cm)^3 = 8000\ cm^3 =$

$= 8000\ \cancel{cm^3} \cdot (1\ m^3/1000000\ \cancel{cm^3}) = 0{,}008\ m^3$

Volviendo a la ecuacón (1):

$E = 1000\ Kg/\cancel{m^3} \cdot 0{,}008\ \cancel{m^3} \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 78{,}4\ Kg \cdot m/s^2 =$

$= 78{,}4\ N$

b)

Paparente = Preal – E

Paparente = 560,4 N – 78,4 N = 482 N

Problema resuelto

Tenemos una joya que nos han dicho que es de oro. Pesa 0,0490 N. Al sumergirla en agua su peso aparente es de 0,0441 N. ¿Es cierto lo que nos han dicho?. Razona la respuesta.

Datos: dagua = 1000Kg/m^3 ; doro = 19300 kg/m^3

Resolución:

Datos:

Preal = 0,0490 N
Paparente = 0,0441 N

Preal = Paparente + E (1)

$E = d_{líquido} \, . \, V_{líquido} \, . \, g$

Nos vamos a (1) y sustituimos datos:

$0,0490 \text{ N} = 0,0441 \text{ N} + d_{líquido} \, . \, V_{líquido} \, . \, g$

$0,0490 \text{ N} – 0,0441 \text{ N} = 1000 \text{ Kg/m}^3 \, . \, V_{líquido} \, . \, 9,8 \text{ m/s}^2$

$V_{líquido} = 4,9 \, . \, 10^{-3} \text{ N} / (9800 \text{ Kg/m}^3 \, . \, \text{m/s}^2) = 5 \, . \, 10^{-7} \text{ m}^3$

$V_{líquidodesalojado} = V_{cuerpo} = 5 \, . \, 10^{-7} \text{ m}^3$

Conociendo el V_{cuerpo} y la d_{cuerpo}, podemos conocer la m_{cuerpo}:

$d_{cuerpo} = m_{cuerpo}/V_{cuerpo}$

$m_{cuerpo} = d_{cuerpo} \cdot V_{cuerpo}$

$m_{cuerpo} = 19300\ Kg/m^3 \cdot 5 \cdot 10^{-7}\ m^3 = 9,65 \cdot 10^{-3}\ Kg$

Como conocemos el P_{real} del metal, podemos calcular la masa y si obtenemos el mismo resultado, el metal sería oro:

$P_{real} = m_{cuerpo} \cdot g$

$m_{cuerpo} = P_{real} / g = 0,0490\ N / (9,8\ m/s^2) = 5 \cdot 10^{-3}\ Kg$

No coinciden las masas y por lo tanto la muestra no es oro

Problema resuelto

Un cuerpo esférico de 50 cm de radio y densidad 1100 kg/m^3 se sumerge en agua. Calcula el empuje y el peso aparente.

Resolución

$V_{esfera} = 4/3 \cdot \pi \cdot r^3$

$r = 50\ \cancel{cm} \cdot (1\ m/100\ \cancel{cm}) = 0,5\ m$

$V_{esfera} = 4/3 \cdot 3,14\ (0,5\ m)^3 = 0,52\ m^3$

Por otra parte:

$d_{cuerpo} = m_{cuerpo}/V_{cuerpo}$

$m_{cuerpo} = d_{cuerpo} \cdot V_{cuerpo} = 1100\ Kg/\cancel{m^3} \cdot 0,52\ \cancel{m^3} = 572\ Kg$

El P_{real} del cuerpo valdrá:

$P_{real} = m_{cuerpo} \cdot g = 572\ Kg \cdot 9,8\ m/s^2 = 5605,6\ N$

En lo referente al Empuje:

$E = d_{líquido} \cdot V_{líquido} \cdot g$

$V_{cuerpo} = V_{líquido\ desalojado} = 0,52\ m^3$

$E = 1000\ Kg/m^3 \cdot 0,52\ m^3 \cdot 9,8\ m/s^2 = 5096\ N$

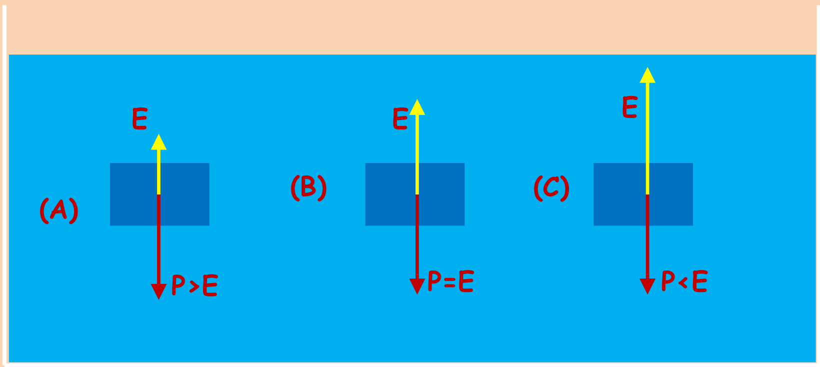
En cuanto al peso aparente:

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

$P_{aparente} = 5605,6\ N - 5096\ N = 509,6\ N$

4.1.- Flotabilidad

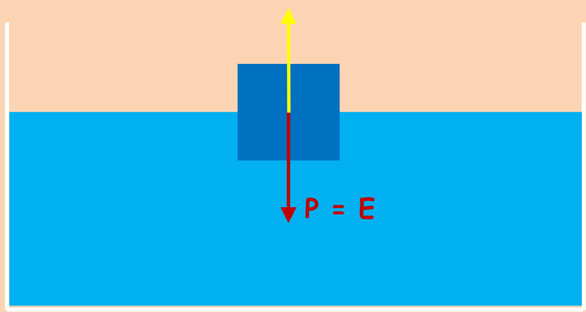
Según los valores del peso de un cuerpo y del empuje que sufre dicho cuerpo nos encontramos con tres situaciones:



En la situación **(A)** el cuerpo **se irá hacia el fondo** del recipiente, **se hunde**.

En la situación **(B)** el cuerpo **ni asciende ni desciende**, se encuentra en **equilibrio**.

En la situación (C) el cuerpo **ASCIENDE** ¿hasta cuanto? ¿se escapa del agua y pasa a la E ra?. **NO, el cuerpo va pasando a la atmósfera hasta que se reestablezca la condición de equilibrio, P = E.**



Relación entre Flotabilidad y densidad

Hagamos la siguiente experiencia:

a) En un recipiente con agua colocamos un cuerpo imaginario de forma cúbica y formado de aceite
b) En un recipiente con aceite colocamos un cuerpo imaginario de forma cúbica (igual al de la experiencia a)) y formado de agua

a) Empuje producido por el agua desalojada:

$E_{agua} = d_{agua} \cdot V_{agua} \cdot g$ (1)

b) Empuje producido por el aceite desalojado

$$E_{aceite} = d_{aceite} \cdot V_{aceite} \cdot g \quad (2)$$

Dividamos miembro a miembro las ecuaciones (1) y (2):

$$\frac{E_{agua}}{E_{aceite}} = \frac{d_{agua} \cdot V_{agua} \cdot g}{d_{aceite} \cdot V_{aceite} \cdot g}$$

Se cumple:

$V_{agua} = V_{aceite}$

$$\frac{E_{agua}}{E_{aceite}} = \frac{d_{agua} \cdot \cancel{V_{agua}} \cdot \cancel{g}}{d_{aceite} \cdot \cancel{V_{aceite}} \cdot \cancel{g}}$$

$$\frac{E_{agua}}{E_{aceite}} = \frac{d_{agua}}{d_{aceite}}$$

$E_{agua} = d_{agua}/d_{aceite} \cdot E_{aceite}$

Si $d_{agua}/d_{aceite} > 1 \rightarrow E_{agua} > E_{aceite}$

Si $d_{agua}/d_{aceite} > 1 \rightarrow d_{agua} > d_{aceite}$

Datos:

$d_{agua} = 1000\ Kg/m^3$

d_{aceite} = 916 Kg/m^3

Podemos concluir:

Los cuerpos menos densos fotan sobre los más densos

La misma experiencia pero con Hierro y Mercurio.

$E_{Mercurio} = d_{mercurio} \, , \, V_{mercurio} \, . \, g$
$E_{Hierro} = d_{hierro} \, . \, V_{hierro} \, . \, g$

$E_{Mercurio}/E_{Hierro} = d_{mercurio}/d_{hierro}$

$E_{Mercurio} = d_{mercurio}/d_{hierro} \, . \, E_{Hierro}$

$E_{Hierro} = d_{hierro}/d_{mercurio} \, . \, E_{Mercurio}$

Si $d_{Hierro}/d_{Mercurio} > 1 \rightarrow E_{Hierro} > E_{Mercurio}$

El Mercurio Flota en el Hierro. FALSO

Si $d_{Mercurio}/d_{Hierro} > 1 \rightarrow E_{Mercurio} > E_{Hierro}$

El Hierro flota en Mercurio- Cierto

Datos:

d_{Hierro} = 7874 Kg/m^3
dMercurio = 13600 Kg/m^3

$d_{Hierro}/d_{Mercurio}$ = 7874/13600 = 0,578 < 1

El Mercurio NO FLOTA en Hierro

$d_{Mercurio}/d_{Hierro}$ = 13600/7874 = 1,73 > 1

El Hierro Flota en Mercurio. AFIRMACIÓN CORRECTA

Los cuerpos menos densos flotan sobre los más densos.

Video: Yunque de Hierro flotando en Mercurio
https://www.youtube.com/watch?v=uF0poG-Rq_s

Video: Yunque de Hierro flotando en Mercurio
https://www.youtube.com/watch?v=vBe858RFTJo

Ejercicio resuelto
¿Flotará en el agua un objeto que tiene una masa de 50 kg y ocupa un volumen de 0,06 m^3?
Dagua = 1000 kg/m^3

Resolución

Teóricamente los cuerpos de menor densidad flotan sobre los de mayor densidad.

En base a esta premisa:

Dato:

m_{cuerpo} = 50 Kg
V_{cuerpo} = 0,06 m^3
d_{agua} = 1000 Kg/m^3

Calculemos la densidad del cuerpo

$d_{cuerpo} = m_{cuerpo}/V_{cuerpo}$

d_{cuerpo} = 50 Kg / 0,06 m^3 = 833,33 Kg/m^3

Se cumple que:

$d_{cuerpo} < d_{agua}$ → El cuerpo flotará

Problema resuelto

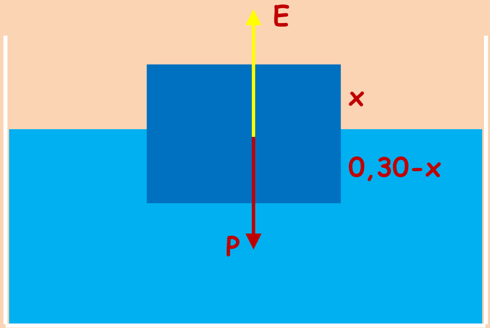
Un cilindro de madera tiene una altura de 30 cm y se deja caer en una piscina de forma que una de sus bases quede dentro del agua. Si la densidad de la madera es de 800 Kg/m^3, calcula la altura del cilindro que sobresale del agua.

Resolución

Datos:

h = 30 $\cancel{cm}$. (1 m/100 $\cancel{cm}$) = 0,30 m

d_{agua} = 1000 Kg/m^3
d_{cuerpo} = 800 Kg/m^3



La condición de flotabilidad exige:

$P = E$

$m_{cuerpo} \cdot g = d_{líquido} \cdot V_{líquido} \cdot g \quad (1)$

$d_{cuerpo} = m_{cuerpo}/V_{cuerpo}$

$m_{cuerpo} = d_{cuerpo} \cdot V_{cuerpo}$

$d_{cuerpo} \cdot V_{cuerpo} \cdot g = d_{líquido} \cdot V_{líquido} \cdot g \quad (2)$

$V_{cuerpo} = S_{base} \cdot h_{cuerpo}$
$V_{líquidodesalojado} = V_{cuerpo} = S_{base} \cdot h_{cuerposumergido}$

Nos vamos a (2):

$d_{cuerpo} \cdot \cancel{S_{base}} \cdot h_{cuerpo} = d_{líquido} \cdot \cancel{S_{base}} \cdot h_{cuerposumergido}$

$800\ Kg/m^3 \cdot 0{,}30\ m = 1000\ Kg/m^3 \cdot (0{,}30 - x)$

$240 = 300 - 1000\ x$

$1000\ x = 60$

$x = 0{,}060\ m = 0{,}06\ \cancel{m} \cdot (100\ cm/\cancel{m}) = 6\ cm$

Problema resuelto

Un bloque de 2,5 m^3 de un material cuya densidad es 2400 kg/m^3 se sumerge en agua. Calcular:

a) El peso del bloque en el aire.
b) El empuje que experimenta cuando está sumergido en agua.
c) El peso que tiene dentro del agua
d) ¿Flota?

La densidad del agua es 1000 kg/m^3.

Resolución:

Datos:

$V_{cuerpo} = 2,5\ m^3$
$d_{cuerpo} = 2400\ Kg/m^3$
$d_{agua} = 1000\ Kg/m^3$

a)

$P_{aire} = m_{cuerpo} \cdot g$ (1)

$d_{cuerpo} = m_{cuerpo}/V_{cuerpo}$
$m_{cuerpo} = d_{cuerpo} \cdot V_{cuerpo}$

Nos vamos a (1):

$P_{aire} = d_{cuerpo} \cdot V_{cuerpo} \cdot g$

$P_{aire} = 2400\ Kg/m^3 \cdot 2,5\ m^3 \cdot 9,8\ m.s^{-2} = 58800\ N$

b)

$E = d_{líquido} \cdot V_{líquidodesalojado} \cdot g$

$V_{líquidodesalojado} = V_{cuerposumergido}$

$E = 1000\ Kg/m^3 \cdot 2,5\ m^3 \cdot 9,8\ m.s^{-2} = 24500\ N$

c)

El peso dentro del agua es el peso aparente.

$P_{aparente} = P_{realaire} - E = 58800\ N - 24500\ N = 34300\ N$

d)

$P_{aire} = 58800\ N$
$E = 24500\ N$

Se cumple:

$P_{aire} > E \rightarrow$ NO FLOTA

Problema resuelto

Un cuerpo de 200 g y densidad 0,8 g/cm^3 se sumerge en agua. La densidad del agua es 1g/cm^3.

a) ¿Qué empuje ejerce el agua sobre el cuerpo?.
b) ¿Flotará?. ¿Por qué?.

Resolución

a)

$m_{cuerpo} = 200 \cancel{g} \cdot (1\ Kg/1000\ \cancel{g}) = 0,2\ Kg$

$d_{cuerpo} = 0,8\ \cancel{g}/c\cancel{m}^3 \cdot 1\ Kg/1000\ \cancel{g} \cdot 1000000\ c\cancel{m}^3/ 1\ m^3 =$

$= 800\ Kg/m^3$

$d_{agua} = 1\ \cancel{g}/c\cancel{m}^3 \cdot 1\ Kg/1000\ \cancel{g} \cdot 1000000\ c\cancel{m}^3/ m^3 =$

$= 1000\ Kg/m^3$

Recordemos:

$E = d_{líquido} \cdot V_{líquidodesalojado} \cdot g \quad (1)$

$V_{líquidodesalojado} = V_{cuerposumergido}$

$d_{cuerpo} = masa_{cuerpo} / V_{cuerpo}$
$V_{cuerpo} = masa_{cuerpo}/d_{cuerpo}$

Nos vamos a (1):

$E = 1000\ Kg/m^3 \cdot masa_{cuerpo}/d_{cuerpo} \cdot g =$

$= 1000\ Kg/m^3 \cdot [0,2\ Kg/800\ (Kg/m^3)] \cdot 9,8\ m/s^2 =$

$= 2,45\ N$

b)

Condición de flotación:

$P_{cuerpo} = E$

Si : $P_{cuerpo} > E$ → Cuerpo se hunde

Si : $P_{cuerpo} < E$ → cuerpo flota

$P_{cuerpo} = m_{cuerpo} \cdot g = 0,2\ Kg \cdot 9,8\ m/s^2 = 1,96\ N$

Cómo:

$P_{cuerpo} < E$ → El cuerpo flota

Ejercicio resuelto

Un iceberg tiene una densidad de 917 kg/m3 . ¿Qué porcentaje del volumen del iceberg permanece sumergido cuando flota sobre el mar? Dato: dagua mar = 1030 kg/m3

Resolución

Recordemos:

$E = d_{mar} \cdot V_{partesumergida} \cdot g$

$E = 1030 \cdot V_{partesumergida} \cdot 9,8$

Por otra parte:

$P_I = m_I \cdot g = d_I \cdot V_T \cdot g$

Se debe cumplir:

$P_I = E$

$d_I \cdot V_T \cdot \cancel{g} = d_{mar} \cdot V_{partesumergida} \cdot \cancel{g}$

$d_I \cdot V_T = d_{mar} \cdot V_{partesumergida}$

$V_{partesumergida}/V_T = d_I/d_{mar}$

$V_{partesumergida}/V_T = (917\ Kg/m^3)/(1030\ Kg/m^3)$

$V_{sumergida}/V_T = 0,89$

% sumergido = $V_{partesumergida}/V_T \cdot 100 = 0,89 \cdot 100 = 89\ \%$

Problema resuelto

Un cuerpo de 800 cm^3 de volumen y 500 g de masa, flota en un líquido cuya densidad es 0,8 g/cm^3. Calcula el empuje que sufre. ¿Qué volumen del cuerpo queda fuera del líquido?.

Resolución

Datos:

$m_{cuerpo} = 500\ \cancel{g} \cdot (1\ Kg/1000\ \cancel{g}) = 0,5\ Kg$

$V_{cuerpo} = 800\ \cancel{cm^3} \cdot (1\ m^3/1000000\ \cancel{cm^3}) = 8 \cdot 10^{-4}\ m^3$

$d_{líquido} = 0,8\ \cancel{g}/\cancel{cm^3} \cdot 1\ Kg/1000\ \cancel{g} \cdot 1000000\ \cancel{cm^3}/1\ m^3 =$

$= 800\ Kg/m^3$

$d_{cuerpo} = masa_{cuerpo}/V_{cuerpo} = 0,5\ Kg/\ 8\ .\ 10^{-4}\ m^3 =$

$= 6,25\ .\ 10^2\ Kg/m^3 = 625\ Kg/m^3$

Condición de flotabilidad:

$P = E\ \ (1)$

$P_{cuerpo} = m_{cuerpo}\ .\ g = d_{cuerpo}\ .\ V_{totalcuerpo}\ .\ g =$

$= 625\ Kg/\cancel{m^3}\ .\ 8\ .\ 10^{-4}\ \cancel{m^3}\ .\ 9,8\ m/s^2 = 4,9\ N$

Según (1):

$E = P = 4,9\ N$

Volumen emergido:

$d_{cuerpo}\ .\ V_{cuerpo}\ .\ \cancel{g} = d_{líquido}\ .\ V_{liquidodesalojado}\ .\ \cancel{g}\ \ (2)$

$V_{líquidodesalojado} = V_{cuerposumergido}$

Nos vamos a (2):

$625\ Kg/m^3\ .\ 8\ .\ 10^{-4}\ m^3 = 800\ Kg/m^3\ .\ V_{sumergido}$

$V_{sumergido} = 0,5\ \cancel{Kg}\ /\ 800\ (\cancel{Kg}/m^3) = 6,25\ .\ 10^{-4}\ m^3$

$V_{emergido} = V_{cuerpo} - V_{sumergido} =$

$= 8\ .\ 10^{-4}\ m3 - 6,25\ .\ 10^{-4}\ m^3 = 1,75\ m^3$

$1,75\ \cancel{m^3}\ .\ (1000\ L/\cancel{m^3}) = 1750\ L$

Ejercicio resuelto

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 g/cm3 , se observa que solo se sumerge hasta una altura de 3 cm. Calcula: a) El empuje; b) La densidad del corcho blanco

Resolución

Datos:

$R = 2\ \cancel{cm} \cdot (1\ m/100\ \cancel{cm}) = 0{,}02\ m$

$h = 5\ \cancel{cm} \cdot (1\ m/100\ \cancel{cm}) = 0{,}05\ m$

$V_{cilindro} = S_B \cdot h = \pi \cdot R^2 \cdot h = \pi \cdot (0{,}02\ m)^2 \cdot 0{,}05\ m =$

$= 6{,}28 \cdot 10^{-5}\ m^3$

$d = 1{,}2\ g/cm3 \cdot 1\ Kg/1000\ g \cdot 1000000\ cm^3/m^3 =$

$= 1200\ Kg/m^3$

$h_{sumergida} = 3\ \cancel{cm} \cdot (1\ m/100\ \cancel{cm}) = 0{,}03\ m$

a)

Todos sabemos que:

$E = d_{líquido} \cdot V_{líquidodesalojado} \cdot g \quad (1)$

$V_{líquidodesalojado} = \pi \cdot R^2 \cdot h = 3{,}14 \cdot (0{,}02\ m)^2 \cdot 0{,}03\ m =$

$= 3{,}7 \cdot 10^{-5}\ m^3$

Nos vamos a (1):

$E = 1200\ Kg/m^3 \ .\ 3,7\ .\ 10^{-5}\ m^3\ .\ 9,8\ m/s^2 = 0,43\ N$

b)

Densidad del corcho

$d_{corcho} = m_{corcho}/V_{corcho}$

$m_{corcho} = d_{corcho}\ .\ V_{corcho}$

La condicionalidad de flotación nos dice:

$P_{corcho} = E \quad (1)$

$P_{corcho} = m_{corcho}\ .\ g = d_{corcho}\ .\ V_{corcho}\ .\ g$

Nos vamos a (1):

$d_{corcho}\ .\ V_{corcho}\ .\ g = E$

$d_{corcho}\ .\ 6,28\ .\ 10^{-5}\ m^3\ .\ 9,8\ m/s^2 = 0,43\ N$

$d_{corcho}\ .\ 61,54\ .\ 10^{-5}\ m^3\ .\ \cancel{m/s^2} = 0,43\ Kg\ .\ \cancel{m/s^2}$

$d_{corcho} = 0,43\ Kg/61,54\ .\ 10^{-5}\ m^3 = 698\ Kg/m^3$

Problema resuelto

Un cuerpo hueco que pesa 16 N flota en agua y en mercurio. ¿Qué volumen hay sumergido en cada caso?.
La densidad del agua es $1 g/cm^3$ y la del mercurio $13,6\ g/cm^3$.

Resolución

a)

Agua

Condición de flotabilidad:

$P_{cuerpo} = E$ (1)

$P_{cuerpo} = 16\ N$
$d_{agua} = 1\ g/cm^3 = 1000\ Kg/m^3$

De (1):

$P = d_{líquido} \cdot V_{líquidodesalojado} \cdot g$

$V_{líquidodesalojado} = V_{cuerposumergido}$

$16\ N = 1000\ Kg/m^3 \cdot V_{cuerposumergido} \cdot 9,8\ m.s^{-2}$

$V_{cuerposumergido} = 16\ N / (1000\ Kg/m^3 \cdot 9,8\ m.s^{-2}) =$

$= 1,63 \cdot 10^{-3}\ m^3$

b)

En Mercurio

$d_{Hg} = 13,6\ g/cm^3 = 13600\ Kg/m^3$

$V_{cuerposumergido} = 16\ N / (13600\ Kg/m^3 \cdot 9,8\ m.s^{-2}) =$

$= 1,2 \cdot 10^{-4}\ m^3$

Problema resuelto

Un cubo de madera cuya arista mide 24 cm está flotando en agua. Si la densidad de la madera es 880 kg/m^3 y la densidad del agua 10^3 kg/m^3. ¿Qué volumen del cubo sobresale del agua?.

Resolución

arista = 24 $\cancel{cm}$. (1 m/100 $\cancel{cm}$) = 0,24 m

d_{madera} = 880 Kg/m^3

d_{agua} = 1000 Kg/m^3

Condición flotabilidad:

Pcuerpo = Empuje

$d_{madera} \cdot V_{cuerpo} \cdot \cancel{g} = d_{líquido} \cdot V_{líquidodesalojado} \cdot \cancel{g}$

$V_{líquidodesalojado} = V_{cuerposumergido}$

$880\ Kg/m^3 \cdot (0,24\ m)^3 = 1000\ Kg/m^3 \cdot V_{cuerposumergido}$

$V_{cuerposumergido} = (880\ \cancel{Kg}/\cancel{m^3} \cdot 0,014\ m^3) / (1000\ \cancel{Kg}/\cancel{m^3}) =$

$= 0,012\ m^3$

$V_{cuerpoemergido} = V_{cuerpo} - V_{cuerposumergido}$

$V_{cuerpo} = l^3 = 0,014\ m^3$

$V_{cuerpoemergido} = 0,014\ m^3 - 0,012\ m^3 = 2 \cdot 10^{-3}\ m^3$

Ejercicio resuelto

En Groenlandia es fácil ver icebergs. Son islas de hielo que pueden causar graves problemas en la navegación, ya que solo sobresalen por encima del nivel del agua una octava parte del volumen total del bloque de hielo. Calcula la densidad del agua en Groenlandia. Dato: D hielo = 0,9 g/cm3

Resolución

$d_{hielo} = 0,9\ g/cm^3 = 900\ Kg/m^3$

Condición de flotabilidad:

$P_I = E$

$V_{sumergido} = 1 - 1/8 = 7/8$

$d_I \cdot \cancel{V_I} \cdot \cancel{g} = d_{agua} \cdot 7/8\ \cancel{V_I} \cdot \cancel{g}$

$d_I = 7/8\ d_{agua}$

$d_{agua} = 8dI/7$

$d_{agua} = (8 \cdot 900\ Kg/m^3)/7 = 1028,56\ Kg/m^3$

Problema resuelto

Un cilindro metálico, con una base de 10 cm^2 y una altura de 8 cm, flota sobre mercurio estando 6 cm sumergido. Si el cilindro sufre un empuje de 8,06 N, ¿cuál es la densidad del mercurio?. Dato: g = 9,81 m/s^2.

Resolución

$S_{base} = 10\ \cancel{cm}^2 \cdot (1\ m^2/10000\ \cancel{cm}^2) = 0{,}0010\ m^2$
$h_{total} = 8\ \cancel{cm} \cdot (1\ m/100\ \cancel{cm}) = 0{,}08\ m$
$h_{sumergido} = 6\ \cancel{cm} \cdot (1\ m/100\ \cancel{cm}) = 0{,}06\ m$
$E = 8{,}06\ N$

Condición de flotabilidad:

$P = E$

$E = d_{líquido} \cdot V_{basesumergida} \cdot g$

$V_{basesumergida} = S_{base} \cdot h_{sumergida} = 0{,}0010\ m^2 \cdot 0{,}06\ m =$

$= 6 \cdot 10^{-5}\ m^3$

$8{,}06\ N = d_{líquido} \cdot 6 \cdot 10^{-5}\ m^3 \cdot 9{,}8\ m.s^{-2}$

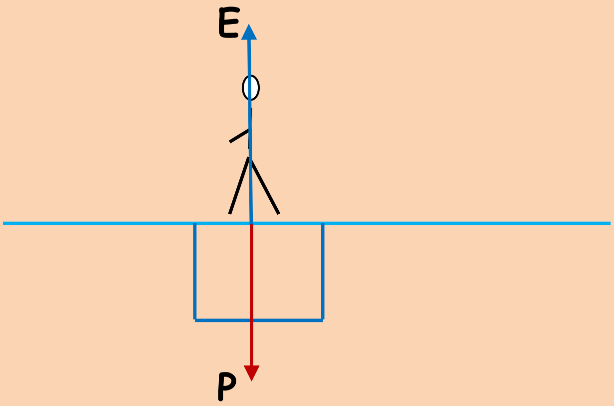
$d_{líquido} = 8{,}06\ N / (6 \cdot 10^{-5}\ m^3 \cdot 9{,}8\ m.s^{-2})$

$d_{líquido} = d_{Hg} = 0{,}137 \cdot 10^5\ Kg/m^3 = 13700\ Kg/m^3$

Problema resuelto
¿Cual ha de ser el área del menor bloque de hielo de 30 cm de espesor que podría soportar el peso de un hombre de 90 Kg estando el hielo flotando sobre agua dulce?.
La densidad del agua es $1 g/cm^3$ y la del hielo $0{,}92\ g/cm^3$.

Resolución

Espesor = ancho



$P = P_{hombre} + P_{hielo}$

$d_{agua} = 1 \ g/cm^3 = 1000 \ Kg/m^3$
$d_{hielo} = 0{,}92 \ g/cm^3 = 920 \ Kg/m^3$

Condición de flotabilidad:

$P_{hombre} + P_{hielo} = E$

$m_{hombre} \cdot \cancel{g} + m_{hielo} \cdot \cancel{g} = d_{líquido} \cdot V_{líquidodesalojado} \cdot \cancel{g}$

$m_{hombre} + m_{hielo} = d_{líquido} \cdot V_{líquidodesalojado}$ (1)

$m_{hombre} = 90 \ Kg$

$d_{hielo} = m_{hielo}/V_{hielo}$ (2)

Supongamos que el grosor es el mismo para las tres dimensiones (largo, ancho y alto). Por lo tanto el volumen del hielo será:

$30 \ \cancel{cm} \cdot (1 \ m/100 \ \cancel{cm}) = 0{,}30 \ m$

$V_{hielo} = (0{,}30 \ m)^3 = 0{,}027 \ m^3$

De (2):

$m_{hielo} = d_{hielo} \cdot V_{hielo} = 620\ Kg/\cancel{m^3} \cdot 0{,}027\ \cancel{m^3} = 16{,}74\ Kg$

De (1):

$90\ Kg + 16{,}74\ Kg = 1000\ Kg/m^3 \cdot Sbase \cdot hsumergida$

$106{,}74\ Kg = 1000\ Kg/m^3 \cdot S_{basesumergida} \cdot 0{,}30\ m$

$S_{basesumergida} = 106{,}74\ Kg / (300\ Kg/m^2) = 0{,}35\ m^2$

Problema resuelto

La densidad del agua de mar es de 1025 Kg/m^3 y la densidad del hielo es de 917 Kg/m^3. Determina la relación entre la fracción que flota y la parte sumergida de un iceberg.

Resolución

Condición de flotabilidad:

Peso del cuerpo = empuje (1)

Peso del cuerpo = $m_{cuerpo} \cdot g$

Empuje = $d_{líquido} \cdot V_{líquidodesalojado} \cdot g$

$V_{líquido\ desalojado} = V_{cuerposumergido}$

$d_{cuerpo} = m_{cuerpo}/V_{cuerpo}$

$m_{cuerpo} = d_{cuerpo} \cdot V_{cuerpo}$

Con todas estas premisas nos vamos a (1):

$m_{cuerpo} \cdot \cancel{g} = d_{líquido} \cdot V_{líquidodesalojado} \cdot \cancel{g}$

$d_{cuerpo} \cdot V_{cuerpo} = d_{líquido} \cdot V_{cuerposumergido}$

$917\ Kg/m^3 \cdot V_{cuerpo} = 1025\ Kg/m^3 \cdot V_{cuerposumergido}$

$V_{cuerposumergido} = (917\ Kg/m^3 \cdot V_{cuerpo}) / 1025\ Kg/m^3$

$V_{cuerposumergido} = 0,89\ V_{cuerpo}$ (2)

Se debe cumplir que:

$V_{cuerpoemergido} + V_{cuerposumergido} = V_{cuerpo}$

Si traemos (2) a esta última ecuación:

$V_{cuerpoemergido} + 0,89\ V_{cuerpo} = V_{cuerpo}$

$V_{cuerpoemergido} = V_{cuerpo} - 0,89\ V_{cuerpo}$

$V_{cuerpoemergido} = (1 - 0,89)\ V_{cuerpo}$

$V_{cuerpoemergido} = 0,11\ V_{cuerpo}$

Luego la relación que nos pide el problema:

$V_{cuerpoflotante} / V_{cuerpo\ sumergido} = (0,11 \cdot V_{cuerpo}) / 0,89 \cdot V_{cuerpo}$

$V_{cuerpoflotante} / V_{cuerposumergido} = 0,11 / 0,89 = 0,12$

$V_{cuerpoflotante} = 0,12\ V_{cuerposumergido}$

4.2.- Aerostática

Los globos aerostáticos modernos se componen de 3 elementos:

a) Envoltura (o vela)
b) Barquilla
c) Quemadores

La envoltura está realizada de material sintético impermeable, capaz de resistir las altas temperaturas del interior, puede ser nylon o poliéster.

La envoltura y barquilla se unen mediante cables de acero. La barquilla normalmente está realizada en mimbre y puede tener diferentes dimensiones según el uso del globo.

Los quemadores (dos o más), situados encima de la barquilla actúan dirigiendo el chorro de fuego hacia la entrada de la envoltura. Con ellos se conigue calentar el aire interior del globo lo que implica mayor desplazamiento del aire exterior y por lo tanto mayor empuje. Se utilizan para ganar altura.

El Piloto coloca el globo a la altura deseada para introducirse en las corrientes de aire que le sean más favorables y poder con ello conseguir una u otra dirección.

Video: Vuelo de un globo aerostático
http://www.youtube.com/watch?v=CanaLi_A3Ds

Video: Iniciación de vuelo en globo aerostático
http://www.youtube.com/watch?v=iNtjbU6h9ck

Video: Hinchar un globo aerostático
http://www.youtube.com/watch?v=DWk7I2BVyXg&feature=related

Una vez que el globo alcance la altura deseada por el piloto y quiera mantener esa altura se debe cumplir que $E = P_{sistema}$. Esta condición la conseguirá el piloto dejando enfriar la masa de aire que hay dentro del globo, el volumen del globo disminuye y por lo tanto disminuye el aire desalojado con la consiguiente disminución del Empuje. Si en un momento determinado quiere elevar el globo procederá a calentar el aire interior, este se dilatará y el volumen del globo aumentará. Se desaloja entonces más cantidad de aire exterior lo que implica un aumento del valor del Empuje. En estas circunstancias $E > P_{sistema}$ y el globo se eleva.

Ejercico resuelto

Un globo de 75 m3 tiene una masa total de 40 kg (incluido el gas que lo llena, el material y todos sus accesorios). Calcular la fuerza ascensional que experimenta, sabiendo que la densidad del aire es de 1,293 Kg/m3.

Resolución

$V_{globo} = 75\ m^3$
$m_T = 40\ Kg$
$d_{aire} = 1,293\ Kg/m^3$

Sabemos que:

$E = d_{aire} \cdot V_{airedesalojado} \cdot g$

$E = 1,293\ Kg/m^3 \cdot 75\ m^3 \cdot 9,8\ m/s^2 = 950,35\ Kg \cdot m/s2 =$

$= 950,35\ N$

Cuestión resuelta
Demuestra por qué los globos aerostáticos rellenos de helio ascienden en vez de descender.
(daire = 1,3 kg/m3; dhelio = 0,18 kg/m3.)

Resolución

El principio de fltabilidad se basa en la igualdad:

$P_{globo} = E \quad (1)$

No nos proporcionan datos sobre masa o peso de los componentes del globo. Consideraremos que en el Pglobo solo influye el peso del volumen de Helio contenido en el mencionado Globo. Por tanto:

$P_{globo} = m_{globo} \cdot g\ (2)$

Como:

$d_{globo} = m_{globo}/V_{globo}$

$m_{globo} = d_{globo} \cdot V_{globo}$

$m_{Helio} = d_{Helio} \cdot V_{Helio}$

Nos vamos a (2):

$P_{globo} = d_{Helio} \cdot V_{Helio} \cdot g$

Por otra parte sabemos que:

$E = d_{aire} \cdot V_{aire} \cdot g$

Nos vamos a (1):

$d_{Helio} \cdot V_{Helio} \cdot g = d_{aire} \cdot V_{airedesalojado} \cdot g$ (3)

Debemos saber que:

$V_{Helio} = V_{airedesalojado}$

La ecuación (3) queda de la forma:

$d_{Helio} \cdot \cancel{V_{Helio}} \cdot \cancel{g} = d_{aire} \cdot \cancel{V_{airedesalojado}} \cdot \cancel{g}$

$d_{Helio} = d_{aire}$ (4)

La ecuación (4) no se cumple puesto que sabemos que:

$0,18 \ Kg/m^3 << 1,33 \ Kg/m^3$

Como la densidad del helio es muy inferior al del aire (daire>dhelio), entonces la fuerza de empuje es mayor que el peso (el valor del empuje, según vimos depende de la densidad del aire).

$d_{aire} > d_{helio} \rightarrow E_{globo} > P_{globo} \rightarrow$ El globo asciende

Ejercicio resueto

Determinar la fuerza ascencional que actúa sobre un globo aerostático esférico de 8 m de radio, si pesa 620 kgf (δ = 1,293 kg/m³)

Resolución

Datos:

R = 8 m

d_{aire} = 1,293 Kg/m^3

$V_{esfera} = 4/3 \cdot \pi \cdot R^3 = 4/3 \cdot 3,14 \cdot (8\ m)^3 = 2143,57\ m^3$

La fuerza ascensional se conoce como **"Empuje"** y se puede conocer su valor mediante la ecuación:

$E = d_{aire} \cdot V_{airedesalojado} \cdot g$ (1)

Se cumple:

$V_{airedesalojado} = V_{esfera} = 2143,57\ m^3$

Nos vamos a la ecuación (1):

$E = 1,293\ Kg/m^3 \cdot 2143,57\ m^3 \cdot 9,8\ m/s^2 =$

$= 27162,03\ Kg \cdot m/s^2 = 27162,03\ N$

Ejercicio resuelto

¿Cuántos globos esféricos de 100 cm de radio serán necesarios para elevar a una persona de masa 75 Kg? daire = 1,293 Kg/m3

Resolución

Datos:

$R = 100\ \cancel{cm}\ .\ (1\ m/100\ \cancel{cm}) = 1\ m$

$V_{esfera} = 4/3\ .\ \pi\ .\ R^3 = 4/3\ .\ 3,14\ .\ (1\ m)^3 = 4,18\ m^3$

Se debe cumplir que:

$P = E$

$m\ .\ \cancel{g} = d_{aire}\ .\ V_{airedesalojado}\ .\ \cancel{g}$

$m = d_{aire}\ .\ V_{airedesalojado}$

$V_{airesesalojado} = m/d_{aire} = 75\ \cancel{Kg}/1,293\ \cancel{Kg}/m^3 = 58\ m^3$

Los 58 m^3 de aire desalojado los tenemos que encerrar en globos esféricos de volumen 4,18 m^3:

$58\ \cancel{m^3}\ .\ (1\ Globo/4,18\ \cancel{m^3}) = 13,87 \approx 14\ Globos$

Ejercicio resuelto

Un globo aeróstatico pesa 13400 N ¿Será capaz de ascender si ocupa un volumen de 1000 m3? Daire = 1,2 Kg/m3

Resolución

Datos:

$P_{globo} = 13400\ N$
$V_{globo} = 1000\ m^3$
$d_{aire} = 1,29\ Kg/m^3$

Para que el Globo ascienda se debe cumplir que:

$E > P$

$E = d_{aire} \cdot V_{airedesalojado} \cdot g$ (1)

Se cumple:

$V_{airesesalojado} = V_{globo} = 1000\ m^3$

Nos vamos a (1) y sustituimos datos:

$E = 1,29\ Kg/m^3 \cdot 1000\ m^3 \cdot 9,8\ m/s^2 = 12642\ Kg \cdot m/s^2 =$

$= 12642\ N$

Se cumple:

$E = 12642\ N < 13400\ N$

El Globo NO puede ascender.

------------------- O ----------------