

Física I

Dr. Roberto Pedro Duarte Zamorano (Responsable)

Dr. Mario Enrique Álvarez Ramos

Dr. Ezequiel Rodríguez Jáuregui

Dr. Santos Jesús Castillo

Webpage: <http://paginas.fisica.uson.mx/qb>

©2017 Departamento de Física

Universidad de Sonora

Tema 6: Estática de fluidos.

- i. Estados de agregación de la materia y concepto de fluido
- ii. Características de un fluido en reposo
- iii. Densidad de las sustancias. Densidad absoluta, densidad relativa y peso específico.
- iv. Concepto de presión. Diferencias de presión.
- v. Presión atmosférica y sus características. Presión manométrica.
- vi. Presión en un fluido incompresible.
- vii. Presión en un fluido compresible. Ecuación fundamental de los fluidos en reposo. Variación de presión atmosférica con la altura
- viii. Medidores de presión: barómetro y manómetro.
- ix. Principios de Pascal y de Arquímedes. Aplicaciones.
- x. Tensión superficial y capilaridad
- xi. Aplicaciones de la Estática de Fluidos a las Ciencias Biológicas o afines.

Antecedentes. Estados de agregación de la materia

Una manera sencilla de clasificar a la materia es de acuerdo a su estado de agregación, los cuales principalmente son:

gas, líquido y sólido.

GAS



SOLIDO

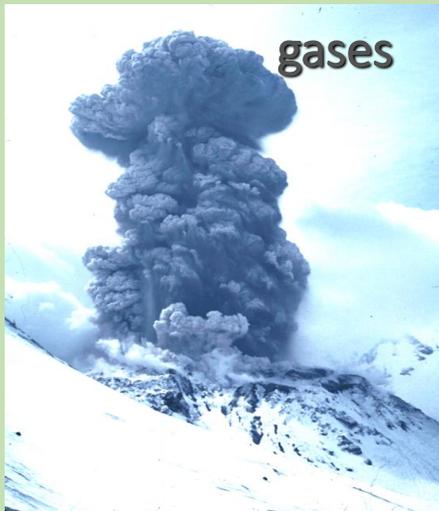
LIQUIDO

Antecedentes. Estados de agregación de la materia



Los sólidos: Tienen forma y volumen constantes. Se caracterizan por la rigidez y regularidad de sus estructuras.

Los líquidos: No tienen forma fija pero sí volumen. La variabilidad de forma y el presentar unas propiedades muy específicas son características de los líquidos.



Los gases: No tienen forma ni volumen fijos. En ellos es muy característica la gran variación de volumen que experimentan al cambiar las condiciones de temperatura y presión.

Densidad.

En un material homogéneo, la densidad (ρ) se define como su masa por unidad de volumen

$$\text{densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \rightarrow \rho = \frac{m}{V}$$

Densidad de Algunos Materiales

GASES	~ 1 kg/m ³	LIQUIDOS	~ 1000 kg/m ³	SOLIDOS	~10,000 kg/m ³
Aire (10 ⁰ C)	1.29 kg/m ³	Agua (20 ⁰ C)	998 kg/m ³	Aluminio	2,700 kg/m ³
CO ₂ (10 ⁰ C)	1.98 kg/m ³	Aceite de Olivo	915 kg/m ³	Cobre	8960 kg/m ³
Helio(10 ⁰ C)	.178 kg/m ³	Mercurio(0 ⁰ C)	13,595 kg/m ³	Plomo	11,300 kg/m ³

Densidad relativa.

La densidad relativa (ρ_{rel}) es la razón de la densidad de una sustancia respecto a la densidad de una sustancia estándar. Esta sustancia estándar generalmente es el agua a 4°C para sólidos y líquidos; mientras que para los gases, generalmente es el aire.

$$\rho_{rel} = \frac{\rho}{\rho_{estandar}}$$

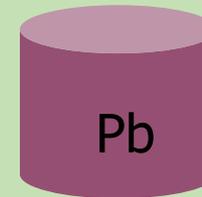
La densidad relativa NO tiene unidades y tiene el mismo valor para todos los sistemas de unidades.

Densidad. Un ejemplo.

Sustancia	Densidad (10^3 kg/m^3)
Aluminio	2.70
Cobre	8.92
Oro	19.30
Magnesio	1.75
Fierro	7.86
Platino	21.45
Plomo	11.30
Uranio	18.70

$$\text{Al: masa} = 2.70\text{gr/cm}^3 \times 10\text{cm}^3 \\ = 27.0\text{gr}$$

¿Cuál de los dos bloques de 10.0cm^3 de Aluminio y de Plomo, posee más masa?



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



Respuesta: El Aluminio tiene una densidad de 2.70gr/cm^3 , mientras que el plomo es de 11.3gr/cm^3 . Esto es, cada una de las piezas posee una masa

Masa = densidad x volumen



$$\text{Pb: masa} = 11.3\text{gr/cm}^3 \times 10\text{cm}^3 \\ = 113.0\text{gr}$$

Densidad. Un ejercicio.

Una lámina de cobre ($\rho=8,920\text{kg}/\text{m}^3$) tiene un grosor de 3mm y una masa de 200gr. ¿Cuál es el área de la lámina?

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{200\text{g}}{8.92\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 22.42\text{cm}^3$$

$$A = \frac{V}{L} = 74.74\text{cm}$$

Sistema de unidades: CGS

Densidad relativa. Un ejemplo.

Obtégase el volumen de 200g de tetracloruro de carbono cuya densidad relativa es de 1.60.

Respuesta:

$$\rho_{relativa} = \frac{\rho}{\rho_{agua}} \rightarrow \rho = \rho_{relativa} \times \rho_{agua}$$

$$\rho = (1.60) \times \left(1.0 \frac{g}{cm^3}\right) \rightarrow \rho = 1.60 \frac{g}{cm^3}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{200g}{1.60 \frac{g}{cm^3}} \rightarrow V = 125cm^3$$

Presión p .

Definimos la presión promedio p sobre un área A , como la fuerza que se aplica dividida por dicha área, considerando que la fuerza se aplica perpendicularmente al área

$$\text{Presión promedio} = \frac{\text{Fuerza que actúa perpendicular a un área}}{\text{área sobre la que se distribuye la fuerza}}$$

es decir

$$p = \frac{F}{A}$$

La unidad de presión en el SI es el pascal (Pa), y 1Pa equivale a $1\text{N}/\text{m}^2$.

La presión atmosférica (p_{atm}) estándar es de $101,300\text{Pa}$.

Presión dentro de un líquido.

Definimos la *presión hidrostática* o presión dentro de un fluido de densidad ρ , a una profundidad h , como la presión ejercida por una columna de altura h del mismo fluido, a saber

$$p = \rho gh$$

Si el fluido está contenido en un recipiente abierto, la presión anterior se modifica por la presencia de la presión atmosférica, resultando que

$$p = p_{atm} + \rho gh$$

A este resultado se le conoce como *Ley de Pascal*.

Presión dentro de un líquido. Un ejemplo.

Cuando un submarino se sumerge a una profundidad de 120m. ¿A qué presión estará sujeta su superficie exterior? Considere que la densidad del agua de mar es de aproximadamente 1.03gr/cm^3 .

Solución:

Partiendo de que $p = p_{atm} + \rho gh$

tenemos

$$p = 101,300Pa + \left(1.03 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) (120\text{m})$$

es decir

$$p = 1'313,816Pa = 1.3138MPa$$

Presión dentro de un líquido. Otro ejemplo.

Un fabricante de relojes dice que los suyos soportan una presión de 3atm antes de que un fluido pueda penetrarlos. Con estos datos, ¿a qué profundidad podría sumergirse un buzo en agua simple?

Solución:

Partiendo de que $p = p_{atm} + \rho gh$

podemos despejar h :

$$h = \frac{p - p_{atm}}{\rho g}$$

En nuestro caso nos lleva a que

$$h = 20.6523m$$

Presión dentro de un líquido. Un ejercicio.

Estimar la fuerza que se ejerce sobre el tímpano de una persona debido al agua cuando se encuentra nadando a una profundidad de 5m. Supongamos que el área del tímpano es de 1 cm^2

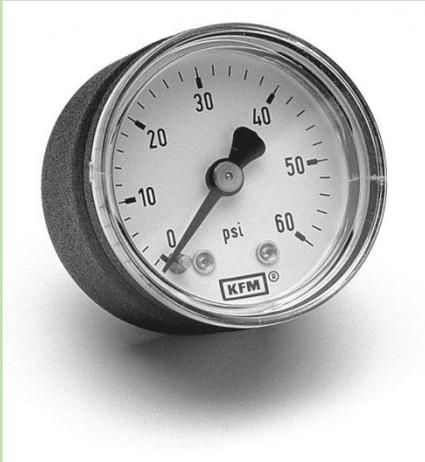
Solución.

Como nos piden sólo la fuerza debido al agua, entonces necesitamos sólo la presión del agua (sin tomar la en cuenta la atmosférica).

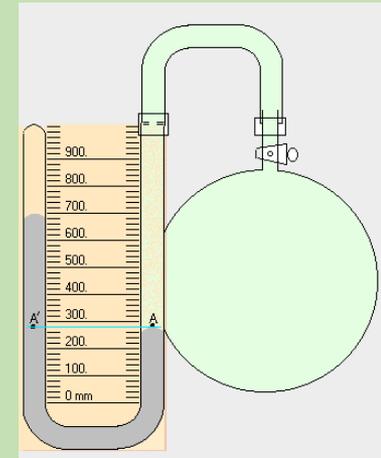
$$p_{\text{agua}} = \rho gh = 49,050 \text{ Pa}$$

$$F_{\text{agua}} = pA = 4.9 \text{ N}$$

Manómetro.



El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión atmosférica.



Esta diferencia de presión existente en el fluido y la presión atmosférica se conoce como *presión manométrica*.

$$P_{manométrica} = P - P_{atmosférica}$$

Prensa hidráulica.

Antecedentes.

En física, el principio de Pascal, enunciado por el físico y matemático francés Blaise Pascal (1623-1662), establece que *cuando cambia la presión en cualquier punto en un fluido (líquido o gas) confinado, en cualquier otro punto en el fluido la presión también cambiará y en la misma proporción.*

El principio de Pascal puede comprobarse utilizando una esfera hueca, perforada en diferentes lugares y provista de un émbolo. Al llenar la esfera con agua y ejercer presión sobre ella mediante el émbolo, se observa que el agua sale por todos los agujeros con la misma presión.

Prensa hidráulica.

Aplicación del principio de Pascal.

La prensa hidráulica constituye la aplicación fundamental del principio de Pascal y también un dispositivo que permite entender mejor su significado.

Consiste, en esencia, en dos cilindros de diferente sección comunicados entre sí, y cuyo interior está completamente lleno de un líquido que puede ser agua o aceite.

Dos émbolos de secciones diferentes se ajustan, respectivamente, en cada uno de los dos cilindros, de modo que estén en contacto con el líquido.

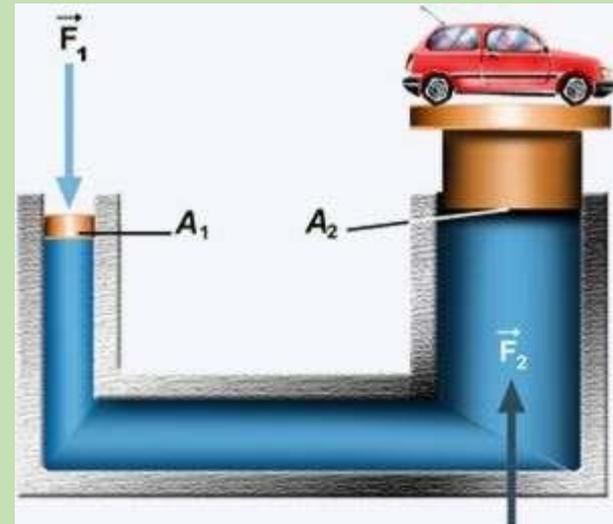
Prensa hidráulica.

Aplicación del principio de Pascal.

Cuando sobre el émbolo de menor sección A_1 se ejerce una fuerza F_1 la presión p_1 que se origina en el líquido en contacto con él se transmite íntegramente y de forma (casi) instantánea a todo el resto del líquido, originando que esta

presión sea igual a la presión p_2 ejercida en el otro émbolo de sección transversal A_2 en el que se ejerce una fuerza F_2 , de tal forma que, de acuerdo al principio de Pascal, podemos escribir

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$



Prensa hidráulica.

Aplicación del principio de Pascal. Un ejemplo.

En una prensa hidráulica como la mostrada en la figura, el pistón más grande tiene una sección transversal (S_B) de 200cm^2 , mientras que el área de la sección transversal del pistón pequeño (S_A) es 5cm^2 . Si una fuerza de 250N es aplicada sobre el pistón pequeño, ¿qué fuerza F_B se ejerce en el pistón grande?

Respuesta:

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

$$F_B = 10,000\text{N}$$



Principio de Arquímedes.

Es un principio físico que afirma que *un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido estático, será empujado con una fuerza ascendente (o boyante) B igual al peso del volumen de fluido desplazado por dicho cuerpo*

Esta fuerza recibe el nombre de *empuje hidrostático* o *de Arquímedes* y, en el SI, se mide en newtons .

El principio de Arquímedes se formula así:

$$B = \rho_f g V_d$$

donde ρ_f es la densidad del fluido, g la aceleración de la gravedad y V_d el volumen del cuerpo sumergido.

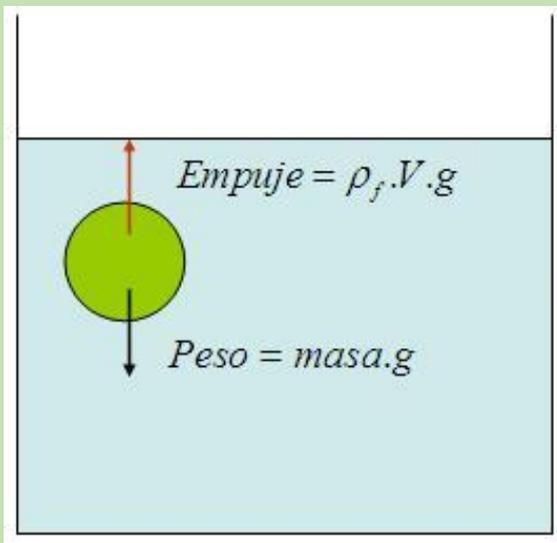


Principio de Arquímedes.

¿De qué depende que un cuerpo flote o no?

De la resultante de fuerzas que actúan sobre él.

Sobre un cuerpo colocado en un fluido actúan, al menos, dos fuerzas: el peso (hacia abajo) y el empuje (hacia arriba).



- Si la magnitud del peso es mayor que la del empuje, el objeto se hunde.
- Si las magnitudes del peso y del empuje son iguales, el objeto flota.
- Si la magnitud del empuje es mayor que la del peso, el cuerpo asciende hasta el punto en que ambas se igualan.

Principio de Arquímedes. Un ejemplo.

Una roca de 70kg yace en el fondo de un lago ($\rho=1.0\text{gr/cm}^3$). Si su volumen es de $3.0 \times 10^4 \text{cm}^3$, (a) ¿qué fuerza se requiere para levantarla? (b) ¿Cuál es la masa aparente de la roca?

En este caso, el peso de la roca es

$$W = mg = (70\text{kg})\left(9.81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 686.7\text{N}$$

mientras que el empuje es

$$B = \rho_f g V_d = \left(1.0 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)\left(9.81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)\left(3.0 \times 10^{-2} \text{m}^3\right) = 294.3\text{N}$$

Así que la fuerza requerida para levantar la roca es la diferencia entre el peso y la fuerza boyante, 392.4N.

Con esto, la masa aparente de la roca es 40kg.



Ejercicio

Cuenta la leyenda que a Arquímedes se le pidió determinar si la corona del rey estaba hecha de oro puro. Arquímedes resolvió este problema pesando la corona en el aire (7.84N) y después en el agua (6.84N) ¿Cuál fue la respuesta de Arquímedes?

$$B = W_{aire} - W_{agua} = 1N$$

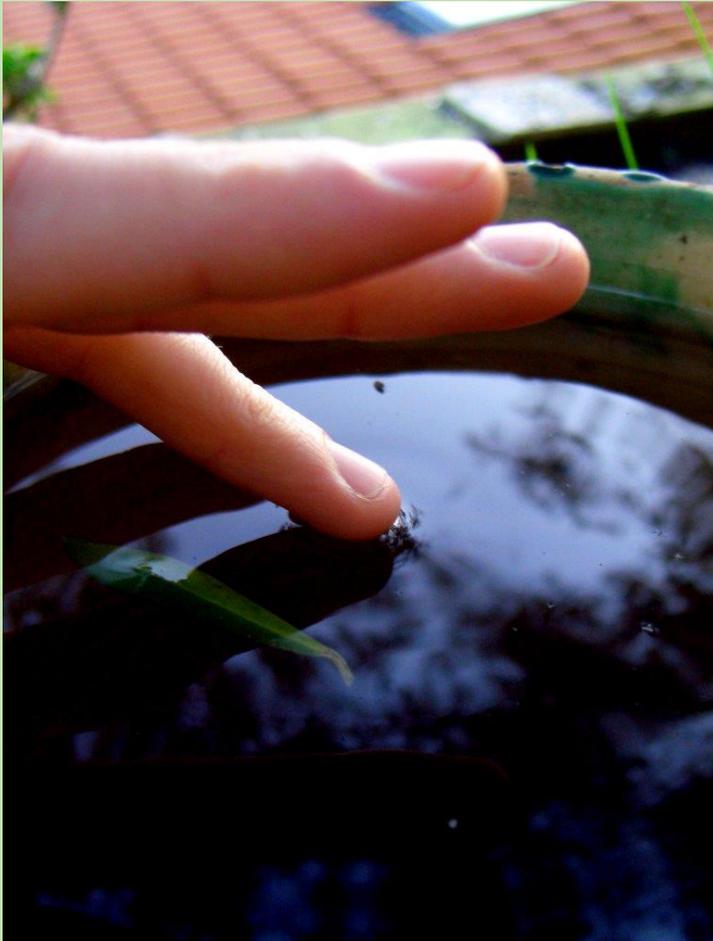
$$B = \rho_{agua} g V_{corona} \quad V_{corona} = \frac{B}{\rho_{agua} g} = 1.019 \times 10^{-4} m^3$$

$$W_{aire} = mg \quad \rho_{corona} = \frac{m}{V_{corona}} = 0.784 \times 10^{-4} \frac{kg}{m^3}$$

La corona estaba hueca o no estaba hecha de oro.

Tensión superficial.

Antecedentes.



Tensión superficial.

Antecedentes.

Varias observaciones comunes sugieren que la superficie de un líquido se comporta como una membrana estirada bajo tensión, como el forro de un tambor.

Por ejemplo, una gota de agua que cae de una llave o que cuelga de una rama pequeña en el rocío matutino adquiere una forma casi esférica, como si fuera un pequeño globo lleno de agua.

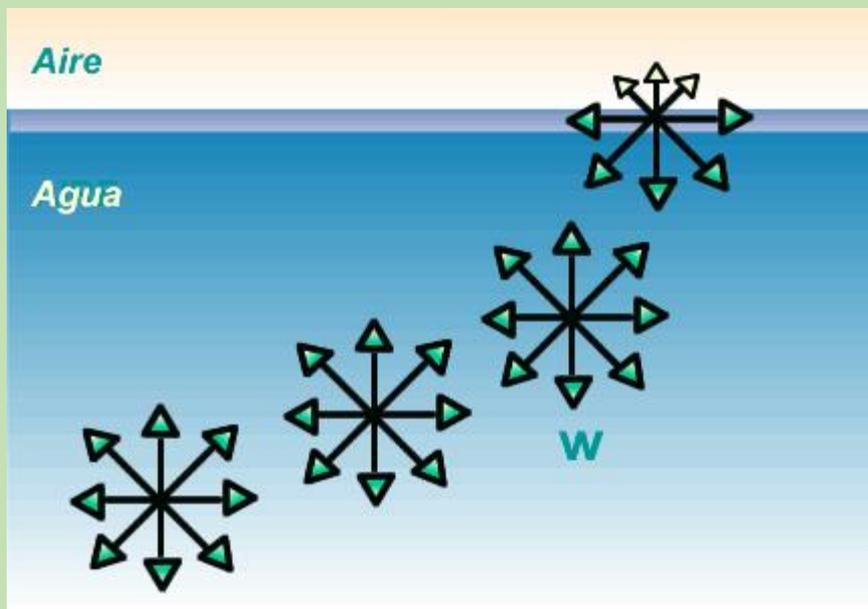


Otro ejemplo de este fenómeno es un clip de hierro que puede flotar sobre la superficie del agua, aun cuando el hierro tiene mayor densidad que el agua.



Tensión superficial.

El que la superficie de un líquido se comporte como si estuviera bajo tensión se debe a las fuerzas de atracción entre las moléculas (conocida como *fuerzas débiles de Van Der Waals*), por lo que esta tensión se dá en forma paralela a la superficie.

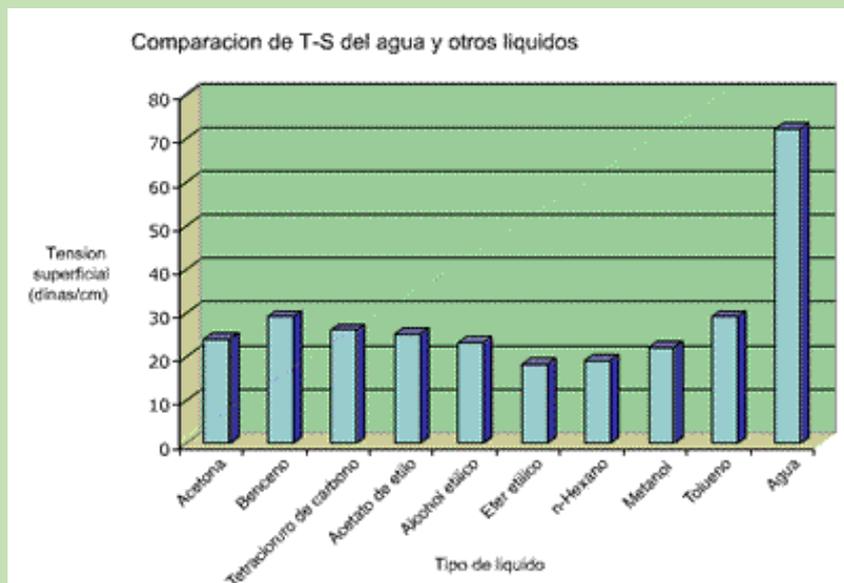


En general, la tensión superficial disminuye con la temperatura, ya que las fuerzas de cohesión disminuyen al aumentar la agitación térmica.

Tensión superficial.

Tensión superficial (T-S) del agua.

Dado que las fuerzas intermoleculares de atracción entre moléculas de agua se deben a los enlaces de hidrógeno y éstos representan una alta energía, la tensión superficial del agua es mayor que la de muchos otros líquidos.



Las sustancias que disminuyen la tensión superficial de un liquido o la acción interfacial entre dos líquidos, se conocen como *agentes tensoactivos*.