



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DEL ESTADO DE HIDALGO

Hidráulica

Elaborado por:

Ing. Enriqueta Del Ángel Hernández

Noviembre, 2014

<http://www.uaeh.edu.mx/virtual>

HIDRÁULICA

Es la rama de la Física que se encarga de estudiar el comportamiento y el movimiento de los fluidos.

Se divide en:

- Hidrostática o Estática de Fluidos. Estudia los fluidos en reposo.
- Hidrodinámica o Dinámica de Fluidos. Estudia los fluidos en movimiento.

FLUIDO.

Es una sustancia que se deforma continuamente (fluye) bajo la aplicación de una tensión tangencial, por muy pequeña que sea; dentro de los fluidos se encuentran los líquidos y los gases.

Los líquidos se diferencian de los gases por la fluidez y mayor movilidad de sus partículas además de ocupar un volumen determinado.

PROPIEDADES DE LOS LÍQUIDOS.

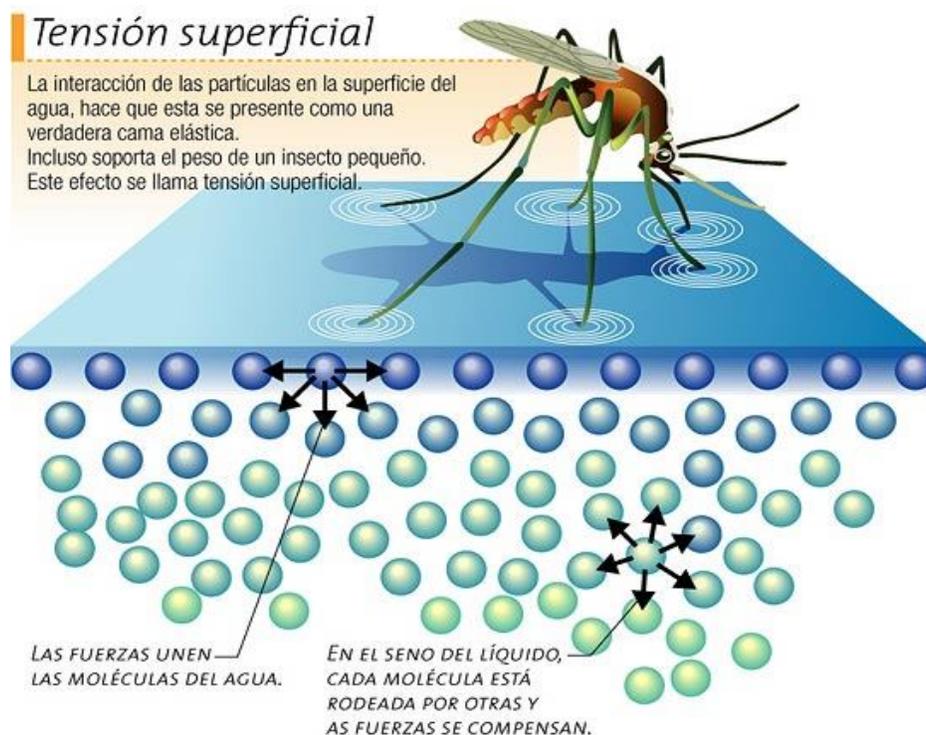
- 1) Su forma depende del recipiente que lo contiene.
- 2) Volumen definido.
- 3) La distancia entre sus partículas son más grandes que en los sólidos, pero más pequeñas que en los gases.
- 4) La fuerza de atracción entre sus partículas son menores que en los sólidos, pero mayores que en los gases.
- 5) Sus partículas poseen movimiento.
- 6) Se difunden.
- 7) Cambian de estado según la temperatura.
- 8) Entropía intermedia.
- 9) Densidad mayor con respecto a los gases.
- 10) Miscibilidad más rápida que en los sólidos y menor que en los gases.
- 11) Se conocen como fluidos incompresibles.

VISCOSIDAD.

Es una medida de la resistencia que opone un líquido a fluir, su unidad en el SI es el Poiseuille.

TENSIÓN SUPERFICIAL

Es la fuerza con que son atraídas las moléculas de la superficie de un líquido para llevarlas al interior y así disminuir el área superficial; dicho fenómeno tiene como origen las fuerzas intermoleculares o de Van der Waals; de tal forma que una molécula inmersa en un líquido experimenta interacciones con otras moléculas por igual en todas direcciones; sin embargo, las moléculas situadas en la superficie sólo se ven afectadas por las moléculas vecinas que tienen por debajo, originando una delgada película en la superficie del líquido.



FUENTE: <http://fisicablog2012.wordpress.com/fisica/cuarto-periodo/tension-superficial-y-capilaridad/>

Por la tensión superficial una cantidad de masa pequeña tiende a ser redonda en el aire, como las gotas; por lo cual debido a ella se forman las gotas de lluvia, las burbujas de jabón así como la elevación de los líquidos por un capilar, asimismo debido a ella los insectos pueden caminar sobre la superficie del agua e incluso una aguja puede ser colocada en la superficie de la misma sin hundirse.

COHESIÓN.

Es la fuerza que mantiene unidas a las moléculas de una misma sustancia.

Si dos gotas de una sustancia líquida se acercan hasta hacer contacto estas forman una gota más grande debido a la cohesión de sus moléculas.

ADHERENCIA.

Es la atracción que se manifiesta entre las moléculas de dos cuerpos o sustancias diferentes que se encuentren en contacto

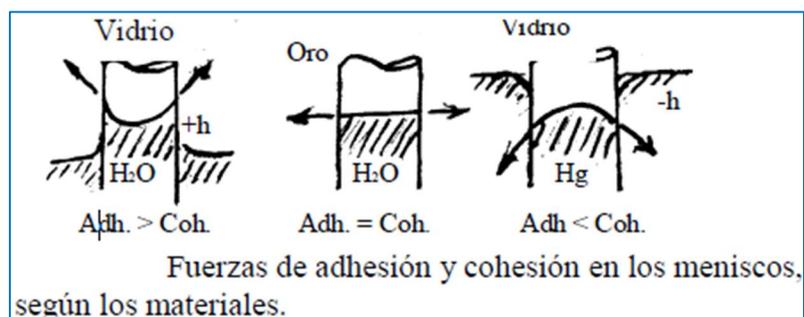
Un líquido moja un sólido cuando la adherencia entre ellos es mayor que la cohesión del líquido; así el agua moja una tela, el aceite al papel, el mercurio al cobre pero no al vidrio

Lo anterior permite la escritura, la pintura, la elaboración de colas, gomas y pegamentos así como soldaduras.

CAPILARIDAD

Fenómeno que consiste en el ascenso y descenso de líquidos por tubos capilares, formándose en la superficie una forma curva llamada menisco; si se trata de líquidos que mojan como el agua el menisco es cóncavo; si se trata de un líquido que no moja como el mercurio, el menisco es divergente.

En base a lo anterior cuando la adherencia es mayor que la cohesión el menisco es cóncavo, cuando adherencia es menor que la cohesión el menisco es convergente así cuando ambas son iguales el menisco es plano.



Los bolígrafos se basan en el principio de la capilaridad, la ley física que obliga a fluir la tinta alrededor de la bolita situada en la punta.

DENSIDAD O MASA ESPECÍFICA (ρ).

Es la relación de la masa contenida en unidad de volumen; así:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

$$\rho = \frac{m}{v} \text{ en } \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

TABLA 1. DENSIDADES
(a °C y a la presión de 1 atm)

Sustancia	ρ (gramo/cm ³)
Hidrógeno	0.000090
Aire	0.0013
Corcho	0.24
Gasolina	0.70
Madera	0.9
Hielo	0.92
Agua	1.00
Agua de mar	1.03
Glicerina	1.25
Aluminio	2.7
Cobre	8.9
Mercurio	13.6
Oro	19.3

TABLA 2. DENSIDADES DE
ALGUNOS ACEITES (a 20°C)

Tipo de aceite	ρ ($\frac{\text{gramo}}{\text{cm}^3}$)
Combustible diésel.	0.836
Palma	0.945
Cacahuete	0.914
Girasol	0.925

NOTA: La densidad de una sustancia depende de la temperatura, ya que los cuerpos se dilatan cuando la temperatura aumenta por lo cual la masa contenida en un volumen de 1 m³ será menor si la temperatura aumenta por lo tanto la densidad será menor.

EJEMPLOS:

1.- De acuerdo a la tabla 1, ¿cuál es la masa de un galón de gasolina?

SOLUCIÓN.

La densidad de la gasolina es 0.70 g/cm^3

Para calcular la masa se debe expresar el volumen en cm^3 de tal forma que primero convertimos el galón a litros de tal forma que:

$$I_{gal} = 3.785 \text{ lts}$$

Posteriormente los 3.785 litros a m^3 :

Recordando que $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ litros}$

$$\left(\frac{3.785 \text{ litros}}{1}\right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}}\right) = \frac{3.785 \text{ litros m}^3}{1000 \text{ litros}} = 3.785 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Ahora los $3.785 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ a cm^3

$$\left(\frac{3.785 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{1}\right) \left(\frac{1 \times 10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3}\right) = 3785 \text{ cm}^3$$

Como se sabe $\rho = \frac{m}{v}$; despejando m ; se tiene:

$m = \rho v$; sustituyendo valores:

$$m = \left(0.70 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) (3785 \text{ cm}^3) = 2649.5 \text{ g o lo que es lo mismo } m = 2.6495 \text{ Kg de masa de gasolina.}$$

2.- Un lingote de platino con un volumen de 9.8 cm^3 tiene una masa de 210 g.

- ¿Cuál es la densidad del lingote de platino?
- Explique el significado del resultado anterior.

SOLUCIÓN:

De acuerdo al significado de densidad se tiene:

$$\rho = \frac{210g}{9.8 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 21.42 \frac{g}{\text{cm}^3}$$

También:

$$\left(\frac{21.42 \text{ g}}{\text{cm}^3}\right) \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}\right) \left(\frac{1 \times 10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3}\right) = \frac{21.42 \text{ g kg cm}^3}{1000 \text{ cm}^3 \text{ g m}^3} = 0.02142 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- La densidad del platino es de 21.42 g/cm^3 o 0.02142 Kg/m^3
- Significa que en cada cm^3 tiene una masa de 21.42 g.

PESO ESPECÍFICO (P_e).

Es la relación del peso entre el volumen que ocupa una sustancia o cuerpo.

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{Peso de la sustancia o cuerpo}}{\text{volumen}}$$

$$P_e = \frac{P}{V} \text{ en } \frac{N}{m^3}$$

Relacionando el peso específico con la densidad y sabiendo que peso es igual a $P = mg$;

$$P_e = \frac{mg}{v} \text{ de donde } \frac{m}{v} = \rho$$

Por lo cual: $P_e = \rho g$ de donde se deduce que peso específico es igual a densidad por la aceleración de la gravedad.

Así, también se concluye que:

$$\rho = \frac{P_e}{g}$$

- Densidad es igual al peso específico entre la aceleración de la gravedad.
- La diferencia entre el peso específico y densidad es que la densidad es la misma en cualquier lugar del universo. La cantidad de moléculas por cm^3 es siempre la misma.
- En cambio el peso de un cuerpo depende del lugar donde se localice. Por ejemplo, en la Luna los objetos pesan menos por lo cual su peso específico es menor que en la Tierra. En el espacio exterior los objetos no pesan nada por lo cual su peso específico es cero o nulo.
- Tratándose de la densidad de un objeto es la misma en la Luna, en la Tierra o en el lugar que sea.

EJEMPLOS:

3.- ¿Cuál es el peso específico de la gasolina?

De acuerdo a la tabla 1 la densidad de la gasolina es $0.70g/cm^3$ para multiplicarla por la densidad es indispensable expresar la densidad en Kg/m^3 para trabajar todas las unidades en el SI (sistema internacional de unidades).

Conversión de $0.70 g/cm^3$ a Kg/m^3

$$\left(\frac{0.70 g}{cm^3}\right) \left(\frac{1 kg}{1000 g}\right) \left(\frac{1 \times 10^6 cm^3}{1 m^3}\right) = \left(\frac{700\,000 g kg cm^3}{1000 cm^3 g m^3}\right) = 700 \frac{kg}{m^3}$$

Calculando el peso específico:

$$P_e = \rho g$$

$$P_e = \left(\frac{700 kg}{m^3}\right) \left(\frac{9.81 m}{s^2}\right) = 6\,867 \frac{Kg m}{m^3 s^2} = 6\,867 \frac{N}{m^3}$$

Recuerde que para trabajar las unidades se tiene que:

$$\frac{Kg m}{s^2} = N$$

PRINCIPIO DE ARQUIMEDES.

La densidad así como el peso específico de los líquidos tiene su impacto en el empuje que reciben los cuerpos al ser sumergidos en un determinado líquido, este fenómeno fue comprendido, estudiado y establecido por el Arquímedes a través del principio que lleva su nombre y que establece:

“Todo cuerpo sumergido en un líquido recibe un empuje de abajo hacia arriba, igual al peso del líquido que desaloja”

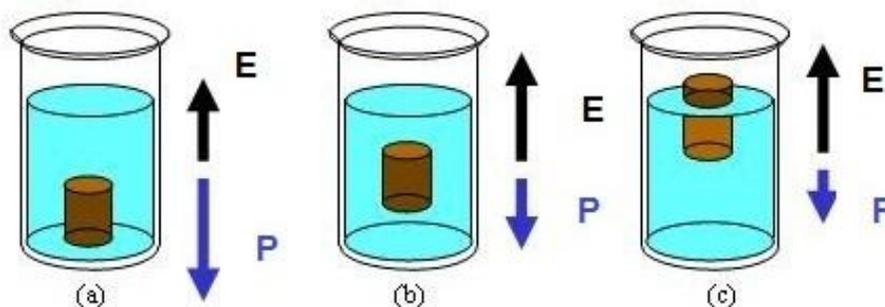
El empuje (E) es en realidad una fuerza que se puede calcular con la fórmula:

$$E = P_e V$$

En la expresión anterior E es el empuje que recibe el cuerpo sumergido y es una fuerza. P_e es el peso específico del líquido y V es el volumen del cuerpo sumergido.

El empuje hidrostático ascendente sobre un cuerpo es mayor cuando más grande sea la cantidad de líquido que desaloja.

De acuerdo al Principio de Arquímedes así como al empuje, al volumen y peso específico de los líquidos se pueden presentar los casos a saber:



- a).- Cuando $P > E$; el peso del cuerpo es mayor (el sólido posee una mayor densidad) que el empuje, por lo cual este se hunde.
- b).- Cuando $P = E$; el peso del cuerpo y el empuje son iguales; lo cual permite que el cuerpo permanezca en equilibrio dentro del líquido.
- c).- Cuando $P < E$; el empuje es mayor al peso del cuerpo; por lo cual el cuerpo flota en la superficie del líquido.

Dentro de las aplicaciones de este principio se encuentran los barcos (un barco puede flotar debido al empuje que recibe del agua, y que es ocasionado por el volumen de agua que desplaza su casco); las boyas, submarinos, dirigibles entre otros.

EJEMPLOS:

4.- Un cubo de aluminio que mide 20 cm de lado es sumergido en agua. Considere que el peso específico del agua es de $9\,800 \frac{N}{m^3}$

a) ¿Qué empuje recibe?

b) ¿Qué cantidad de agua desaloja? Exprese el resultado en litros.

SOLUCIÓN:

Para calcular el empuje que recibe se aplica:

$$E = P_e V$$

Para sustituir valores primero se debe calcular el volumen del cubo de tal forma que:

$$\text{Volumen del cubo} = L^3$$

La longitud del lado del cubo se expresa en m.

$$\text{Volumen del cubo} = (0.20 \text{ m})^3 = 8 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

De tal forma que:

$$E = \left(9\,800 \frac{N}{m^3}\right) (8 \times 10^{-3} \text{ m}^3) = 78.4 \text{ N}$$

El empuje que recibe el cubo es de 78.4 N

La cantidad de agua desalojada por el cubo es igual al su volumen que es $8 \times 10^{-3} \text{ m}^3$; expresándolo en litros se realiza la conversión correspondiente de tal forma que:

Recordando...

Equivalencia:

$$\begin{aligned} 1 \text{ m}^3 &= 1000 \text{ litros} \\ \left(\frac{8 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{1}\right) \left(\frac{1000 \text{ litros}}{1 \text{ m}^3}\right) &= 8 \text{ litros} \end{aligned}$$

Así, la cantidad de agua desalojada por el cubo es de 8 litros.

PRESIÓN.

Es la fuerza que actúa sobre una superficie determinada.

$$Presión = \frac{Fuerza}{Superficie}$$

$$P = \frac{F}{A} \text{ sus unidades son : } \frac{N}{m^2} = \text{Pascal (Pa)}$$

Ejemplos:

5.- Un acróbata de 60 Kg realiza un acto de equilibrio sobre un bastón. El extremo del bastón, en contacto con el piso, tiene un área de 0.92 cm². Calcule la presión que el bastón ejerce sobre el piso. Despreciar el peso del bastón.

SOLUCIÓN:

Para calcular la presión es indispensable convertir los 0.92 cm² a m² antes de sustituir en la fórmula:

Conversión de 0.92 cm² a m²

Equivalencia: 1 m² = 10 000 cm²

$$\left(\frac{0.92 \text{ cm}^2}{1}\right) \left(\frac{1 \text{ m}^2}{10\,000 \text{ cm}^2}\right) = \frac{0.92 \text{ cm}^2 \text{ m}^2}{10\,000 \text{ cm}^2} = 9.2 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Posteriormente calcular el peso del acróbata, conociendo la masa del mismo se tiene:

$$Peso = m g$$

$$P = (60 \text{ kg}) \left(\frac{9.81 \text{ m}}{s^2}\right) = 588.6 \frac{\text{kg m}}{s^2} = 588.6 \text{ N}$$

De tal forma que la presión es:

$$Presión = \frac{Fuerza}{Area}$$

$$Presión = \frac{588.6 \text{ N}}{9.2 \times 10^{-5} \text{ m}^2} = 6\,397\,826.08 \text{ Pa}$$

La presión que ejerce el acróbata sobre el bastón es de 6 397 826. 08 Pa

TIPOS DE PRESIÓN.

1.- PRESIÓN ATMÓSFERICA. Es la fuerza que ejerce la atmósfera sobre cualquier cuerpo o superficie con la cual este en contacto.



<http://www.profesorenlinea.cl/fisica/PresionAtmosferica.htm>

Esta es debida al peso del aire, y es variable dependiendo de la altitud, al nivel del mar la presión atmosférica tiene el máximo valor llamada presión normal que es considerada como $1 \text{ atmósfera} = 760 \text{ mm de Hg} = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ de tal forma que a mayor altura sobre el nivel del mar la presión atmosférica disminuye. Lo anterior se relaciona al movimiento de corrientes de aire y tormentas; así las mediciones de los cambios de presión del aire son importantes para los meteorólogos en la predicción del tiempo.



http://www.ecured.cu/index.php/Archivo:PRESION_atm1.png

El instrumento utilizado para medir la presión atmosférica se llama barómetro.

2.- PRESIÓN MANOMÉTRICA. Es la presión que recibe un líquido al calentarse el recipiente que lo contiene.

3.- PRESIÓN ABSOLUTA. Es la que se obtiene sumando la presión atmosférica con la presión manométrica.

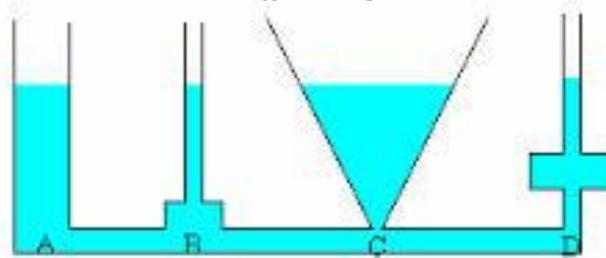
En base a lo anterior existen otras unidades de medida para la presión además del Pa, entre ellas se encuentran la atmósfera, torr, mm de Hg entre otras.

4.- PRESIÓN HIDROSTÁTICA. Es la que ejerce la columna de algún fluido que alcanza cierta altura (h) y posee una cierta densidad (ρ).

$$\text{Presión hidrostática} = h\rho g$$

$$P_h = h \rho g$$

$$P_h = h P_e$$



De acuerdo a la figura anterior la presión en el punto A, B, C y D es la misma ya que el líquido alcanza la misma altura y la densidad del líquido es un valor constante.

PARADOJA HIDROSTÁTICA DE STEVIN.

La presión que ejerce un líquido en cualquier punto de un recipiente, no depende de la forma de este ni de la cantidad de líquido que contiene, sino únicamente del peso específico y de la altura que existe del punto considerado a la superficie libre del líquido.

Ejemplos:

6.- Una represa forma un lago artificial de 8 Km². Justamente detrás del dique, el lago tiene una profundidad de 12 m. ¿Cuál es la presión producida por el agua (a) en la base del dique y (b) en un punto localizado a 3 metros bajo la superficie del lago?

SOLUCIÓN:

a) En la base del dique la presión hidrostática es:

$$P_h = h \rho g$$

La densidad del agua es $1000 \text{ Kg} / \text{m}^3$

La altura que alcanza el agua detrás del dique es de 12 m

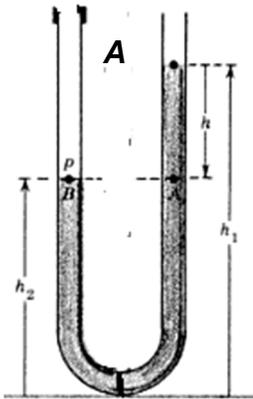
$$P_h = (12 \text{ m}) \left(1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) \left(\frac{9.81 \text{ m}}{\text{s}^2} \right) = 117\,720 \text{ Pa}$$

Por lo cual la presión en la base del dique es de $117\,720 \text{ Pa}$.

b) La presión en un punto localizado a 3 m bajo la superficie del lago.

$$P_h = (3 \text{ m}) \left(1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) \left(\frac{9.81 \text{ m}}{\text{s}^2} \right) = 29\,430 \text{ Pa}$$

7.- Como se muestra en la figura, una columna de agua de 60 cm de altura (h_1) sostiene otra columna de 45 cm (h_2) de un fluido desconocido. ¿Cuál es la densidad del fluido que no se conoce?



SOLUCIÓN:

La presión en el punto A es la misma ya que los fluidos mantienen la misma posición, cambia la altura pero la presión hidrostática es la misma ya que la densidad es diferente para cada fluido; de tal forma:

$$P_{h1} = P_{h2}$$

$$h_1 \rho_1 g = h_2 \rho_2 g$$

Despejando ρ_2 de la ecuación anterior:

$$\rho_2 = \frac{h_1 \rho_1 g}{h_2 g}$$

Al dividir g/g sólo queda:

$$\rho_2 = \frac{h_1 \rho_1}{h_2}$$

Sustituyendo valores:

$$\rho_2 = \frac{(60 \text{ cm})(1000 \text{ Kg} / \text{m}^3)}{45 \text{ cm}} = 1\,333.33 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

La densidad del fluido desconocido es de $1\,333.33 \text{ Kg} / \text{m}^3$.

APLICACIONES.

El comportamiento de los fluidos permite su aplicación en diversos dispositivos, aparatos e instrumentos a través de principios o teoremas, un ejemplo de ello es el *Principio de Pascal*.

PRINCIPIO DE PASCAL.

“La presión aplicada a un fluido encerrado se transmite íntegramente en cada punto del fluido y de las paredes del recipiente”

Una aplicación de este principio se encuentra en la prensa hidráulica utilizada para comprimir o prensar cuerpos, un ejemplo es la extracción de aceites.

La prensa hidráulica está constituida por:

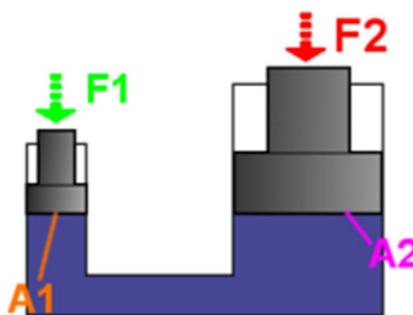
- Superficie del émbolo mayor (A_1) y fuerza en el émbolo mayor (F_1).
- Superficie del émbolo menor (A_2) y fuerza en el émbolo menor (F_2).

La presión es la misma en los dos émbolos, así en el émbolo mayor se multiplica la fuerza en proporción a su superficie; de tal forma que:

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \text{ Fórmula de la Prensa Hidráulica.}$$

$$F_2 = F_1 \left(\frac{A_2}{A_1} \right)$$



http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Pascal

Ejemplos:

8.- En una prensa hidráulica el pistón más grande en su sección transversal tiene un área de 500 cm^2 , y el área de la sección transversal del pistón pequeño es de 200 cm^2 . Si se aplica una fuerza de 300 N sobre el pistón pequeño; ¿Cuál es la fuerza en el pistón grande?

SOLUCIÓN:

Se conocen las dos áreas y la fuerza del pistón menor que es F_2 ; por lo cual se debe despejar F_1 de la fórmula que es la fuerza en el pistón más grande.

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

Despejando F_1 se tiene:

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

Sustituyendo valores:

$$F_1 = \frac{(300 \text{ N})(500 \text{ cm}^2)}{200 \text{ cm}^2} = 750 \text{ N}$$

La fuerza en el émbolo mayor es de 750 N .

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Máximo, R. A. y Alvarenga, A. B. (1998). *“Física General con Experimentos Sencillos”* Cuarta edición. Oxford. México. D.F.
- Bueche, J.F. (1993). *“Física general”* Octava edición. Mc. Graw Hill. México, D.F
- Rincón, A. A. y Rocha, L. A. (1978). *“ABC de Física”* Tercera edición. Herrero, S.A. México, D.F.
- Pérez, M. H. (2006). *“Física General”* Tercera edición. Publicaciones Culturales. México, D.F.

<http://www.muyinteresante.es/ciencia/preguntas-respuestas/ique-es-la-tension-superficial>

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/7/cap6.pdf>

<http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=133171>

<http://www.fodonto.uncu.edu.ar/upload/hidrostatica.pdf>

Lectura



Colaborador: Ing. Enriqueta del Angel Hernández
Nombre de la asignatura: Temas Selectos de Física
Programa educativo: Bachillerato virtual