

Mecánica de Fluidos 12



Mecánica de fluidos

Estática de fluidos, es decir, el estudio de fluidos en reposo en situaciones de equilibrio. Al igual que otras situaciones de equilibrio, esta se basa en la primera y tercera leyes de Newton.

Exploraremos los conceptos clave de densidad, presión y flotación.

La **dinámica de fluidos**, que es el estudio de fluidos en movimiento, es mucho más compleja; de hecho, es una de las ramas más complejas de la mecánica. Por fortuna, podemos analizar muchas situaciones importantes usando modelos idealizados sencillos y los principios que ya conocemos, como las leyes de Newton y la conservación de la energía.

Densidad

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

Tabla 12.1 Densidades de algunas sustancias comunes

| Material | Densidad (kg/m ³)* | Material | Densidad (kg/m ³)* |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Aire (1 atm, 20°C) | 1.20 | Hierro, acero | 7.8×10^3 |
| Etanol | 0.81×10^3 | Bronce | 8.6×10^3 |
| Benceno | 0.90×10^3 | Cobre | 8.9×10^3 |
| Hielo | 0.92×10^3 | Plata | 10.5×10^3 |
| Agua | 1.00×10^3 | Plomo | 11.3×10^3 |
| Agua de mar | 1.03×10^3 | Mercurio | 13.6×10^3 |
| Sangre | 1.06×10^3 | Oro | 19.3×10^3 |
| Glicerina | 1.26×10^3 | Platino | 21.4×10^3 |
| Cemento | 2×10^3 | Estrella enana blanca | 10^{10} |
| Aluminio | 2.7×10^3 | Estrella de neutrones | 10^{18} |

*Para obtener la densidad en gramos por centímetro cúbico, simplemente divida entre 10^3 .

Densidad

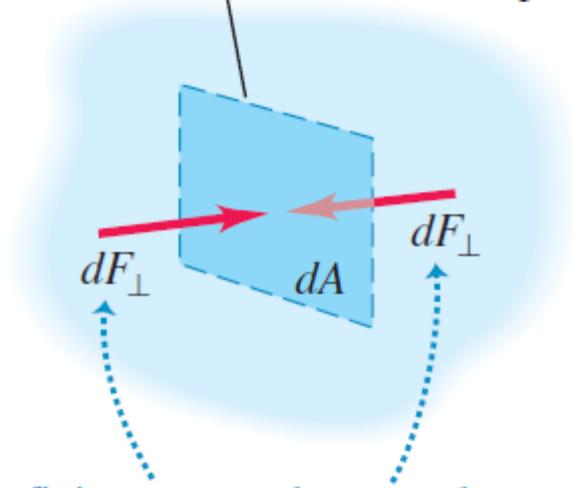
Calcule la masa y el peso del aire en una estancia a 20°C. El piso mide 4.0 m × 5.0 m, el techo se ubica a una altura de 3.0 m, y la estancia tiene la masa y el peso de un volumen igual de agua.

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

Presión

12.2 Las fuerzas actúan sobre una pequeña superficie dentro de un fluido en reposo.

Pequeña superficie de área dA
dentro de un fluido en reposo



La superficie no se acelera, por lo que el fluido circundante ejerce fuerzas normales iguales sobre ambos lados de ella. (El fluido no puede ejercer ninguna fuerza paralela a la superficie, ya que eso provocaría que la superficie se acelerara.)

$$p = \frac{dF_{\perp}}{dA} \quad (\text{definición de presión})$$

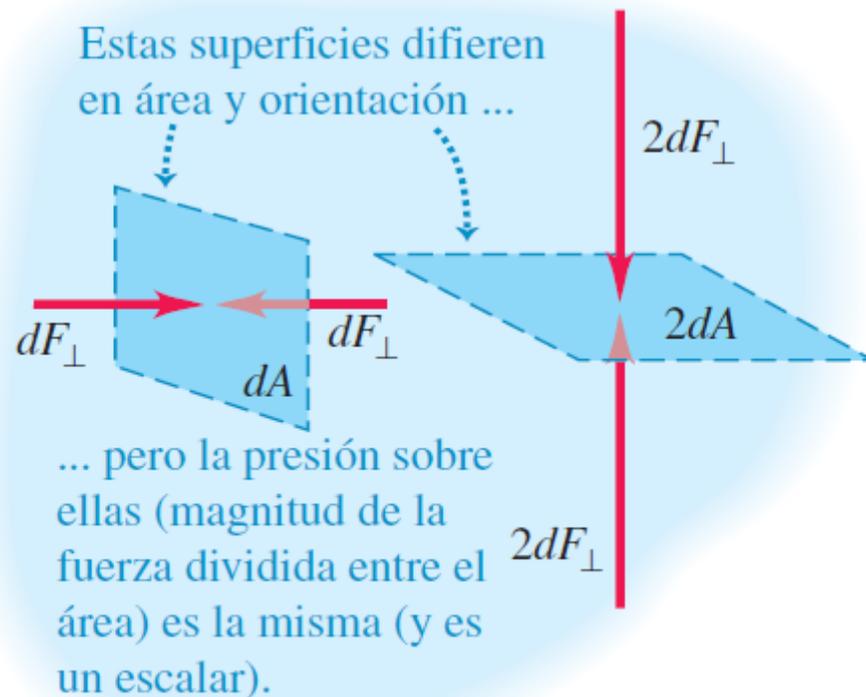
$$p = \frac{F_{\perp}}{A}$$

Presion

12.3 La presión sobre cualquiera de los dos lados de una superficie es igual a la fuerza dividida entre el área. La presión es un escalar y sus unidades son newtons por metro cuadrado. En cambio, la fuerza es un vector y sus unidades son newtons.

$$p = \frac{dF_{\perp}}{dA} \quad (\text{definición de presión})$$

$$p = \frac{F_{\perp}}{A}$$



Presión

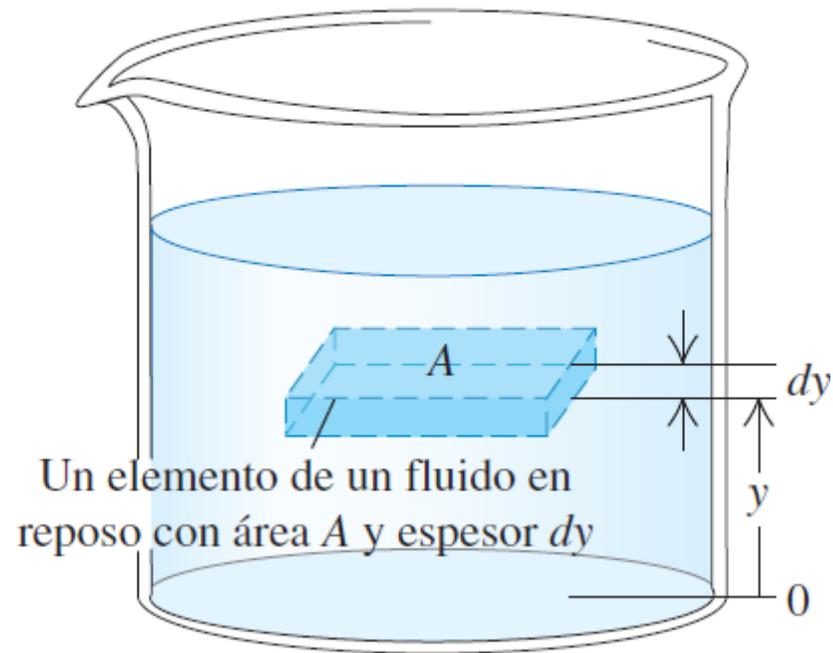
En la estancia descrita en el ejemplo 12.1, ¿qué fuerza total descendente actúa sobre el piso debido a una presión del aire de 1.00 atm?

$$p = \frac{dF_{\perp}}{dA} \quad (\text{definición de presión})$$

$$p = \frac{F_{\perp}}{A}$$

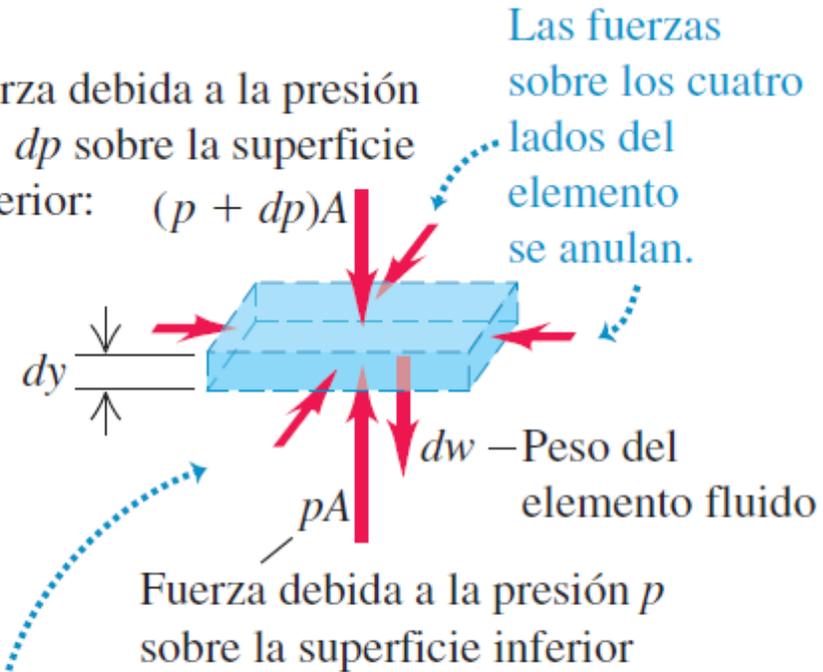
Presión, profundidad y ley de Pascal

a)



b)

Fuerza debida a la presión $p + dp$ sobre la superficie superior: $(p + dp)A$



Como el fluido está en equilibrio, la suma vectorial de las fuerzas verticales sobre el elemento fluido debe ser cero:

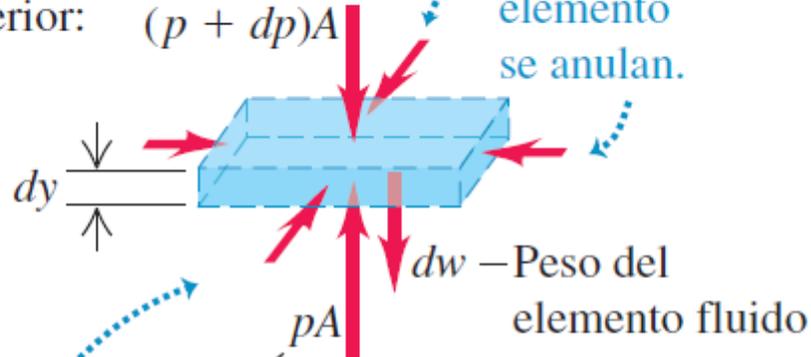
$$pA - (p + dp)A - dw = 0.$$

Presión, profundidad y ley de Pascal

b)

Fuerza debida a la presión $p + dp$ sobre la superficie superior: $(p + dp)A$

Las fuerzas sobre los cuatro lados del elemento se anulan.



dw - Peso del elemento fluido

Fuerza debida a la presión p sobre la superficie inferior

Como el fluido está en equilibrio, la suma vectorial de las fuerzas verticales sobre el elemento fluido debe ser cero:

$$pA - (p + dp)A - dw = 0.$$

$$dV = A dy$$

$$dm = \rho dV = \rho A dy$$

$$dw = dm g = \rho g A dy$$

$$\sum F_y = 0 \quad \text{por lo que} \quad pA - (p + dp)A - \rho g A dy = 0$$

$$-A dp = \rho g A dy$$

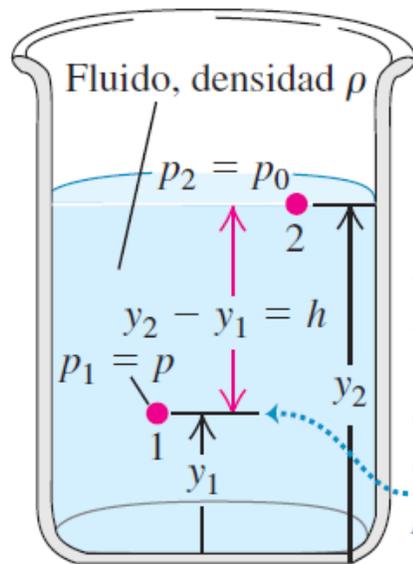
$$\frac{dp}{dy} = -\rho g$$

$$p_2 - p_1 = -\rho g (y_2 - y_1) \quad (\text{presión en un fluido de densidad uniforme})$$

Presión, profundidad y ley de Pascal

12.5 Cómo varía la presión en función de la profundidad en un fluido con densidad uniforme.

$$p_0 - p = -\rho g(y_2 - y_1) = -\rho gh$$



A una profundidad h , la presión p es igual a la presión sobre la superficie p_0 más la presión ρgh debida al fluido que hay encima:
 $p = p_0 + \rho gh$.

$$p = p_0 + \rho gh \quad (\text{presión en un fluido de densidad uniforme})$$

La diferencia de presión entre los niveles 1 y 2:

$$p_2 - p_1 = -\rho g(y_2 - y_1)$$

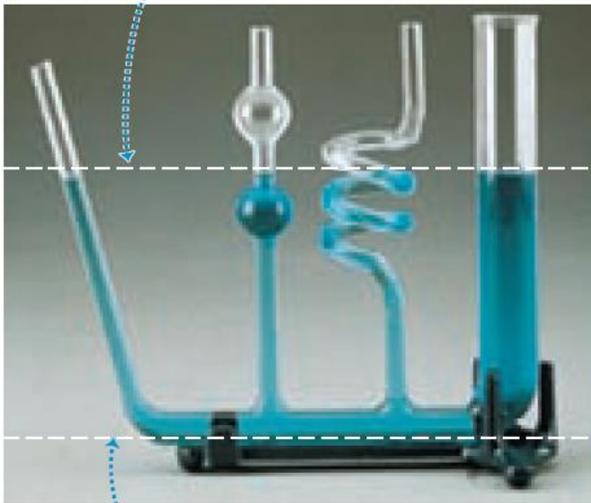
La presión es mayor en un nivel más bajo.

Presión, profundidad y ley de Pascal

Ley de Pascal: La presión aplicada a un fluido encerrado se transmite sin disminución a todas las partes del fluido y las paredes del recipiente.

12.6 Todas las columnas de fluido tienen la misma altura, sin importar cuál sea su forma.

La presión en la parte superior de cada columna de líquido es la presión atmosférica, p_0 .



La presión en la parte inferior de cada columna de líquido tiene el mismo valor p .

La diferencia entre p y p_0 es ρgh , donde h es la distancia que hay de la parte superior a la parte inferior de la columna de líquido. Por lo tanto, todas las columnas tienen la misma altura.

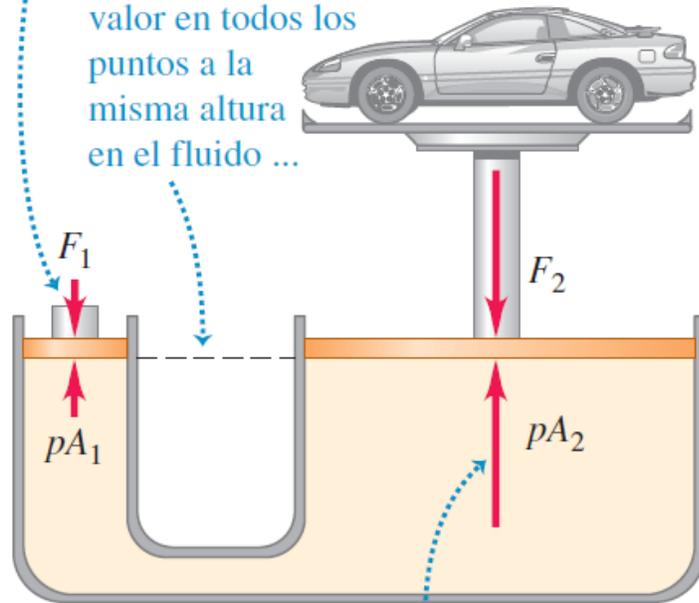
$$p = p_0 + \rho gh \quad (\text{presión en un fluido de densidad uniforme})$$

Presión, profundidad y ley de Pascal

12.7 El elevador hidráulico es una aplicación de la ley de Pascal. El tamaño del recipiente lleno de fluido se ha exagerado por claridad.

Se aplica una fuerza pequeña a un pistón.

Ya que la presión p tiene el mismo valor en todos los puntos a la misma altura en el fluido ...



... un pistón con una mayor área, a la misma altura, experimenta una gran fuerza.

La presión es uniforme en todo el sistema hidráulico

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \text{y} \quad F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$$

¿Gases? ¿Líquidos?

$$p = \rho gh$$

Presión manométrica y presión absoluta

Presión manométrica: (psig)

$$p - p_0 = \rho gh$$

Presión absoluta: (psia)

$$p = p_0 + \rho gh$$

Presión manométrica y presión absoluta

Un tanque de almacenamiento de 12.0 m de profundidad está lleno de agua. La parte superior del tanque está abierta al aire. ¿Cuál es la presión absoluta en el fondo del tanque? ¿Y la presión manométrica?

Presión manométrica: (psig)

$$p - p_0 = \rho gh$$

Presión absoluta: (psia)

$$p = p_0 + \rho gh$$

Medidores de presión

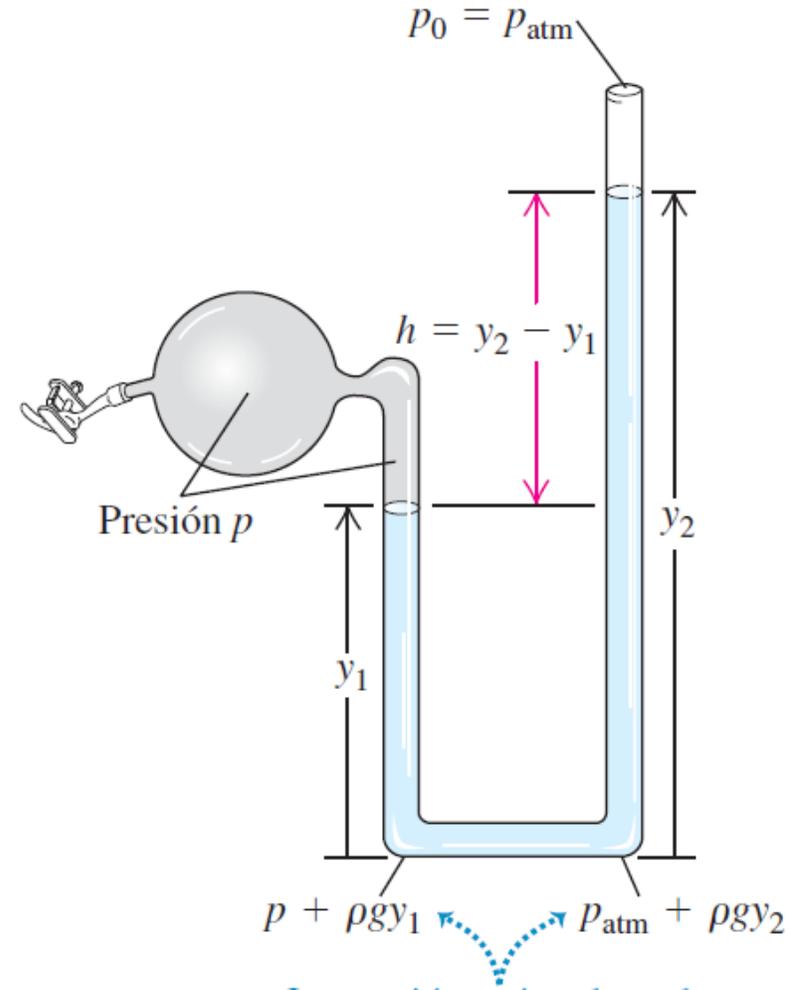
Presión manométrica: (psig)

$$p - p_0 = \rho gh$$

Presión absoluta: (psia)

$$p = p_0 + \rho gh$$

a) Manómetro de tubo abierto



La presión es igual en el fondo de los dos tubos.

Medidores de presión

Presión manométrica: (psig)

$$p - p_0 = \rho gh$$

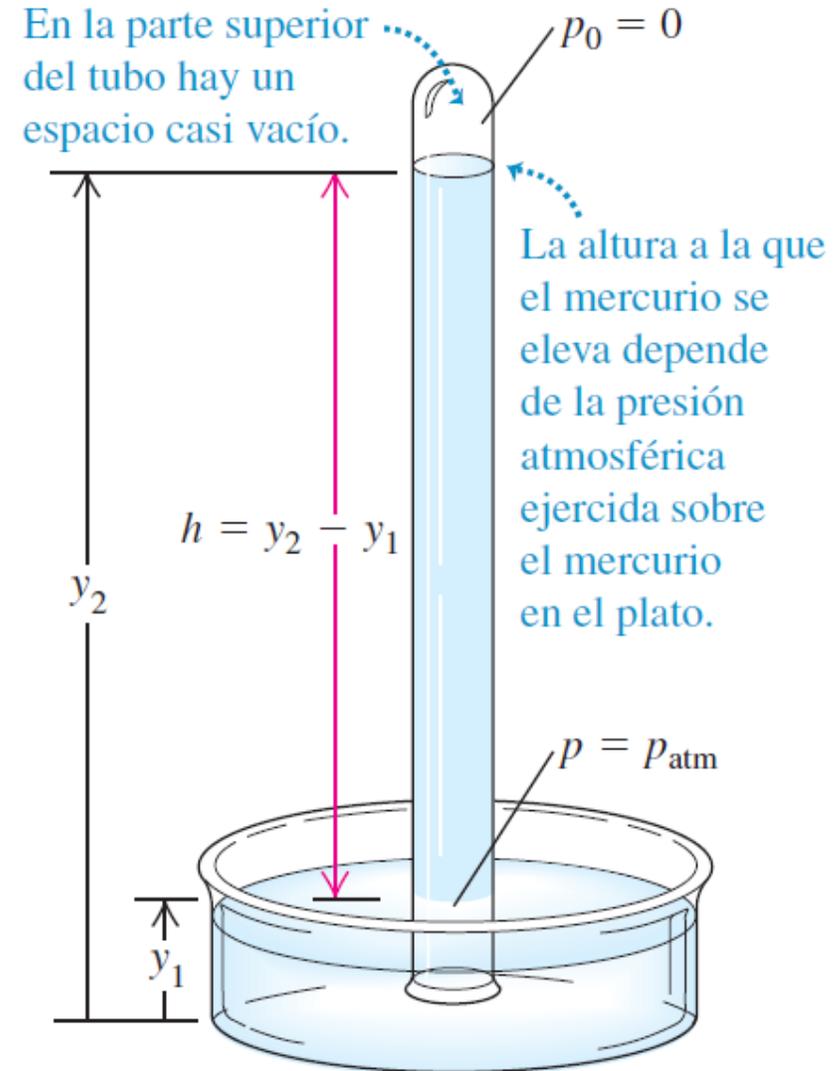
Presión absoluta: (psia)

$$p = p_0 + \rho gh$$

Para el barómetro de mercurio

$$p = \rho gh$$

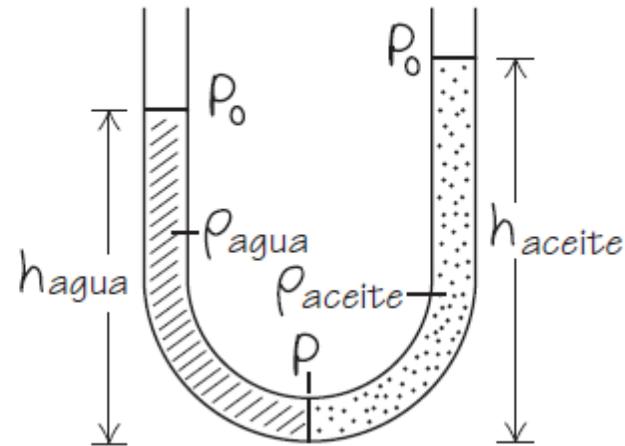
b) Barómetro de mercurio



Medidores de presión

Un tubo de manómetro se llena parcialmente con agua. Después se vierte aceite (que no se mezcla con el agua) en el brazo izquierdo del tubo hasta que la interfase aceite-agua está en el punto medio del tubo, como se ilustra. Ambos brazos del tubo están abiertos al aire. Determine la relación entre las alturas h_{aceite} y h_{agua} .

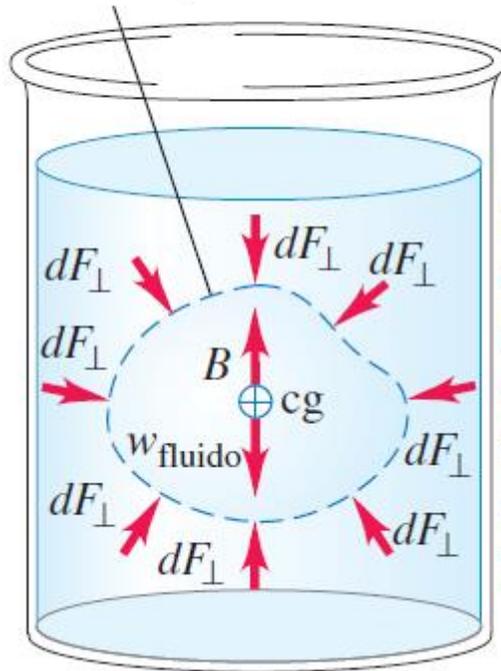
Diagrama para este problema.



Flotación

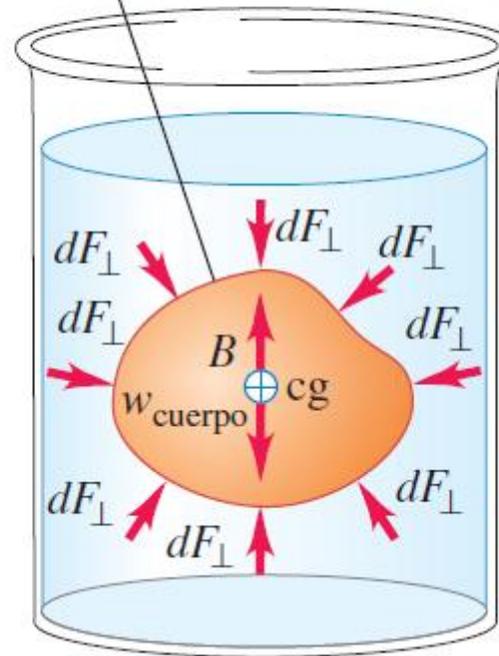
El principio de Arquímedes establece lo siguiente: Si un cuerpo está parcial o totalmente sumergido en un fluido, este ejerce una fuerza hacia arriba sobre el cuerpo igual al peso del fluido desplazado por el cuerpo.

a) Elemento arbitrario de un fluido en equilibrio



Las fuerzas en el elemento de fluido debidas a la presión deben sumarse a la fuerza de flotación de igual magnitud al peso del elemento.

b) El elemento de fluido se sustituye por un cuerpo sólido de forma y tamaño idénticos

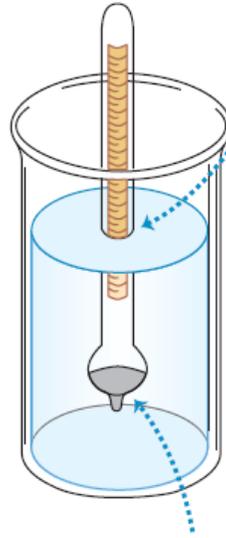


Las fuerzas debidas a la presión son iguales, por lo que sobre el cuerpo debe actuar la misma fuerza de flotación que sobre el elemento de fluido, sin importar el peso del cuerpo.

Flotación

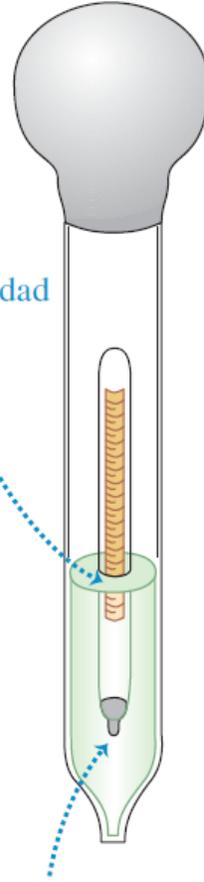
a) Hidrómetro sencillo

La profundidad a la que se hunde la escala de medición indica la densidad del fluido.



El peso en la base hace que la escala flote en posición erguida.

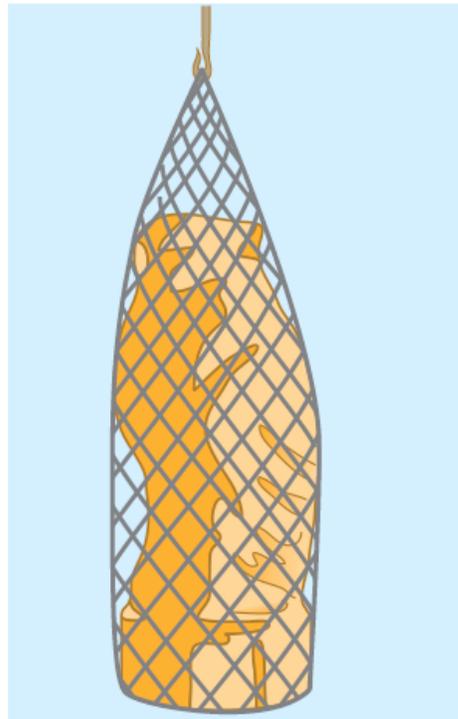
b) Uso de un hidrómetro para medir la densidad del ácido de un acumulador o del anticongelante



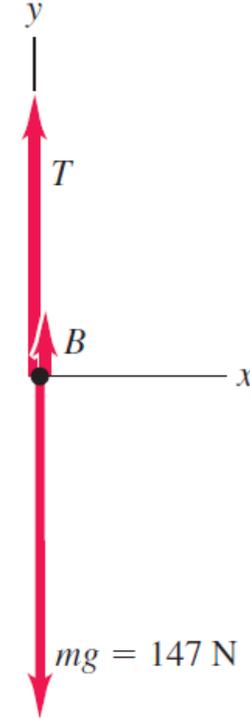
Flotación

Una estatua de oro sólido de 15.0 kg de peso está siendo levantada de un barco hundido (figura 12.13a). ¿Qué tensión hay en el cable (que se supone de masa despreciable) cuando la estatua está *a*) en reposo y totalmente sumergida, y *b*) en reposo y fuera del agua?

a) Estatua inmersa y en equilibrio



b) Diagrama de cuerpo libre de la estatua



Densidad agua mar = 1030 kg/m^3

Densidad aire = 1.2 kg/m^3

Densidad oro = 19300 kg/m^3

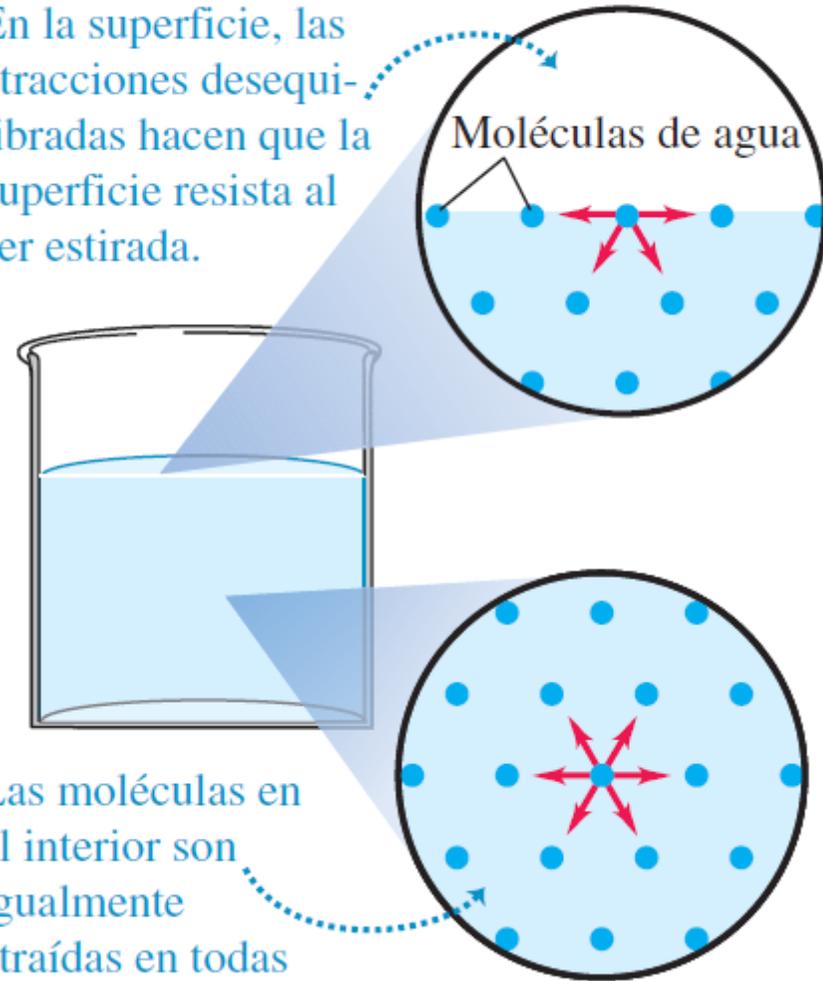
Tensión Superficial



Tensión Superficial

Las moléculas en un líquido son atraídas por moléculas vecinas.

En la superficie, las atracciones desequilibradas hacen que la superficie resista al ser estirada.



Las moléculas en el interior son igualmente atraídas en todas direcciones.