Capítulo 15A - Fluidos en reposo

Presentación PowerPoint de

Paul E. Tippens, Profesor de Física

Southern Polytechnic State University

Fluidos en reposo

LOS GLOBOS AEROSTÁTICOS usan aire caliente, que es menos denso que el aire circundante, para crear una fuerza de flotación ascendente. De acuerdo con el principio de Arquímedes, la fuerza de flotación es igual al peso del aire desplazado por el globo.

Objetivos: Después de completar este módulo, deberá:

- Definir y aplicar los conceptos de densidad y presión de fluido para resolver problemas físicos.
- Definir y aplicar los conceptos de presiones absoluta, manométrica y atmosférica.
- Establecer la ley de Pascal y aplicarla para presiones de entrada y salida.
- Establecer y aplicar el principio de Arquímedes para resolver problemas físicos.

Densidad

$$Densidad = \frac{masa}{volumen}; \quad \rho = \frac{m}{V}$$

2 kg, 4000 cm^3

Plomo: 11,300 kg/m^3

Madera: 500 kg/m^3

4000 cm^3

45.2 kg

Mismo volumen

177 cm^3

2 kg

Misma masa

Ejemplo 1: La densidad del acero es 7800 kg/m^3. ¿Cuál es el volumen de un bloque de acero de 4 kg?

$$\rho = \frac{m}{V}; \qquad V = \frac{m}{\rho} = \frac{4\text{ kg}}{7800\text{ kg/m}^3}$$

$$\boxed{V = 5.13 \times 10^{-4}\text{ m}^3}$$

¿Cuál es la masa si el volumen es 0.046 m^3?

$$m = \rho V = (7800\text{ kg/m}^3)(0.046\text{ m}^3);$$

$$\boxed{m = 359\text{ kg}}$$

Gravedad específica

La gravedad específica ρ_r de un material es la razón de su densidad a la densidad del agua (1000 kg/m^3).

$$\rho_r = \frac{\rho_x}{1000\ \mathrm{kg/m^3}}$$

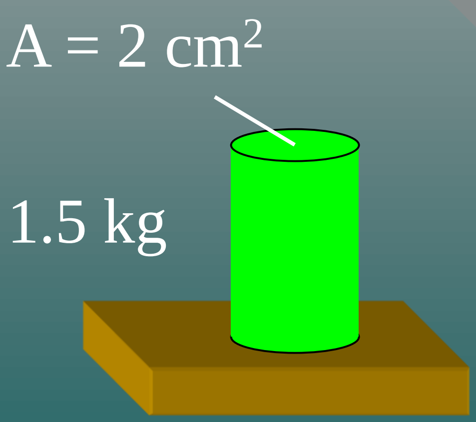
Ejemplos:

Acero (7800 kg/m^3)	$\rho_r = 7.80$
Latón (8700 kg/m^3)	$\rho_r = 8.70$
Madera (500 kg/m^3)	$\rho_r = 0.500$

Presión

La presión es la razón de una fuerza F al área A sobre la que se aplica:

$$\text{Presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área}}; \quad P = \frac{F}{A}$$



$$P = \frac{F}{A} = \frac{(1.5\text{ kg})(9.8\text{ m/s}^2)}{2 \times 10^{-4}\text{ m}^2}$$

$$P = 73{,}500\text{ N/m}^2$$

La unidad de presión (pascal):

Una presión de un pascal (1 Pa) se define como una fuerza de un newton (1 N) aplicada a una área de un metro cuadrado (1 m^2).

$$\text{Pascal:} \quad 1\ \text{Pa} = 1\ \text{N/m}^2$$

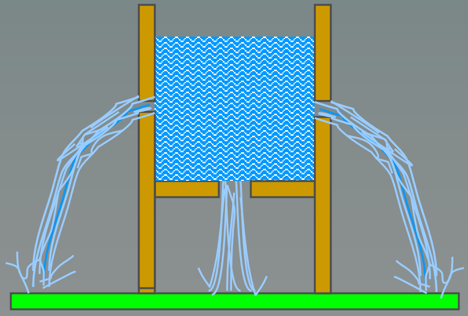
En el ejemplo anterior la presión fue de 73,500 N/m^2. Esto se debe expresar como:

$$\boldsymbol{P} = 73{,}500\ \text{Pa}$$

Presión de fluido

Un líquido o gas no puede soportar un esfuerzo de corte, sólo se restringe por su frontera. Por tanto, ejercerá una fuerza contra y perpendicular a dicha frontera.

- La fuerza F ejercida por un fluido sobre las paredes de su contenedor siempre actúa perpendicular a las paredes.

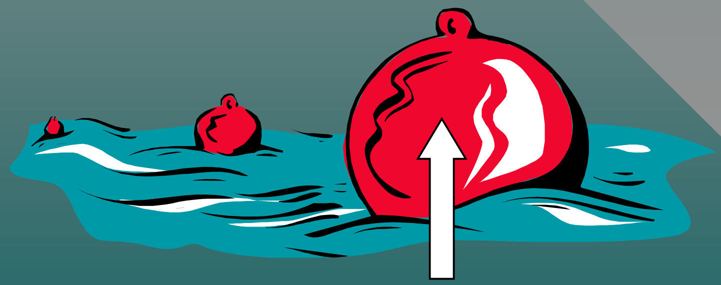


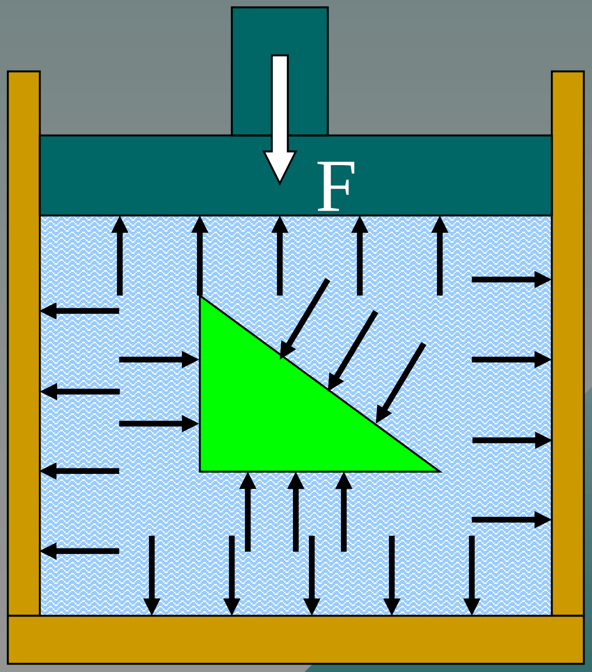
Flujo de agua muestra ⊥ F

Presión de fluido

El fluido ejerce fuerzas en muchas direcciones. Intente sumergir una bola de hule en agua para ver que una fuerza ascendente actúa sobre el flotador.

- Los fluidos ejercen presión en todas direcciones.



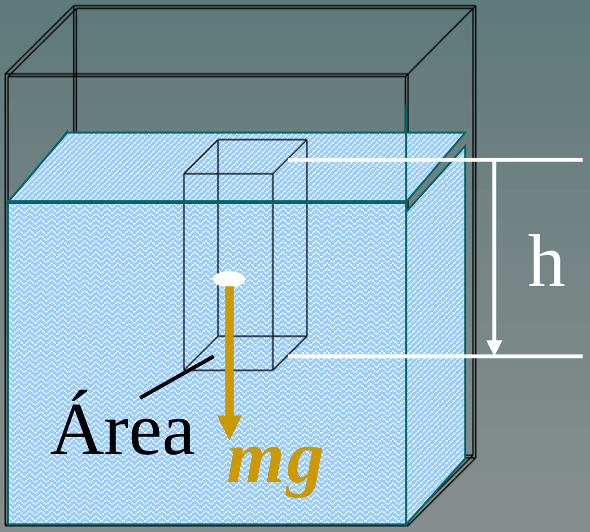


Presión contra profundidad en fluido

Presión = fuerza/área

$$P = \frac{mg}{A}; \quad m = \rho V; \quad V = Ah$$

$$P = \frac{\rho V g}{A} = \frac{\rho \cancel{A} hg}{\cancel{A}}$$



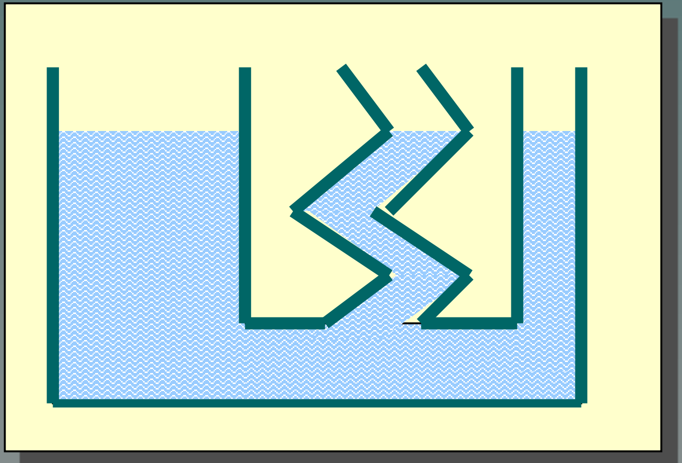
- La presión en cualquier punto en un fluido es directamente proporcional a la densidad del fluido y a la profundidad en el fluido.

Presión de fluido:

$$\boxed{P = \rho g h}$$

Independencia de forma y área

El agua busca su propio nivel, lo que indica que la presión del fluido es independiente del área y de la forma de su contenedor.



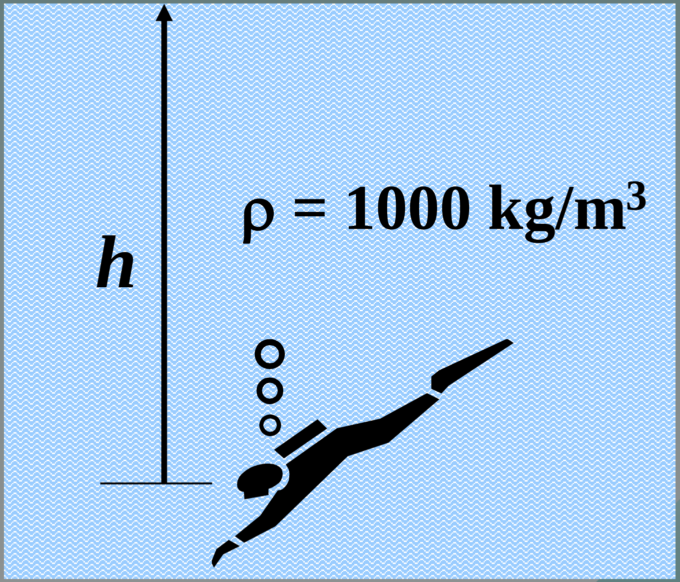
- A cualquier profundidad h bajo la superficie del agua en cualquier columna, la presión P es la misma. La forma y el área no son factores.

Propiedades de la presión de fluido

- Las fuerzas ejercidas por un fluido sobre las paredes de su contenedor siempre son perpendiculares.
- La presión del fluido es directamente proporcional a la profundidad del fluido y a su densidad.
- A cualquier profundidad particular, la presión del fluido es la misma en todas direcciones.
- La presión del fluido es independiente de la forma o área de su contenedor.

Ejemplo 2. Un buzo se ubica 20 m bajo la superficie de un lago (ρ = 1000 kg/m^3). ¿Cuál es la presión debida al agua?

La diferencia de presión desde lo alto del lago al buzo es:



$$\Delta P = \rho g h$$

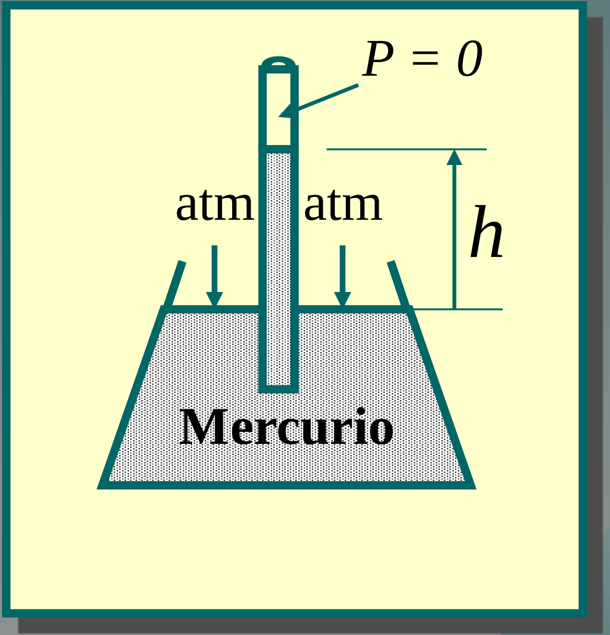
h = 20 m; g = 9.8 m/s^2

$$\Delta P = (1000\ \text{kg/m}^3)(9.8\ \text{m/s}^2)(20\ \text{m})$$

$$\boxed{\Delta P = 196\ \text{kPa}}$$

Presión atmosférica

Una forma de medir la presión atmosférica es llenar un tubo de ensayo con mercurio, luego invertirlo en un tazón de mercurio.



Densidad de Hg = 13,600 kg/m^3

$P_{atm} = \rho g h$ $\qquad h = 0.760$ m

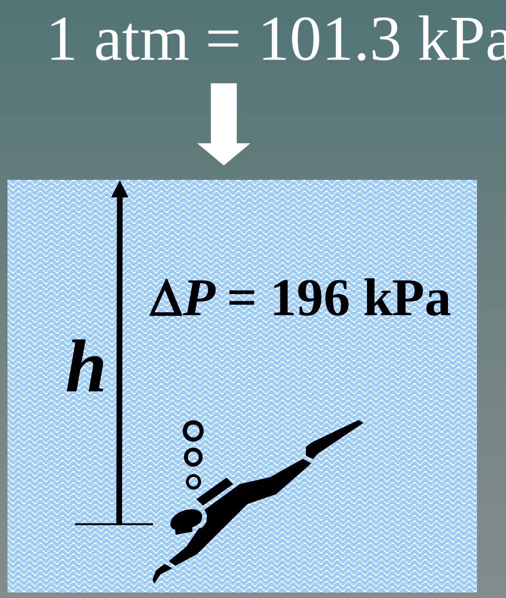
$$P_{atm} = (13{,}600\ \text{kg/m}^3)(9.8\ \text{m/s}^2)(0.760\ \text{m})$$

$$\boxed{P_{atm} = 101{,}300\ \text{Pa}}$$

Presión absoluta

Presión absoluta: La suma de la presión debida a un fluido y la presión de la atmósfera.

Presión manométrica: La diferencia entre la presión absoluta y la presión de la atmósfer:



$$\text{Presión absoluta} = \text{Presión manométrica} + 1\text{ atm}$$

$\Delta P = 196$ kPa

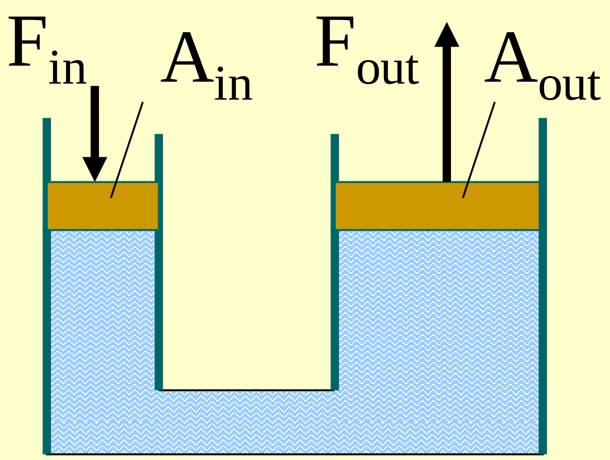
1 atm = 101.3 kPa

$P_{abs} = 196\text{ kPa} + 101.3\text{ kPa}$

$$\boxed{P_{abs} = 297\text{ kPa}}$$

Ley de Pascal

<u>Ley de Pascal:</u> Una presión externa aplicada a un fluido encerrado se transmite uniformemente a través del volumen del líquido.



Presión entrada (in) = Presión salida (out)

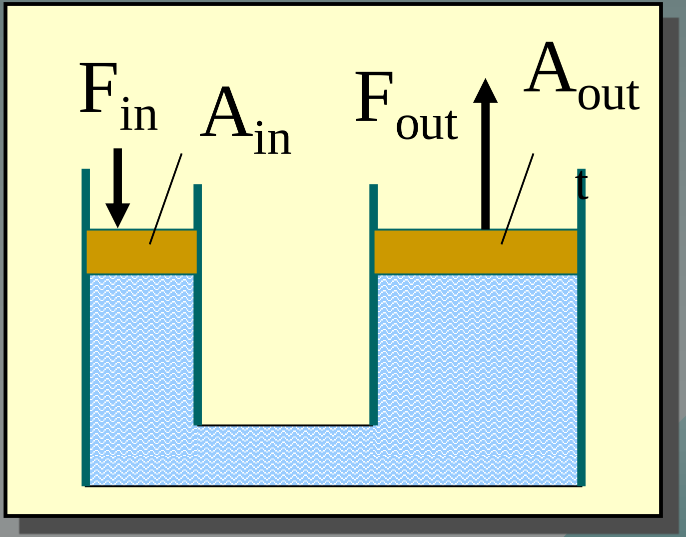
$$\frac{F_{in}}{A_{in}} = \frac{F_{out}}{A_{out}}$$

Ejemplo 3. Los pistones pequeño y grande de una prensa hidráulica tienen diámetros de 4 cm y 12 cm. ¿Qué fuerza de entrada se requiere para levantar un peso de 4000 N con el pistón de salida (out)?

$$\frac{F_{in}}{A_{in}} = \frac{F_{out}}{A_{out}}; \qquad F_{in} = \frac{F_{out}A_{in}}{A_{out}}$$

$$R = \frac{D}{2}; \qquad Area = \pi R^2$$

$$F_{in} = \frac{(4000\ \text{N})(\pi)(2\ \text{cm})^2}{\pi(6\ \text{cm})^2}$$

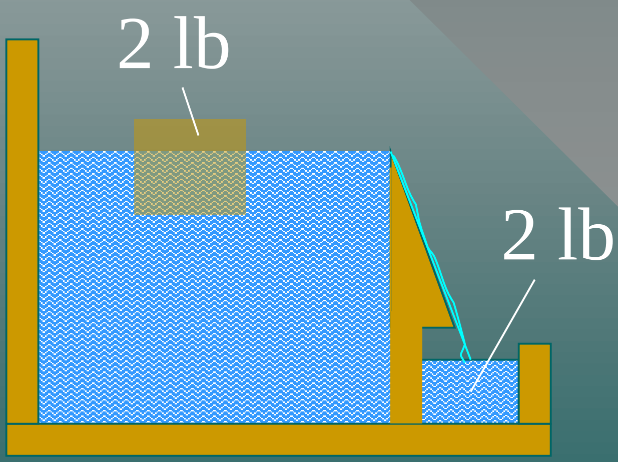


R_{in} = 2 cm; R = 6 cm

$$\boxed{F = 444\ \text{N}}$$

Principio de Arquímedes

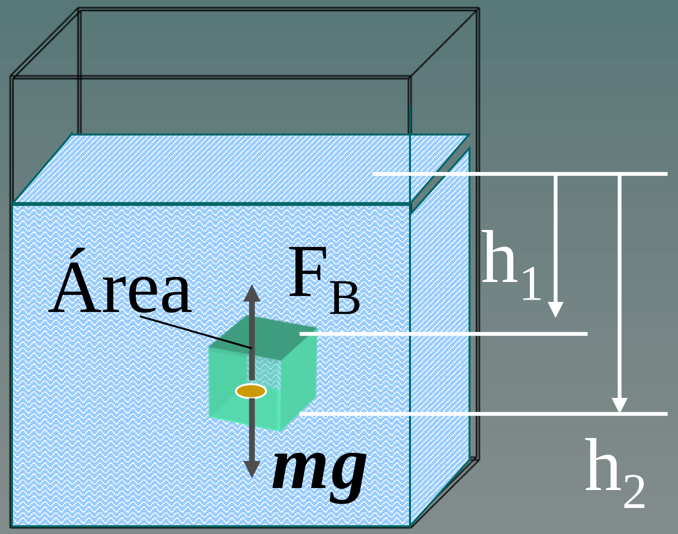
- Un objeto total o parcialmente sumergido en un fluido experimenta una **<u>fuerza de flotación</u>** hacia arriba igual al peso del fluido desplazado.



La fuerza de flotación se debe al fluido desplazado. El material del bloque no importa.

Cálculo de fuerza de flotación

La fuerza de flotación F_B se debe a la diferencia de presión ΔP entre las superficies superior e inferior del bloque sumergido.



$$\Delta P = \frac{F_B}{A} = P_2 - P_1; \quad F_B = A(P_2 - P_1)$$

$$F_B = A(P_2 - P_1) = A(\rho_f g h_2 - \rho_f g h_1)$$

$$F_B = (\rho_f g) A(h_2 - h_1); \quad V_f = A(h_2 - h_1)$$

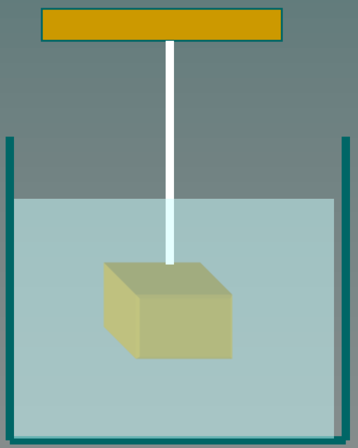
Fuerza de flotación:

$$\boxed{F_B = \rho_f g V_f}$$

V_f es el volumen del fluido desplazado.

Ejemplo 4: Un bloque de latón de 2 kg se une a una cuerda y se sumerge en agua. Encuentre la fuerza de flotación y la tensión en la cuerda.

Todas las fuerzas están equilibradas:



$$F_B + T = mg \qquad F_B = \rho_w g V_w$$

$$\rho_b = \frac{m_b}{V_b}; \quad V_b = \frac{m_b}{\rho_b} = \frac{2 \text{ kg}}{8700 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_b = V_w = 2.30 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$F_b = (1000 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(2.3 \times 10^{-4} \text{ m}^3)$$

$$\boxed{F_B = 2.25 \text{ N}}$$

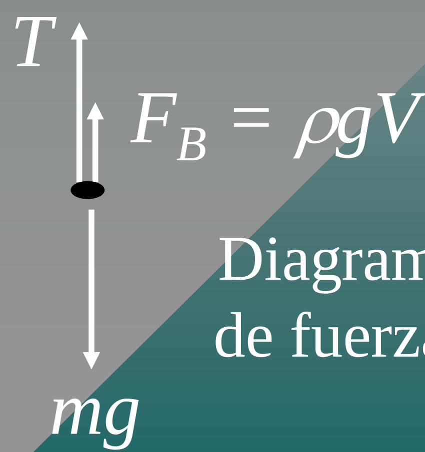
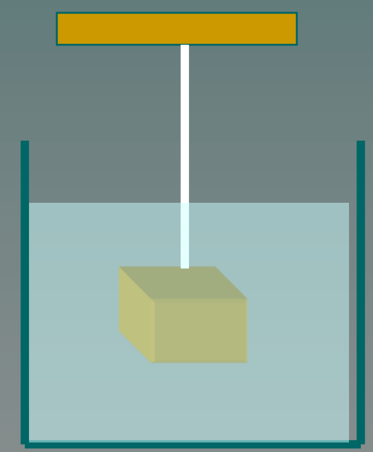


Diagrama de fuerzas

Ejemplo 4 (Cont.): Un bloque de latón de 2 kg se une a una cuerda y se sumerge en agua. Ahora encuentre la tensión en la cuerda.

$$\boxed{F_B = 2.25\text{ N}}$$



$$F_B + T = mg \qquad T = mg - F_B$$

$$T = (2\text{ kg})(9.8\text{ m/s}^2) - 2.25\text{ N}$$

$$T = 19.6\text{ N} - 2.25\text{ N}$$

$$\boxed{T = 17.3\text{ N}}$$

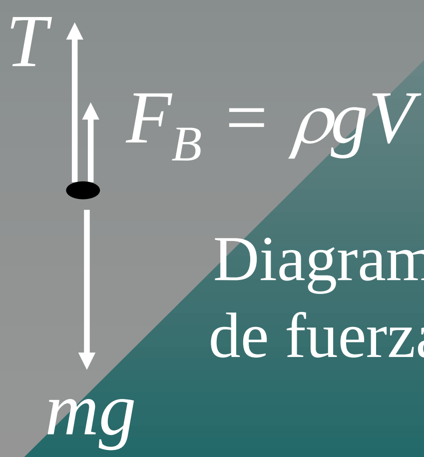
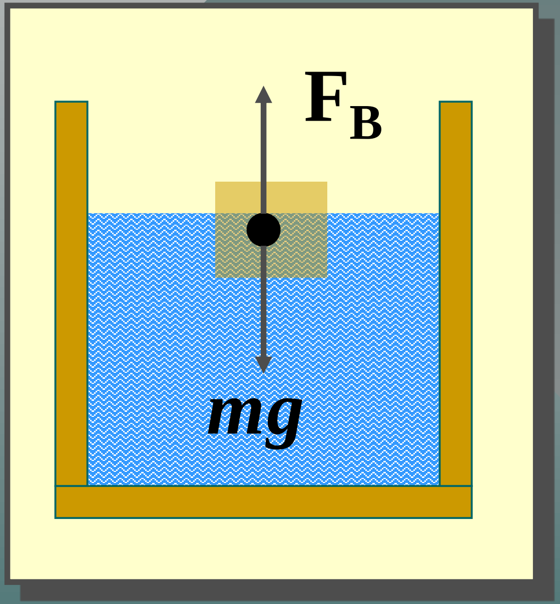


Diagrama de fuerzas

A esta fuerza a veces se le llama peso aparente.

Objetos que flotan:

Cuando un objeto flota, parcialmente sumergido, la fuerza de flotación equilibra exactamente el peso del objeto.



$$F_B = \rho_f g V_f \qquad m_x g = \rho_x V_x g$$

$$\rho_f \cancel{g} V_f = \rho_x V_x \cancel{g}$$

Objetos que flotan:

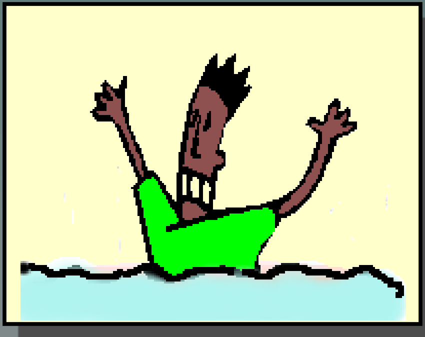
$$\boxed{\rho_f V_f = \rho_x V_x}$$

Si V_f es el volumen de agua desplazada V_{wd}, la gravedad específica de un objeto x está dada por:

Gravedad específica:

$$\rho_r = \frac{\rho_x}{\rho_w} = \frac{V_{wd}}{V_x}$$

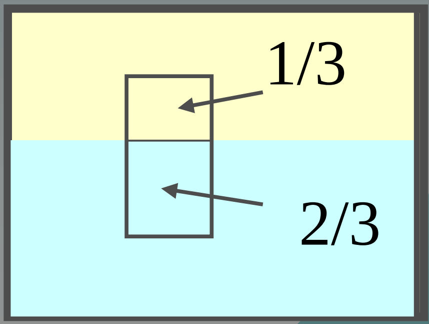
Ejemplo 5: Un estudiante flota en un lago salado con un tercio de su cuerpo sobre la superficie. Si la densidad de su cuerpo es 970 kg/m^3, ¿cuál es la densidad del agua del lago?



Suponga que el volumen del estudiante es 3 m^3.

$$V_s = 3\text{ m}^3;\quad V_{wd} = 2\text{ m}^3;\quad \rho_s = 970\text{ kg/m}^3$$

$$\boxed{\rho_w V_{wd} = \rho_s V_s}$$



$$\frac{\rho_s}{\rho_w} = \frac{V_{wd}}{V_s} = \frac{2\text{ m}^3}{3\text{ m}^3};\qquad \rho_w = \frac{3\rho_s}{2}$$

$$\rho_w = \frac{3\rho_s}{2} = \frac{3(970\text{ kg/m}^3)}{2}$$

$$\boxed{\rho_w = 1460\text{ kg/m}^3}$$

Estrategia para resolución de problemas

1. Dibuje una figura. Identifique lo dado y lo que debe encontrar. Use unidades consistentes para P, V, A y ρ.
2. Use presión absoluta P_{abs} a menos que el problema involucre una diferencia de presión ΔP.
3. La diferencia en presión ΔP se determina mediante la densidad y la profundidad del fluido:

$$P_2 - P_1 = \rho g h; \quad \rho = \frac{m}{V}; \quad P = \frac{F}{A}$$

Estrategia para problemas (Cont.)

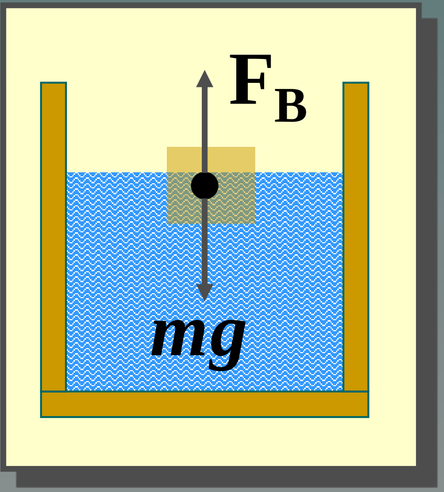
4. Principio de Arquímedes: Un objeto sumergido o que flota experimenta una fuerza de flotación igual al peso del fluido desplazado:

$$F_B = m_f g = \rho_f g V_f$$

5. Recuerde: *m, r* y *V* se refieren al *fluido desplazado*. La fuerza de flotación no tiene que ver con la masa o densidad del objeto en el fluido. (Si el objeto está completamente sumergido, entonces su volumen es igual al del fluido desplazado.)

Estrategia para problemas (Cont.)

6. Para un objeto que flota, F_B es igual al peso del objeto; es decir, el peso del objeto es igual al peso del fluido desplazado:



$$m_x g = m_f g \quad \text{or} \quad \rho_x V_x = \rho_f V_f$$

Resumen

$$Densidad = \frac{masa}{volumen}; \quad \rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho_r = \frac{\rho_x}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$Presión = \frac{Fuerza}{Área}; \quad P = \frac{F}{A}$$

Presión de fluido:

$$P = \rho g h$$

$$\text{Pascal:} \quad 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Resumen (Cont.)

Ley de Pascal:

$$\frac{F_{in}}{A_{in}} = \frac{F_{out}}{A_{out}}$$

Principio de Arquímedes:

Fuerza de flotación:

$$F_B = \rho_f g V_f$$

CONCLUSIÓN: Capítulo 15A
Fluidos en reposo