Principio de Arquímedes

I. Objetivos

- Comprobar que un cuerpo sumergido en agua efectivamente está sometido a una fuerza de empuje.
- Verificar el principio de Arquímedes.

II. Problema

Considere un objeto metálico que se sumerge en agua. Verifique el principio de Arquímedes, determinando de manera experimental el empuje que experimenta ese objeto para luego compararlo con el peso de agua que desaloja.

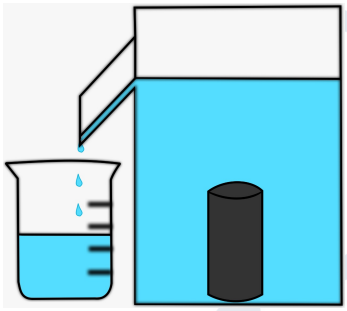


Figura 1: Objeto métalico sumergido en agua

III. Marco Teórico

Cuando se estudia mecánica de fluidos, en las situaciones donde el fluido se encuentra en reposo, el Principio de Arquímedes ayuda a analizar diferentes escenarios físicos. Este principio es útil para describir el comportamiento de los cuerpos que se encuentran total o parcialmente sumergidos en un fluido. El Principio de Arquímides establece que:

"***Si un cuerpo está sumergido parcial o totalmente en un fluido, el fluido ejerce una fuerza hacia arriba sobre el cuerpo, igual al peso del fluido desplazado por el cuerpo***"

El enunciado implica que: cualquier cuerpo, siempre que se encuentre inmerso en un fluido, experimentará una fuerza vertical hacia arriba. Matemáticamente el Principio de Arquímedes puede expresarse como:

$$\vec{F_b} = m_d g \tag{1}$$

Donde m_d es la masa del fluido desplazada por el objeto que se encuentra, parcial o totalmente, sumergido en el fluido. A la fuerza $\vec{F_b}$ se le llama: fuerza boyante, de empuje o flotación.

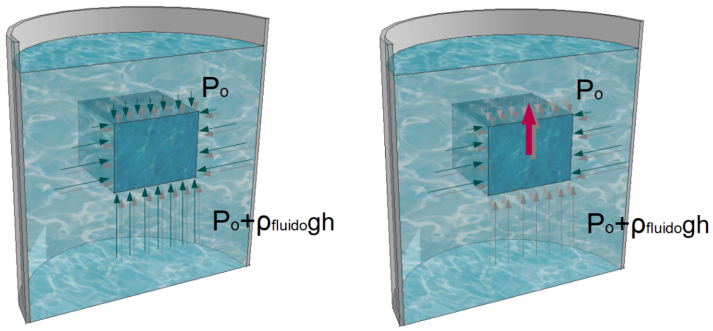


Figura 2: Imagen que muestra la diferencia de presión al estudiar una sección de un fluido

Considere la Figura 2, una sección del fluido (en forma de cubo) es estudiada. Al analizar la presión que el resto del fluido ejerce sobre la sección estudiada, se denota que existe una presión desigual entre la ejercida sobre la cara superior y la ejercida sobre la cara inferior. Si se sustituye la sección del fluido desplazado por un objeto de las mismas dimensiones (como se muestra en la Figura 3), el objeto experimentará una presión neta hacia arriba, ejercida por el fluido y por ende una fuerza, que es llamada de empuje.

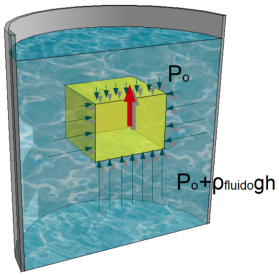


Figura 3: La fuerza de flotación para un cuerpo sumergido en el agua

Por tanto, el origen de la fuerza de empuje, radica en la diferencia de presión que el fluido ejerce sobre un cuerpo, dado que la presión es una cantidad cuyo valor depende de la profundidad.

Acorde al montaje que se muestra en la Figura 5.(a) (relativo al procedimiento experimental "Medición del empuje"), para analizar la fuerza de empuje se necesita aplicar la segunda ley de Newton, como se muestra en la figura 4.

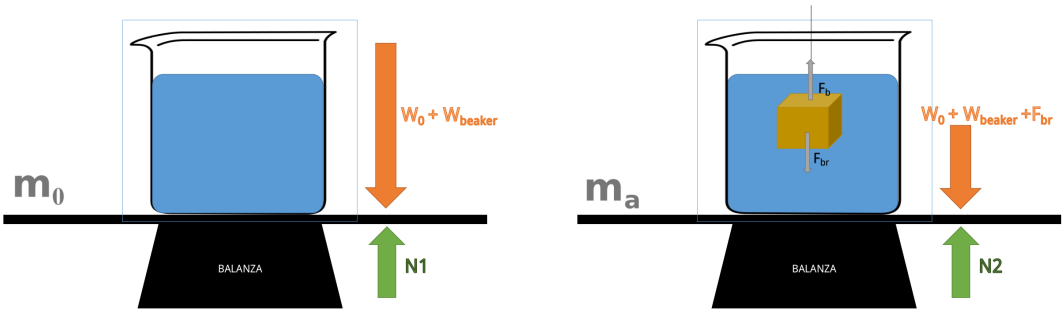


Figura 4: Primera parte del laboratorio. Comprobando el empuje del cuerpo

Las masas m_0 y m_a son los valores de masa percibida por la balanza, en las situaciones: donde no está el objeto sumergido (m_0) y donde si lo está (m_a). El análisis de la segunda ley de Newton para ambas situaciones es:

$$\omega_0 + \omega_{beaker} = m_0 g \tag{2}$$

$$\omega_0 + \omega_{beaker} + F_{br} = m_a g \tag{3}$$

Si a la expresión (3) se le resta la expresión (2), se establece un valor para la magnitud de la fuerza de empuje $\vec{F_b}$:

$$(\omega_0 + \omega_{beaker} + F_{br}) - (\omega_0 + \omega_{beaker}) = m_a - m_0 g \tag{4}$$

$$F_{br} = m_a - m_0 g \tag{5}$$

De esta manera, se define la cantidad $m_b = m_a - m_0$, y la ecuación (5) se reescribe como:

$$F_{br} = m_b g \tag{6}$$

Acorde al montaje que se muestra en la Figura 5.(b) (relativo al procedimiento experimental "Medición del peso del fluido desalojado"), el objetivo es encontrar la masa del fluido desplazada, m_d, por el objeto que se introduce (tanto en el procedimiento de (a) como de (b)).

De este modo, dado que el Principio de Arquímedes establece que: **si un cuerpo está sumergido parcial o totalmente en un fluido, el fluido ejerce una fuerza hacia arriba sobre el cuerpo, igual al peso del fluido desplazado por el cuerpo** , debería cumplirse que:

$$m_b \simeq m_d \tag{7}$$

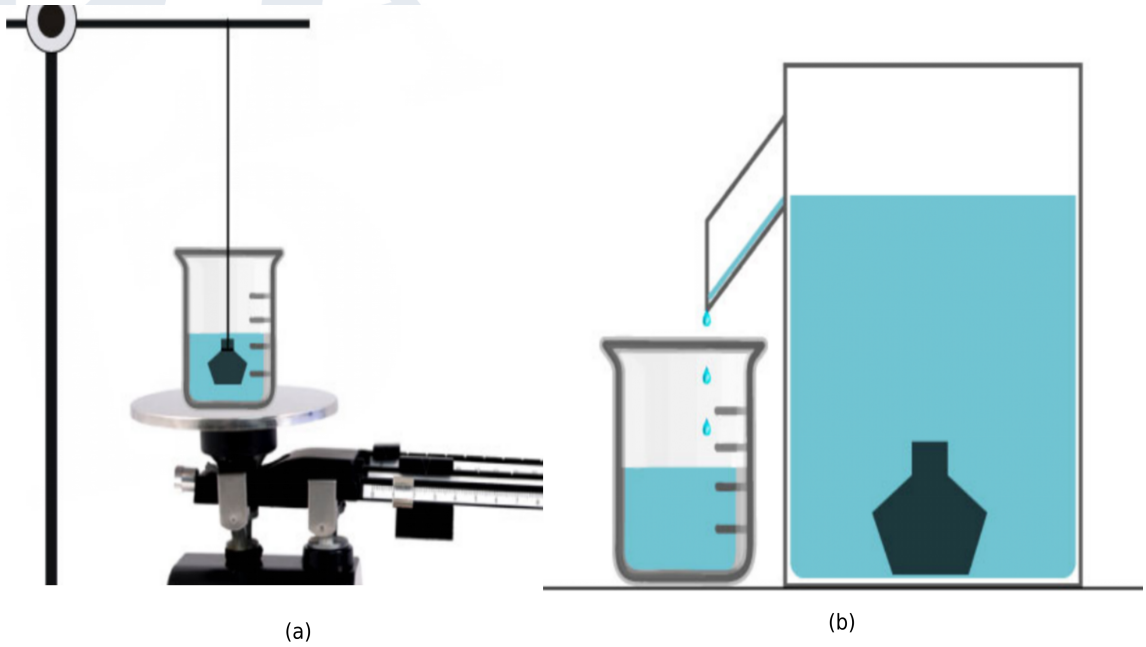


Figura 5: (a) Montaje para la medición del equivalente en masa del empuje. (b) Disposición para la medición del equivalente en masa del peso del volumen desalojado

IV. Montaje Experimental

Materiales y Equipo

- Cilindro de aluminio o bronce ($m \approx 70$g).
- Balanza de pesas móviles.
- Recipiente de rebalse.
- Soporte (ver Figura 5).
- Pinza y prensa doble nuez.
- Hilo y trozo de tela.
- Gotero

V. Procedimiento Experimental

Actividad No. 1: Medición del empuje

1. Calibre la balanza.
2. Vierta agua en un beaker (la cantidad de agua no tiene que ser exacta), de modo que el cilindro metálico pueda sumergirse completamente dentro del agua.
3. Coloque el beaker sobre el plato de la balanza. Efectúe la lectura de la masa M_o del beaker más agua y anótela en la casilla correspondiente de la Tabla 1.
4. Con la ayuda del soporte, como se muestra en la Figura 5.(a), introduzca completamente el objeto en el agua dentro del beaker. Asegúrese de que el objeto no haga contacto con el beaker.
5. Efectúe la medición de la masa M_a del beaker más agua más objeto y anótela en la casilla correspondiente de la Tabla 1.
6. Saque el cilindro del agua y séquelo con el trozo de tela
7. Repita los incisos 3-5 hasta completar 5 mediciones

Actividad No. 2: Medición del peso del fluido desalojado

1. Coloque el recipiente de rebalse sobre la mesa en un lugar apropiado del cual no lo moverá más. A la salida del conducto de rebalse coloque el beaker de 350 ml.
2. Vierta agua en el interior del recipiente de rebalse hasta que el agua se derrame a través del conducto de rebalse. Espere hasta que el agua no fluya más desde el recipiente de rebalse hacia el beaker. Con el gotero extraiga cualquier remanente de agua acumulada en el conducto de rebalse y vierta en el beaker.
3. Coloque el beaker de 350 ml sobre el plato de la balanza y mida la masa M_r del beaker más agua. Anote la lectura en la casilla correspondiente de la Tabla 1.
4. Coloque nuevamente el beaker con agua a la salida del conducto de rebalse del recipiente de rebalse. Seque el objeto con un trozo de tela e introdúzcalo en el interior del recipiente de rebalse. Permita que el objeto repose en el fondo del recipiente de rebalse y espere a que el agua cese de derramarse.
5. Recoja con el gotero, el agua acumulada a la salida del conducto de rebalse y viértala en el beaker que utilizó para recoger el agua derramada.

6. Coloque nuevamente el beaker con agua sobre el platillo de la balanza y efectúe la lectura de la masa M_p del beaker más agua y anótela en la casilla correspondiente de la Tabla 1.

7. Repita los pasos del 2. al 6. hasta obtener 5 mediciones.

NOTA: *Si al preparar el recipiente de rebalse usted recoge el agua derramada en otro recipiente que no sea el beaker, la medida de la masa M_p de la medición anterior puede convertirse en la masa M_r de la medida siguiente, logrando así realizar menos mediciones y ahorrar tiempo.*

VI. Tablas de Datos

No	M_o(g)	M_a(g)	$[M_b = M_a - M_o]$(g)	M_r(g)	M_p(g)	$[M_d = M_p - M_r]$(g)
1						
2						
3						
4						
5						
	Actividad 1			***Actividad 2***		

Tabla 1: Tabla de Datos

$$\delta m_{b\text{-sys}} = 2g$$

VII. Tratamientos de datos experimentales

1. Encuentre el valor promedio de M_b y M_d con sus errores respectivos.

$$\text{valor central} \quad : \quad \bar{m}_b = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} m_{bi}, \tag{8}$$

$$\text{error estadístico} \quad : \quad \sigma_{\bar{m}_b} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}\sum_{i=1}^{N}(\bar{m}_b - m_{bi})^2}, \tag{9}$$

$$\text{error absoluto} \quad : \quad \Delta m_b = \sqrt{\delta m_{b-\text{sys}}^2 + \sigma_{\bar{m}_b}^2}, \tag{10}$$

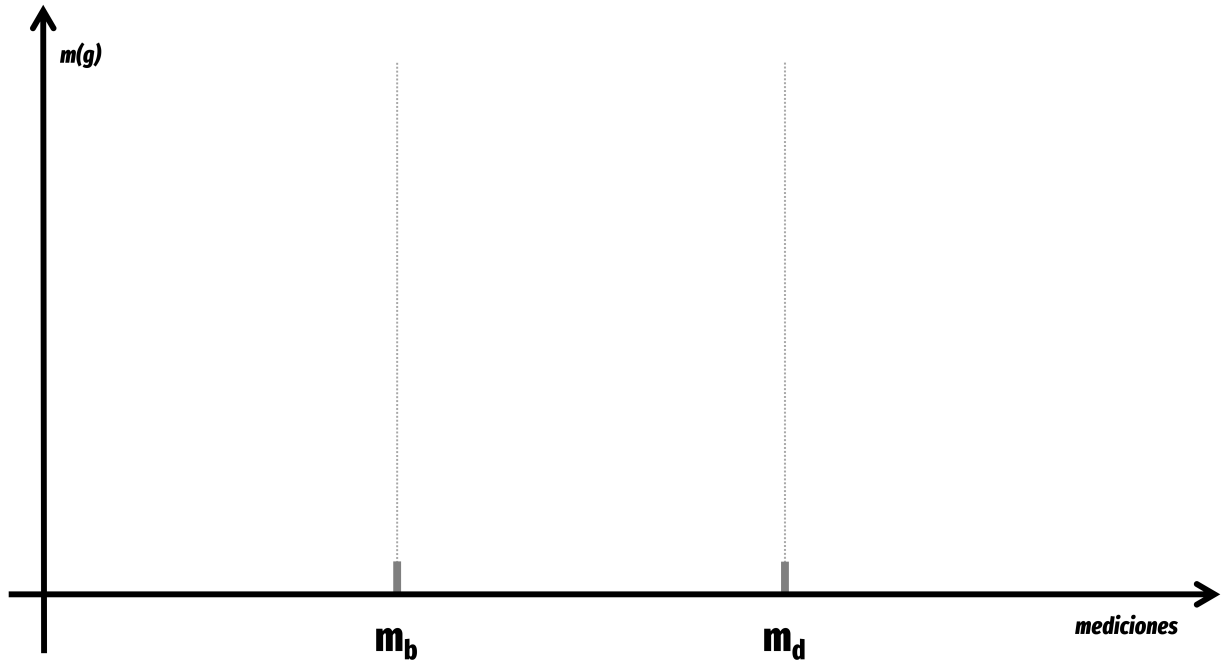
$$\text{valor central} \quad : \quad \bar{m}_d = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} m_{di}, \tag{11}$$

$$\text{error estadístico} \quad : \quad \sigma_{\bar{m}_d} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}\sum_{i=1}^{N}(\bar{m}_d - m_{di})^2} \tag{12}$$

2. Escriba las expresiones finales para M_b y M_d, correctamente (es decir, en la forma $x = \overline{x} \pm \Delta x$).

3. Calcule los valores máximo y mínimo de M_b y M_d.

4. Haga una gráfica representando el intervalo respectivo dentro del cual están los valores de M_b y M_d.



VIII. Análisis de Resultados

a) ¿Cuáles son los valores más probables para M_b y M_d según los resultados experimentales?

b) ¿Cuál es la diferencia porcentual entre M_b y M_d? ¿Qué se podría hacer para reducirla?

c) ¿Cuál de los errorres absolutos es mayor? ¿A qué podría deberse?

d) Mencione algunos factores experimentales que pudieron introducir errores en el experimento realizado. Proporcione alguna solución para mejorar el experimento o mencione otro procedimiento experimental que nos conduzca al mismo objetivo.

IX. Conclusiones

NOTA *Sus conclusiones deben hacer referencia al problema planteado y estar fundamentadas en sus resultados experimentales.*

-
-
-

Referencias

A. Serway, Raymond y Jr. John W. Jewett (1993). *Física para Ciencias e Ingeniería*. 3.ª ed. Mc Graw-Hill. Cap. 3. Movimiento en una dimensión.

F.W. Zemansky, Young M.W Sears y Freedman R.A. (1999). *Física Universitaria*. 9na. Pearson Education. Cap. 5.4 Fuerzas de fricción:Resistencia de fluidos y rapidez terminal.

Suazo, Maximino (s.f.). *Introducción a las mediciones e incertidumbres*. Cap. 1.7 Valor central e incertidumbres en medidas aleatorias; 3. Ajuste de datos experimentales.