

PRÁCTICA Nro. 3:

ACELERACIÓN Y FLUIDOS**FUERZA DE ARQUÍMEDES**

Consideremos un cuerpo de masa m y volumen V , sumergido en un fluido de densidad ρ_{fluido} . Debido a que el cuerpo está sumergido en el fluido, actúa sobre él el empuje de Arquímedes E . Si notamos \vec{g} la gravedad en la superficie de la tierra, la fuerza del peso se define como :

$$\vec{P} = m \vec{g} \quad , \quad (1)$$

El empuje de Arquímedes es una fuerza con sentido opuesto a la gravedad y módulo igual al peso del volumen de fluido desplazado por la presencia del cuerpo. Por lo tanto, dicha fuerza de empuje se escribe como:

$$\vec{E} = -\rho_{\text{fluido}} V_{\text{desplazado}} \vec{g} \quad (2)$$

Note que, si el cuerpo se encuentra completamente sumergido en el fluido, se cumple $V = V_{\text{desplazado}}$. La primera parte de esa práctica consiste en medir la fuerza de Arquímedes. Para eso, tenemos a disposición dispositivo experimental sencillo, constituido por una masa sólida de forma esférica, un sensor de fuerza, y un vaso de agua. El experimento esta resumido en la Fig. 1.

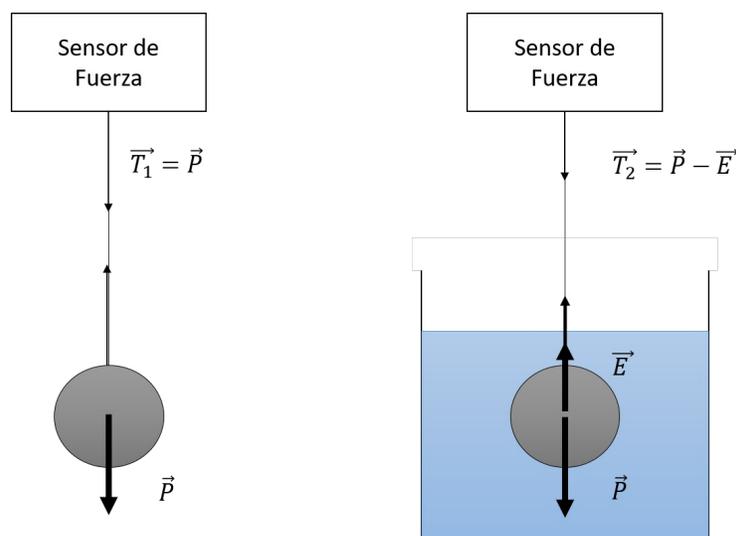


Figura 1: Representación del dispositivo experimental

En la primera situación, la masa está sostenida, en equilibrio, por un hilo atado al sensor de fuerza. Por lo tanto, la tensión esta igual al peso de la masa $T_1 = P$. Repitiendo la medida cuando la masa está completamente sumergida en agua, la tensión vale esta vez $\vec{T}_2 = \vec{P} + \vec{E} = (m - \rho_{\text{fluido}} V) \vec{g}$.

La diferencia entre la tensión de la situación 1 con la situación 2 nos permite de hallar el empuje de Arquimedes.

Materiales:

- Sensor de fuerza *Vernier*,
- Pesas de plomo,
- Recipiente de agua
- Software Logger Pro.

Práctica:

- Medir la fuerza que ejerce una pesa suspendida en el sensor de fuerza en dos condiciones
- Estudiar y explicar la diferencia de estas dos fuerzas.
- El aire es también un fluido. ¿Por que no tomanos en cuenta el empuje de Arquimedes en el aire?

Datos : $g = 9.81 \text{ N/kg}$; $\rho_{\text{agua}} = 997 \text{ kg/m}^3$; $\rho_{\text{aire}} = 1,225 \text{ kg/m}^3$

CAÍDA EN FLUIDO VISCOSO

Consideramos que un cuerpo sólido esférico, de diámetro D , que cae bajo el efecto de la gravedad, inmerso en un fluido viscoso, de densidad ρ . La viscosidad μ se entiende como la resistencia de un fluido a fluir y, en este caso, tiene como efecto el de generar una fuerza de rozamiento \vec{F} sobre la esfera, que es proporcional a la velocidad con la que cae dicha esfera v y en sentido opuesto. A bajo número de Reynolds, que se define como $Re = v \cdot D \cdot \rho / \mu$, la ley de Stokes da una expresión de dicha fuerza de rozamiento cuando el flujo es laminar, es decir sin turbulencia, que es la siguiente:

$$\vec{F} = -\mu 6\pi R \vec{v} \quad (3)$$

donde R es el radio de la esfera. Esta fuerza, junto con el empuje, se oponen a la fuerza peso, hasta llegar a un equilibrio entre esas fuerzas. Cuando el sólido esta en movimiento rectilíneo uniforme, la velocidad de caída en el fluido es constante y el principio de la dinámica nos da $\vec{F} + \vec{E} + \vec{P} = 0$, de lo cual podemos deducir una expresión de la viscosidad:

$$\mu = \frac{(m - \rho_{\text{fluido}} V) g}{6\pi R v} \quad (4)$$

La masa m de la esfera la calculamos como $m = \rho \cdot V$, siendo $V = \frac{4}{3} \pi R^3$.

Sustituyendo estas expresiones en la Ec. (4), obtenemos:

$$\mu = \frac{2}{9} \frac{(\rho - \rho_{\text{fluido}}) R^2 g}{v} . \quad (5)$$

Material:

- Esfera rígida,
- Tubo lleno de glicerina,
- Adquisición del movimiento con la cámara del celular,
- Uso del programa *Tracker*.

Práctica:

- Estudiar el movimiento de la esfera, para el caso de dos esferas de distinto radio.
- Deducir una estimación de la viscosidad del fluido.
- Evaluar si es necesario realizar la corrección de Ladenburg (ver Anexo 1).

ANEXO 1

En esta sección se explicitan algunas consideraciones sobre la ley de Stokes.

Número de Reynolds

El número de Reynolds Re , que se define como $Re = \frac{\rho v D}{\mu}$, es una cantidad adimensional que caracteriza el tipo de flujo que desarrolla un fluido. Si Re es bajo, el flujo es de variación suave y regular, denominado flujo laminar. Por otro lado, para Re altos se desarrolla un flujo que es irregular, con variaciones abruptas e intensa mezcla, denominado turbulento. La fórmula de Stokes provee resultados precisos si el movimiento de la esfera ocurre con $Re \ll 1$.

Efecto de las paredes

La deducción original de Stokes asume que el fluido es infinito. Cuando un fluido está confinado en un recipiente, la presencia de las paredes producen efectos sobre el movimiento de la esfera. La llamada corrección de Ladenburg¹ tiene como objeto considerar este efecto

$$v' = \left(1 + 2,4 \frac{R}{R_r} \right) v \quad (6)$$

siendo v la velocidad límite medida y R_r el radio del recipiente. Este valor corregido es el r que se utiliza para calcular el valor de la viscosidad μ con la ecuación (5).

¹ R. Ladenburg, Ann. d. Phys. 23, p.447 (1907)