

Actividad Nro. 4:

---

**CAÍDA DE UN RÍGIDO INMERSO EN UN FLUIDO VISCOSO**


---

**FUERZA DE ARQUÍMEDES**

Consideremos un cuerpo de masa  $m$  y volumen  $V$  sumergido en un fluido. El cuerpo está sometido a dos fuerzas: su propio peso y el empuje de Arquímedes. Si denotamos la gravedad en la superficie de la tierra con  $\vec{g}$ , la fuerza del peso se define como :

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

El empuje de Arquímedes está definido como una fuerza en sentido opuesto a la aceleración gravitatoria y de módulo igual al peso del volumen del fluido desalojado por el cuerpo  $V_s$  (que equivale al volumen sumergido del cuerpo). Esa fuerza se escribe :

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

**CAÍDA DE UNA ESFERA RÍGIDA EN UN FLUIDO VISCOSO**

Consideremos ahora que un cuerpo esférico cae completamente inmerso un fluido viscoso (es decir, si el volumen del cuerpo es  $V$ , aquí suponemos  $V_s = V$ ). La viscosidad  $\mu$  se entiende como la resistencia de un fluido a fluir. En el problema de un cuerpo en movimiento uniforme, la viscosidad tiene como efecto una fuerza de rozamiento  $\vec{F}$  opuesto al vector velocidad de la esfera y su módulo es proporcional al módulo de dicha velocidad. La ley de Stokes da una expresión de esta fuerza cuando el flujo es laminar, es decir, sin turbulencia :

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

donde  $D$  es el diámetro de la esfera. Esta fuerza, junto con el empuje, se opone a la aceleración que impone el peso, hasta llegar a un equilibrio entre esas fuerzas (notar que a medida que cae el cuerpo, su velocidad aumenta, por lo que la fuerza de resistencia también, hasta que se equilibran). A partir de ese momento, la velocidad de caída del cuerpo alcanza un valor constante, que es la velocidad límite  $v$ . De la relación  $\vec{F} + \vec{E} + \vec{P} = m\vec{a} = 0$ , donde la velocidad es  $v$ , podemos deducir una expresión de la viscosidad:

$$\mu = \frac{(m - \rho_{\text{fluido}} \pi D^3 / 6) g}{3\pi D v} \quad . \quad (4)$$

**EL EXPERIMENTO**

Materiales: esfera rígida y probeta de vidrio graduada con capacidad 1 litro, donde se ha vertido glicerina. Adquisición del movimiento con la cámara del celular y uso del programa *Tracker*.

Datos :  $g=9.81 \text{ N/kg}$  ;  $\rho_{\text{agua}}=997 \text{ kg/m}^3$  ;  $\rho_{\text{aire}}=1,22 \text{ kg/m}^3$  ;  $\rho_{\text{glicerina}}=1260 \text{ kg/m}^3$

Práctica (para dos esferas distintas):

- Estimar el diámetro  $D$  de la esfera con su incertidumbre (apreciación calibre: 0.0001m).
- Estimar la masa  $m$  de la esfera con su incertidumbre (apreciación: 0.001gramos).
- Estudiar el movimiento de la esfera con el software *Tracker*: obtener las coordenadas de la esfera en función del tiempo.
- Estimar la velocidad terminal  $v$  de la esfera con su incertidumbre.
- Estimar la viscosidad del fluido con su incertidumbre y comparar con valores tabulados.
- Calcular la incertidumbre de la viscosidad despreciando el empuje (error de 20%):

$$\mu \approx \frac{g}{3\pi} \frac{m}{D v_{\text{limite}}} \Rightarrow \Delta\mu \approx \mu \left( \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta D}{D} \right) \quad (5)$$

Cuidado!! No usar la ecuación (5) para calcular la viscosidad, la simplificación para el calculo de la incertidumbre no es correcta pero nos da el buen orden de magnitud de la incertidumbre.