

Laboratorio de Física 1 (ByG)

Guía 6: Viscosidad

1. Objetivo

En esta experiencia de laboratorio vamos a estudiar el movimiento de caída de una esfera en el seno de un fluido, analizando en particular el comportamiento de la fuerza viscosa.

2. Introducción

Qué diferencia esperas entre el movimiento de una esfera cayendo en un fluido y el de una esfera en caída libre en el aire, o mejor aún, en el vacío?

En un fluido viscoso la velocidad de la esfera tiende a un valor constante (a diferencia de caída libre, donde la velocidad es proporcional al tiempo).

¿Cómo podemos comprobar que este modelo describe el movimiento de la esfera?

Una forma de entender este movimiento es suponer que hay una fuerza opuesta al movimiento que depende de la velocidad del objeto: la famosa fuerza viscosa. Si alguna vez te subiste a una bicicleta, habrás notado que, andando a velocidad constante, cuesta mucho más trabajo andar rápido que andar lento. Además un objeto más grande sufre una fuerza mayor, o sea que la fuerza viscosa depende también del tamaño del objeto. Pero...cómo depende de la forma? Si el tamaño del objeto se duplica, la fuerza viscosa también? >El tamaño" del objeto es el radio R , el perímetro ($2\pi R$), el área ($4\pi R^2$), el volumen ($4/3 \pi R^3$), o qué?

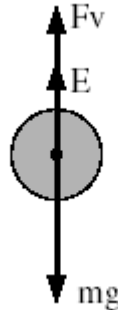


Figura 1: Diagrama de cuerpo libre de una esfera en el seno de un fluido viscoso.

Si analizamos las fuerzas ejercidas sobre la esfera, obtendremos el diagrama de cuerpo libre que se muestra en la figura 1. Utilizando la 1era ley de Newton, obtenemos

$$mg - E - F_v = ma \quad (1)$$

donde mg es el peso, E es el empuje, F_v es la fuerza viscosa y a es la aceleración.

Cuando la esfera se desplaza con velocidad constante, esto se debe a que la aceleración es cero debido a que las fuerzas se compensan:

$$F_v = mg - E \quad (2)$$

Veamos cada una de estas fuerzas, considerando el caso de una esfera:

Peso: sólo reescribiremos la masa: $m = \rho_e / V_e$, donde V_e es el volumen de la esfera

$V_e = 4/3\pi R^3$, con R el radio de la esfera. De esta manera, la expresión para el peso resulta

$$P = \rho_e * 4/3\pi R^3 * g$$

Empuje: según el principio de Arquímedes el empuje es igual a $E = \rho_l * 4/3\pi R^3 * g$, donde ρ_l es la densidad del líquido.

Fuerza viscosa: en un flujo laminar, la fuerza de rozamiento es proporcional a la velocidad. Según la Ley de Stokes, que para una esfera es $F_v = 6\pi \eta v f(R)$, donde η es la viscosidad del fluido y $f(R)$ es una función del radio de la esfera R .

Escribiendo estas expresiones en la ecuación 2, resulta

$$6\pi\eta * v_{lim} * f(R) = \rho_e * \frac{4}{3}\pi R^3 * g - \rho_l * \frac{4}{3}\pi R^3 * g \quad (3)$$

$$\eta * v_{lim} * f(R) = \frac{2}{9} g (\rho_e - \rho_l) R^3 \quad (4)$$

$$v_{lim} = \frac{2}{9} g \frac{(\rho_e - \rho_l) R^3}{\eta f(R)} \quad (5)$$

De esta manera, obtenemos una expresión para la velocidad límite v_{lim} .

3. Actividades

3.1. Velocidad límite

En el laboratorio contamos con probetas que podemos llenar con aceite y esferas de acero. Soltamos las bolitas de a una con cuidado y estudiamos si el movimiento alcanza una v_{lim} .

Empleando esferas que alcancen v_{lim} , del mismo material y con radios distintos, vamos a poder encontrar cuál es la relación entre las velocidades y, por lo tanto, deducir cuál es la forma funcional de la fuerza viscosa con el radio de la esfera. Estimar η

3.2. Balanza de Mohr

Este es un dispositivo que sirve para medir densidades de líquidos utilizando el empuje hidrostático: si sumergimos el mismo cuerpo en dos líquidos distintos, el empuje en cada líquido

será $E_1 = \rho_{l1} * V * g$ para el líquido 1, y $E_2 = \rho_{l2} * V * g$ para el líquido 2. Por lo tanto,

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad (7)$$

De esta manera, si utilizamos agua destilada como líquido 1, podremos obtener la densidad del líquido 2.

Algunas preguntas (para antes, durante y después de las mediciones)

- ¿Cómo harías para determinar la densidad de las esferas ρ_e ?
- ¿Cómo se hace para determinar η en este experimento? ¿Se te ocurre otra manera?
- Analicemos el modelo propuesto para la fuerza viscosa:

$$F_v = - 6\pi \eta v f(R)$$

Con las mediciones realizadas ¿podemos afirmar que este modelo describe el movimiento de la esfera? ¿Podría ir un v^2 en vez de simplemente v ? ¿Podría poner alguna otra potencia par de v ?