

DEMO 136

Caída de una bolita en un líquido: viscosidad



Autor de la ficha	Juan Miguel Pastor
Palabras clave	viscosidad, velocidad límite en un fluido
Objetivo	Determinación cuantitativa de la viscosidad de un líquido (glicerina) mediante la caída de una bolita en su seno y que alcanza la velocidad límite.
Material	Tubo de cristal hermético de 300 mm de largo y 30 mm de diámetro, Termómetro, Cronómetro, Tapón de goma, Abrazadera, Esfera de acero de masa 0,5 g, de diámetro 5 mm, soportes (base y varilla, doble nuez y pinzas).
Tiempo de Montaje	1 minuto.

Descripción : procedimiento y observaciones

Sujetar el tubo con la abrazadera (y esta insertada en el soporte). La bolita se encuentra en el fondo del tubo inicialmente, por lo que hay que girar el tubo 180° para que ésta empiece el desplazamiento desde el punto más alto. Podemos cronometrar el tiempo que tarda la esferilla en recorrer el desplazamiento vertical que se puede determinar con la cinta métrica pegada en la pared del tubo. A partir del cociente entre el espacio recorrido y el tiempo invertido en recorrerlo, se puede obtener la velocidad. Veremos que, al menos durante parte del recorrido, la bolita parece adquirir una velocidad constante (velocidad límite).

Explicación y medida de la viscosidad

Un método sencillo para determinar la viscosidad de un fluido consiste, precisamente, en medir la velocidad límite de caída de una pequeña esfera de acero dentro de un tubo lleno este fluido, ya que ésta depende de la viscosidad.

Al soltar la esfera lisa en el seno de un fluido, las fuerzas que actúan sobre ella serán la fuerza peso, el empuje y la fuerza viscosa. La fuerza viscosa es $\vec{F} = -b \vec{v}$ en régimen laminar, donde la constante de proporcionalidad $b = 6\pi r\eta$, es decir, depende de la viscosidad η y del radio de la bolita r .

Como consecuencia de la aceleración que tiene la esfera, su velocidad aumentará, pero como la fuerza de rozamiento es proporcional a la velocidad, también aumentará la oposición al movimiento. La esfera llega, por tanto, a una velocidad tal que la fuerza peso es compensada por la suma del empuje y la fuerza de rozamiento viscoso. La oposición al movimiento de la fuerza viscosa es mayor cuanto mayor es la viscosidad, y por lo tanto también la rapidez con que se alcanza la velocidad constante (equilibrio de fuerzas). A esta velocidad se llama velocidad límite y su expresión viene dada por la ecuación de Stokes ([explicación y deducción detallada en la demo 120](#)). :

$$v_{\text{lim}} = \frac{2r^2 g (\rho_s - \rho_f)}{9\eta}$$

Donde:

- r** es el radio de la esfera de acero
- g** la aceleración de la gravedad
- ρ_s** la densidad del sólido (esfera de acero)
- ρ_f** la densidad del fluido (glicerina)
- μ** la viscosidad del fluido.

Si expresamos todas las variables en las unidades del Sistema Internacional, la viscosidad dinámica vendrá en (kg/m·s) o lo que es lo mismo, Pascal · segundo (Pa · s), conocida como Decapoise.

En la demo 59 y la demo 62 se introduce la viscosidad de forma cualitativa, como una magnitud relacionada con dificultad para fluir. Una evidencia cualitativa de que la glicerina tiene una viscosidad mayor que el agua es que, por ejemplo, cuando dejamos caer un sólido dentro de un vaso lleno de glicerina, no salpica tanto respecto a la situación con agua. O si se tira un vaso de agua sobre una mesa, al instante se esparce. En cambio, la glicerina, tiene mayor viscosidad, ya que al hacer lo mismo se suele concentrar y no tiende a fluir.

Determinación cuantitativa de la viscosidad Como se ha indicado inicialmente, hay que cronometrar el tiempo de caída de la bolita en el recorrido vertical de 100 mm, señalado sobre la pared del tubo. Es conveniente empezar a cronometrar después de que la esferilla haya recorrido un espacio de 50 mm, llamado espacio muerto, a partir del cual ésta alcanza la velocidad límite constante en su movimiento por la glicerina. La velocidad límite típica que se obtiene es de unos 6 cm/s y los tiempos de caída típicos, para un recorrido de 100 mm, son de 1,7 segundos

Comentarios y Sugerencias

Información bibliográfica:
 Densidad de la glicerina a 20°C = 1265 (kg/m³)
 Viscosidad de la glicerina a 20°C = 1,49 (kg/m·s).
 Densidad de la esferita de acero = 7732 kg/m³

Advertencias

Se procurará que la caída de la esferilla lo haga por el centro del tubo con el fin que baje lejos de sus paredes. Para lo cual, se mantendrá el tubo lo más verticalmente posible durante todo el movimiento de la esfera de acero.

En cuanto a favorecer la reproducibilidad del método, se aconseja para cada experimento, proceder a realizar dos medidas, boca del tubo al extremo, extremo del tubo a la boca, ida y vuelta de la esferilla por dentro del tubo lleno de glicerina, mediante un giro de rotación de la pinza de 180°.

El valor promedio de todos los experimentos, se considerará representativo para los cálculos.