

## EXPERIMENTO 13

# Viscosidad del detergente líquido a temperatura ambiente

## Objetivos

- ✱ Medir la viscosidad del detergente líquido a temperatura ambiente usando la ley de Stokes.

## Equipo

- ✱ Probeta de vidrio de 1500mL, detergente líquido, esferas de acero de 3mm, varilla metálica, pinza de mesa y pinza universal.
- ✱ Flexómetro, micrómetro, cronómetro, paño y cinta de enmascarar.

## Procedimiento

1. Asegure la pinza a la mesa, luego acople la varilla metálica a la pinza y asegurela con los tornillos. En la varilla asegure la pinza universal, posteriormente gire el tornillo de las pinzas de tal forma que pueda asegurar la probeta entre ellas, teniendo cuidado de no romper el vidrio por apretar demasiado fuerte el tornillo. Por último llene la probeta con el detergente líquido suministrado en el laboratorio.
2. Corte dos pedazos de cinta de enmascarar (de unos 5cm cada uno). El primer pedazo péguelo 10cm por debajo del nivel de líquido y el segundo péguelo 10cm por encima del fondo de líquido. La longitud total de la probeta da para que la separación entre este par de pedazos sea de 25cm o menos. Asegurese de que la separación entre los bordes superiores o inferiores de ambos pedazos sea la misma a lo largo de los 5cm de cinta; verifique con el flexómetro la separación, si es necesario despegue y corrija la posición de las cintas.

Una vez ajustada las cintas, gire la probeta y mirelas a través del líquido. Las cintas servirán como guías para seguir la trayectoria de la esfera al sumergirse en el detergente líquido.

3. Cerca de la superficie del líquido deje caer una de las esferas de acero (la de 3mm) y mida con el cronómetro el tiempo que tarda en recorrer la distancia marcada por los pedazos de cinta. Repita este procedimiento 15 veces y determine el tiempo promedio y su incertidumbre. Con la distancia y este tiempo calcule el valor de la velocidad de la esfera y su incertidumbre. Esta forma de medir la velocidad garantiza que el efecto producido por los extremos de la columna de fluido, no afecte la fuerza de arrastre sobre la esfera. En estas circunstancias la velocidad de caída es aproximadamente constante. Sin embargo, los efectos de las paredes de la probeta son importantes y serán cuantificados en la fuerza de arrastre.

**Para sacar las esferas del fondo del detergente líquido use los imanes disponibles en el laboratorio.**

4. Mida el diámetro de la esfera con el micrómetro y calcule su densidad<sup>1</sup>. También calcule la densidad del detergente líquido.

## Análisis

- ✱ La ley de Stokes describe la fuerza de arrastre que experimenta una esfera con densidad  $\rho$  y radio  $r$ , sumergida en un líquido de extensión infinita con densidad  $\tilde{\rho}$  y viscosidad dinámica  $\mu$ . La fuerza se puede expresar por la ecuación:  $F_{\text{arrastre}} = 6\pi\mu r v$ . Donde  $v$  es la velocidad de la esfera relativa al líquido. Esta ley es válida únicamente cuando el número de Reynolds  $Re$  es muy pequeño.

<sup>1</sup>Para la densidad de la esfera puede medir la masa de varias esferas y determinar su masa promedio, también puede calcular el volumen promedio por esfera y de esos valores determinar la densidad. Verifique el valor obtenido con el reportado para el acero.

La fuerza de arrastre se puede corregir mediante el factor  $K$ , el cual describe los efectos finitos agregados por las paredes que rodean el fluido. La fuerza corregida es  $KF_{\text{arrastre}}$ .

Si el radio de la probeta es  $R$ , el factor de corrección es:  $K^{-1} = 1 - 2.10443 \frac{r}{R} + 2.08877 \left(\frac{r}{R}\right)^3 - 0.94813 \left(\frac{r}{R}\right)^5 - \dots$ . Es importante recalcar que este no es el único factor de corrección que existe, algunos autores han obtenido otros factores válidos con resultados experimentales.

A partir de la suma de fuerzas sobre la esfera sumergida en el líquido, se obtiene la siguiente ecuación para la viscosidad del fluido.

$$\mu = \frac{2r^2 (\rho - \tilde{\rho}) g}{9vK} \quad (13.1)$$

Use las cantidades medidas en el procedimiento para calcular el valor y la incertidumbre de la viscosidad del detergente líquido.

Calcule el número de Reynolds para este caso y verifique si es correcto usar la ley de Stokes para estudiar la caída de la esfera en un fluido muy viscoso.