FISICA GENERAL II– 2012
Guía de Trabajo Practico Nº 2
Determinación de viscosidades

C.L. Di Prinzio, Ramia Máximo, Comes Raúl

Introducción:

El viscosímetro de Ostwald

El viscosímetro de Ostwald (Fig.1) es un aparato relativamente simple para medir viscosidad, η, de fluidos Newtonianos. En un experimento típico se registra el tiempo de flujo, t, de un volumen dado V (entre las marcas a y b) a través de un tubo capilar de longitud L bajo la influencia de la gravedad.

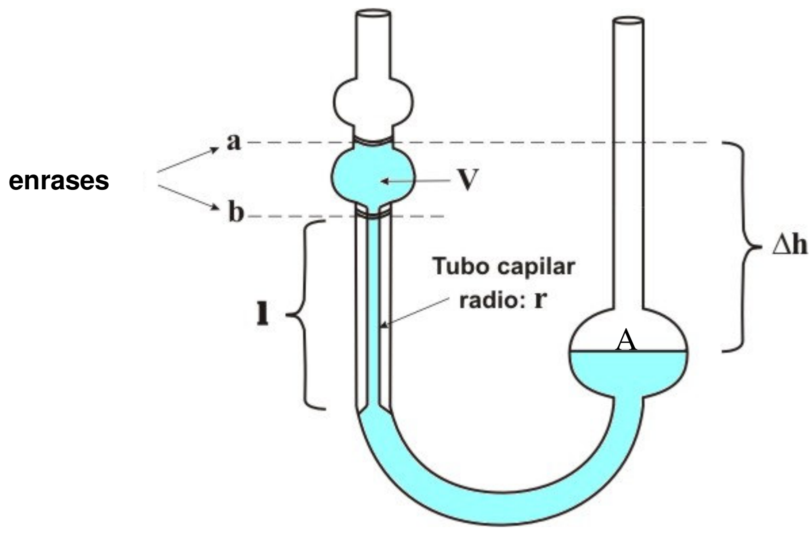

Figura 1. Viscosímetro de Ostwald.

El fundamento de la mayor parte de los viscosímetros que se utilizan en la práctica es la fórmula de Poiseuille, que nos da el *caudal* Q (volumen de fluido por unidad de tiempo) que atraviesa un capilar de radio R y longitud l entre cuyos extremos se ha aplicado una diferencia de presiones Δp

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\pi \Delta p R^4}{8 \eta l} \qquad (1)$$

donde η es la viscosidad del fluido. Esto es

$$\eta = \frac{\pi \Delta p R^4 t}{8 l V} \qquad (2)$$

Como R, l y V son constantes para un tubo determinado, los agrupamos en la constante

$$K = \frac{\pi R^4}{8Vl} \qquad (3)$$

y por lo tanto se tiene:

$$\eta = K\ \Delta p\ t \qquad (4)$$

Si el líquido fluye únicamente por acción de la gravedad en un tubo situado verticalmente, la diferencia de presión Δp es la que ejerce la columna de líquido, esto es, $\Delta p = \delta g h$, siendo ρ la densidad del liquido y h la altura de la columna. Por lo tanto

$$\eta = K\ \delta g h\ t \qquad (5)$$

Si el capilar no fuera vertical habría que tener en cuenta el ángulo que forma con la vertical. Pero como h y el ángulo son valores constantes para un tubo determinado podemos escribir:

$$\eta = K'\ \delta\ t \qquad (6)$$

El valor de K' depende por lo tanto de la geometría de cada viscosímetro en concreto y suele darlo el constructor. También puede determinarse utilizando un líquido de viscosidad conocida. Normalmente se determinan las viscosidades relativas referidas al agua. Para el agua se tendrá:

$$\eta_{agua} = K'\ \delta_{agua}\ t \qquad (7)$$

De la expresión (7) se puede determinar K' e introducir en la expresión (6) para determinar la viscosidad desconocida del líquido en estudio.

Como la viscosidad depende de las fuerzas intermoleculares y estas se modifican con la temperatura la viscosidad de un líquido también varía con la temperatura.

Puede observarse que el líquidos se cumple la ecuación de Guzman-Andrade:

$$\eta = \eta_0 e^{\frac{Q}{kT}} \qquad (8)$$

Procedimiento experimental

1) Con una pipeta introduzca alcohol en la ampolla A hasta más de la mitad de la misma. Insufle aire de modo que le líquido llene el volumen V quedando un poco más arriba del enrase **a.**

2) Deje escurrir el líquido poniendo en marcha el cronómetro en el momento en que la superficie del líquido pasa por **a** y deteniéndolo en el momento que pasa por **b.**

3) Realice al menos 10 determinaciones del tiempo que tarda el líquido en escurrir desde **a** hasta **b.**

4) Vacíe el viscosímetro y séquelo.

5) Después de que el viscosímetro se halla secado y alcance nuevamente la temperatura ambiente repita el procedimiento con agua destilada y determine la viscosidad relativa del líquido respecto del agua.

6) Recuerde que si realiza varias medidas la dispersión de las mismas debe tenerse en cuenta en la estimación del intervalo de incertidumbre.

7) Determinación de la viscosidad absoluta del agua a una temperatura dada respecto a la ambiente.

8) Determine la temperatura ambiente, y repita la medición con agua a otra temperatura diferente.

Viscosímetro de Stokes

Un viscosímetro de Stokes consiste en un vaso cilindrico transparente con el liquido cuya viscosidad se va a medir. En el líquido se dejan caer esferas métalicas de msa conocida. Un esquema del viscosímetro de stokes se muestra en la figura 2a). Sobre la esfera inmersa en el líquido, actúan las siguientes fuerzas, como se observa en la figura 2b) , el peso, el empuje (Arquímedes) y la fuerza de roce que aparece al desplazarse el cuerpo en el medio.

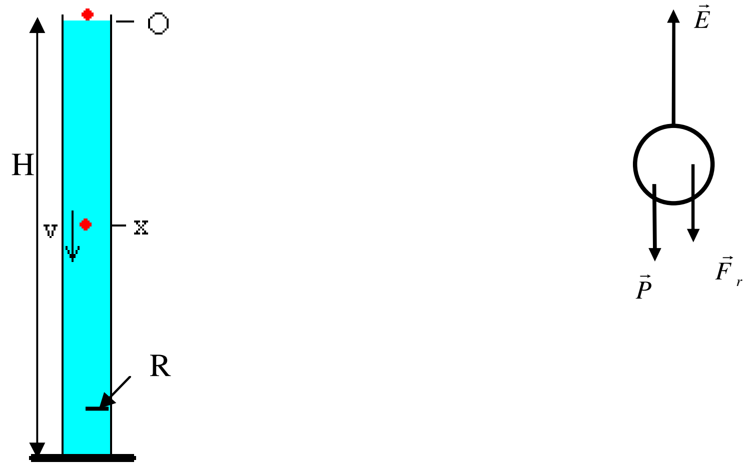

Figura 2: Viscosímetro de Stokes y fuerzas actuantes sobre la esfera sumergida y en caída en un liquido.

l peso de la esfera es:

$$P = mg = \frac{4}{3}\pi\, r^3 \rho_c\, g$$

donde ρ_c es la densidad de la esfera, g la gravedad y r el radio de la esfera

El empuje que recibe es:

$$E = \rho_f\, \frac{4}{3}\pi\, r^3 g$$

Donde ρ_l la densidad del líquido,

La fuerza de fricción sobre la esfera es:

$$F_\gamma = 6\pi\, r\, \eta\, \upsilon$$

donde η es la viscosidad del líquido y υ la velocidad de la esfera.

La fuerza resultante entre el peso y el empuje es:

$$P - E = \frac{4}{3}\pi\, r^3 g\, (\rho_c - \rho_f)$$

Dependiendo de la diferencia de densidades entre la esfera y el líquido, será el sentido de F_γ. Al ser F_γ proporcional a la velocidad, después de una etapa transitoria, la suma de fuerzas vale cero y la esfera se mueve con velocidad constante, que se llama velocidad límite υ_l.

$$\upsilon_l = \frac{2g\left(\rho_c - \rho_f\right)r^2}{9\eta}$$

Entonces, midiendo esta velocidad límite, sabiendo las densidades involucradas y conociendo el radio *r* de la esfera es posible determinar la viscosidad del fluido.

En el análisis anterior no se tuvo en cuenta el efecto de las paredes del recipiente, sin embargo dadas las dimensiones del tubo Ladenburg encontró que debe introducirse una corrección a la velocidad límite v_L mediante el factor

$$\upsilon_l = \frac{2g\left(\rho_c - \rho_f\right)r^2}{9\eta}\left(1 + 2{,}4\frac{r}{R}\right)$$

donde *R* es el radio del tubo.

$$\eta = \frac{2g\left(\rho_c - \rho_f\right)r^2}{9\upsilon_l}\left(1 + 2{,}4\frac{r}{R}\right)$$

Si r=2mm y R=5cm por ejemplo $\frac{r}{R} \approx 0{,}04$ lo cual representa un cambio de casi un 10% sobre el valor de η.

Procedimiento experimental:

1) Llenar del liquido el cilindro transparente.
2) Medir el radio de la esferitas
3) Medir la densidad del liquido
4) Estimar la distancia donde comienza a tener velocidad limite.
5) Dejar caer las esferitas dentro del fluido y medir la velocidad limite
6) Encontrar el valor de la viscosidad.

Bibliografía:

Isnardi Collo. Libro Séptimo. Estudio del calor
Física. Resnick R., Halliday D., Krane K. 5a. edición en español.