

### El viscosímetro de Ostwald

El viscosímetro de Ostwald (Fig.1) es un aparato relativamente simple para medir viscosidad,  $\eta$ , 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.

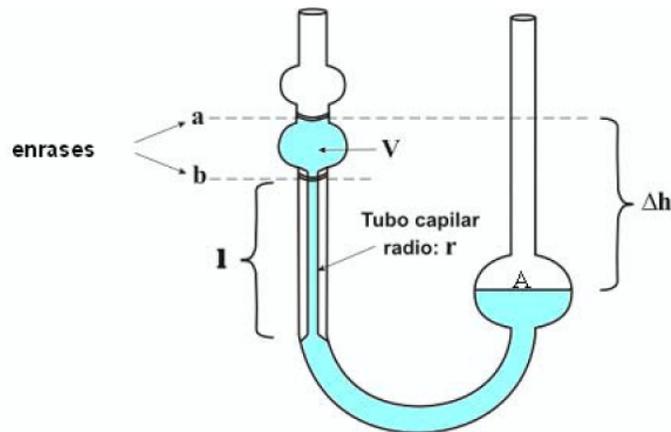


Figura 1. Viscosímetro de Ostwald.

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  $\Delta p$

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

donde  $\eta$  es la viscosidad del fluido. Esto es

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

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

$$K = \frac{\pi R^4}{8 l V} \quad (3)$$

y por lo tanto se tiene:

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

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

$$\eta = K \rho gh t \quad (5)$$

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:

$$\eta = K' \rho t \quad (6)$$

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:

$$\eta_{agua} = K' \rho_{agua} t \quad (7)$$

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 en líquidos se cumple la ecuación de Guzman-Andrade:

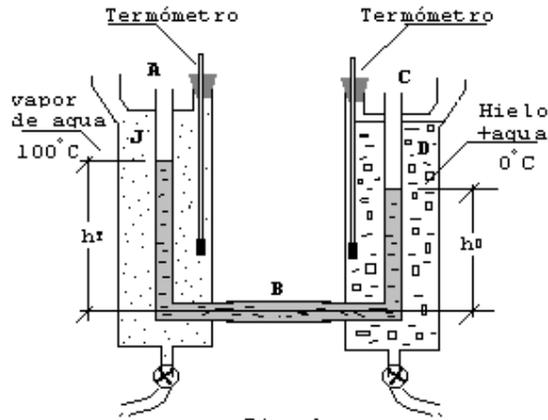
$$\eta = \eta_0 \exp\left(\frac{A}{T}\right) \quad (8)$$

### **Procedimiento:**

- a) Con una pipeta introduzca alcohol en la ampolla A hasta más de la mitad de la misma. Insufle aire de modo que el líquido llene el volumen V quedando un poco más arriba del enrase **a**.
- b) 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**.
- c) Realice al menos 10 determinaciones del tiempo que tarda el líquido en escurrir desde **a** hasta **b**.
- d) Vacíe el viscosímetro y séquelo.
- e) 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.
- f) Recuerde que si realiza varias medidas la dispersión de las mismas debe tenerse en cuenta en la estimación del intervalo de incertidumbre.
- g) Determinación de la viscosidad absoluta del agua a una temperatura dada respecto a la ambiente.

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

### 3 - Dilatación Térmica de los Líquidos



Cuando se calienta un fluido contenido en un recipiente, también se dilata el recipiente, de modo que observamos la dilatación aparente del fluido. El método de Dulong y Petit permite medir directamente el coeficiente de dilatación absoluta (o verdadera) de un líquido. Para ello se utiliza el equipo que se esquematiza en la Fig. 1. Los tubos A y C unidos por B se llenan de aceite, tomando la precaución de nivelar el tubo B. Se hace pasar una corriente de vapor de agua en ebullición por la camisa J y se llena de hielo fundente la camisa D.

Después de un cierto tiempo, la densidad del aceite  $\rho_{100}$  del primer tubo será la correspondiente a la temperatura de ebullición del agua y  $\rho_0$ , la del segundo, corresponderá a la temperatura de fusión del agua. Igualando las presiones de las dos columnas de aceite, referidas al nivel del tubo B se obtiene:

$$\frac{h_{100}}{h_0} = \frac{\rho_0}{\rho_{100}} \quad (1)$$

Teniendo en cuenta que el coeficiente de dilatación  $\gamma$  representa el aumento medio de volumen que experimenta la unidad de volumen del líquido por cada grado de aumento de temperatura

$$V(T) = V_0(1 + \gamma\Delta T) \quad (2)$$

Note que la expresión (2) nos permite referir el binomio de dilatación  $1 + \gamma\Delta T$  al cociente de densidades correspondientes a distintas temperaturas. Teniendo en cuenta las expresión (2) se puede concluir que:

$$\bar{\gamma} = \frac{(h_{100} - h_0)}{h_0\Delta T} \quad (3)$$

donde  $\Delta T$  es el intervalo de temperatura comprendido entre los puntos de ebullición y fusión del agua y  $\bar{\gamma}$  es el coeficiente medio absoluto del aceite entre esos puntos fijos.

#### Procedimiento:

Mida el desnivel entre ambas columnas pero asegúrese primero de obtener vapor a la temperatura de ebullición y tener realmente hielo en equilibrio térmico con el agua. Asegúrese también que el tubo B esté nivelado e incliné un poco el soporte del tubo para lograr el goteo de agua y una buena circulación del vapor. Discuta y analice las

aproximaciones que usted hace al medir la temperatura de los tubos ¿Cómo modificaría el dispositivo para mejorar el diagrama  $\Delta L$  vs.  $T$ ?

**Bibliografía:**

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