

Laboratorio Física 1 (Química)
2do. Cuatrimestre 2009
Guía 8 – Viscosidad

Objetivo

Determinar la viscosidad de un líquido.

Introducción

La práctica consta de dos partes

Parte 1: Determinación de la densidad de un líquido utilizando la balanza de Mohr-Westphal.

Esta experiencia se basa en el principio de Arquímedes, que establece que todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido experimenta un empuje vertical E , dirigido hacia arriba, igual al peso del fluido desalojado P_l . Es decir:

$$E = P_l = m_l g = \delta_l V_l g$$

donde m_l , δ_l , V_l corresponden respectivamente a la masa, la densidad y el volumen del líquido desalojado. Si un cuerpo, de volumen V , se sumerge totalmente en un líquido se obtendrá $V_l = V$. Por lo tanto, si se sumerge totalmente el mismo cuerpo en dos líquidos distintos de densidades δ_1 y δ_2 , se tendrá

$$E_1 = \delta_1 g V$$

$$E_2 = \delta_2 g V$$

y por lo tanto

$$E_1 / E_2 = \delta_1 / \delta_2$$

de modo que si se conoce la densidad de uno de los líquidos y se mide la relación entre los empujes producidos por ambos líquidos sobre un mismo cuerpo, se podrá calcular la densidad del segundo líquido.

La balanza de Mohr-Westphal es una balanza de brazos desiguales, que se utiliza para medir densidades de líquidos. El brazo corto termina en una masa compacta P , provista de una aguja que debe enfrentarse a otra fija al chasis cuando la balanza está en equilibrio. Del extremo del brazo largo se cuelga un inmersor de vidrio. En este brazo hay marcadas nueve muescas numeradas de 1 a 9. Cuando el inmersor está colgado en el aire, queda equilibrado por el contrapeso P . Al sumergir el inmersor en un líquido el empuje hidrostático desequilibra la balanza. Para restablecer el equilibrio se montan sobre el brazo graduado unas pesas con forma de horquilla, llamados jinetillos, de forma de compensar el empuje hidrostático. Se cuenta con jinetillos de tres tamaños, de manera tal que si al mayor se asigna el valor 1, al intermedio le corresponde el valor 1/10 y al menor el valor 1/100. Si, por ejemplo, el equilibrio se obtiene con un jinetillo 1 en la posición 8, un jinetillo 1/10 en la posición 5 y otro en la 2 y uno 1/100 en la posición 3, corresponderá a un empuje de 8,73 (es decir, se suman todos los valores de los jinetillos multiplicados por el número de la muesca que ocupan).

Parte 2: Determinación del coeficiente de viscosidad de un líquido por el método de Stokes

Sobre un cuerpo que se mueve con velocidad v en el seno de un fluido actúan tres fuerzas: su peso P , el empuje hidrostático E y una fuerza resistente R opuesta a la dirección de movimiento (ver Figura 1).

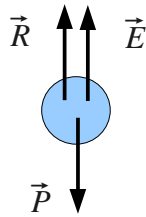


Figura 1: Diagrama de cuerpo libre de una esfera en el seno de un fluido viscoso.

Si la velocidad es tal que el régimen es laminar (es decir, no se producen turbulencias), la fuerza R es proporcional a la velocidad, donde el factor de proporcionalidad depende de la forma del cuerpo y de la naturaleza del líquido. Si se trata de una esfera lisa de radio r , se tiene

$$R = 6\pi r \eta v$$

donde η es llamado coeficiente de viscosidad o rozamiento del líquido y depende sólo de la naturaleza de éste y de su temperatura. En el sistema c.g.s., η se mide en poises (P). Esta relación constituye la Ley de Stokes.

En el caso que una esfera de masa m se mueva hacia abajo dentro del fluido se tendrá por la 2da. Ley de Newton

$$P - E - R = m a$$

Como consecuencia de la aceleración, la velocidad de la esfera aumentará, pero como la resistencia R es proporcional a la velocidad, también aumentará la oposición al movimiento. Se llegará a un punto en que el valor de R compense al de $(P-E)$ y la aceleración será nula. Llamaremos a ese valor R_{lim} . En esta condición, la esfera se moverá con velocidad constante v_{lim} tal que

$$R_{lim} = 6 \pi r \eta v_{lim}$$

Si δ_e y δ_l son las densidades de la esfera y del líquido, entonces

$$P = (4/3) \pi r^3 \delta_e g$$

$$E = (4/3) \pi r^3 \delta_l g$$

y finalmente se obtiene

$$\eta = (2/9) \frac{r^2 g (\delta_e - \delta_l)}{v_{lim}}$$

Es decir, que conociendo el radio de la esfera, su densidad y la del líquido, se podrá calcular el coeficiente de viscosidad de éste midiendo la velocidad límite. En rigor, esta expresión sólo es válida para esferas que caen a través de un líquido de extensión indefinida. En las condiciones experimentales, la esfera se mueve axialmente dentro de un tubo cilíndrico de radio r_{tubo} , por lo que hay que realizar una corrección al valor que se obtiene para la velocidad límite (corrección de Ladenburg). Si llamamos v_m a la velocidad medida, la velocidad límite corregida es

$$v_{lim} = (1 + 2.4 r/r_{tubo}) v_m$$

que es el valor a ser utilizado en el cálculo de la viscosidad.

Dado que la viscosidad depende extraordinariamente de la temperatura, será necesario especificar la temperatura del líquido en el momento en que se hacen las mediciones.

Actividad

Parte 1:

- 1) Montar la balanza y colgar el inmersor (limpio y seco) del gancho que hay en el extremo del brazo largo. La balanza debe quedar equilibrada. Si no es así, actuar sobre los tornillos en la base hasta conseguir que las agujas queden enfrentadas.
- 2) Llenar la probeta de agua y colocar el inmersor dentro de ella (si es necesario, elevando la parte móvil de la balanza mediante el tornillo T), de modo que quede totalmente sumergido, sin tocar el fondo ni las paredes y cuidando que no tenga burbujas de aire adheridas.
- 3) Restablecer el equilibrio colocando jinetillos (manipularlos con la pinza), empezando por los mayores, ensayando en las diferentes posiciones (comenzando por la 9 y en sentido decreciente). Si al ensayar un jinetillo su peso resulta excesivo en una división y deficiente en la contigua, dejarlo en esta última y ensayar con el jinetillo siguiente. Proceder así hasta equilibrar la balanza y anotar el valor del empuje E_1 obtenido.
- 4) Registrar la temperatura del agua y consultar una tabla de densidad del agua a distintas temperaturas para obtener δ_1 .
- 5) Descargar la balanza, secar el inmersor y colgarlo nuevamente.
- 6) Sumergir el inmersor en el líquido problema y medir el empuje E_2 correspondiente (idem paso 3)).
- 7) Calcular la densidad del líquido incógnita δ_2 según la ecuación de los cocientes.

Parte 2:

- 1) Calcular la densidad δ_e de las esferas utilizando los datos que se dan en el laboratorio (diámetro y masa promedio de una esfera)
- 2) Anotar el valor de la densidad del líquido obtenida en la parte 1.
- 3) Medir el diámetro interno del tubo con un calibre y calcular r_{tubo} .
- 4) Medir la distancia L con la cinta métrica.
- 5) Tomar la temperatura del líquido problema.
- 6) Dejar caer una esfera desde corta distancia sobre la superficie libre del líquido contenido en el tubo, en el centro de dicha superficie, de modo que baje lejos de las paredes del tubo. Medir y anotar el tiempo de tránsito de la esfera entre las marcas definidas anteriormente.
- 7) Repetir la operación anterior para las restantes 9 esferas.
- 8) Calcular el valor medio de los tiempos obtenidos y con éste la velocidad límite medida v_m .
- 9) Aplicar la corrección de Ladenburg y calcular la velocidad límite corregida (v_{lim}).
- 10) Hallar el coeficiente de viscosidad.