



TAREAS

- Medición de los tiempos de caída de una bola en una solución acuosa de glicerina en dependencia de la temperatura.
- Determinación de la viscosidad dinámica y comparación con los datos bibliográficos.
- Comparación de la dependencia de la temperatura de la viscosidad dinámica basándose en la relación de Arrhenius-Andrade y determinación de la energía de activación o de deformación.

OBJETIVO

Determinación de la viscosidad dinámica de una solución acuosa de glicerina

RESUMEN

La viscosidad dinámica, el factor de proporcionalidad entre el gradiente de velocidad y la tensión de cizallamiento en un líquido caracterizan la viscosidad del mismo. Ésta se puede medir con un viscosímetro de caída de bola según Höppler. Junto con un termostato de circulación es posible realizar mediciones dependientes de la temperatura. Éstas se realizan en el experimento con una solución acuosa de glicerina. Aquí se puede describir la dependencia con la temperatura de la viscosidad basándose en la relación de Arrhenius-Andrade.

EQUIPO REQUERIDO

Número	Aparato	Artículo N°
1	Viscosímetro de caída de bola	1012827
1	Cronómetro digital	1002811
1	Termostato de baño y de circulación (230 V; 50/60 Hz)	1008654 o
	Termostato de baño y de circulación (115 V; 50/60 Hz)	1008653
2	Manguera de silicona 6 mm	1002622
1	Glicerina, 85%, 250 ml	1007027
1	Embudo	1003568
Recomendado adicionalmente:		
1	Juego de 10 vasos de precipitados, de forma baja	1002872
2	Probeta graduada de 100 ml	1002870
	Agua destilada, 5 l	

2

FUNDAMENTOS GENERALES

La viscosidad de un líquido se atribuye a la interacción recíproca de las partículas del líquido. Al aumentar la interacción disminuye la movilidad de las partículas. Para la formación de un gradiente de velocidades en un perfil de corriente es necesaria una tensión de cizallamiento grande. El factor de proporcionalidad entre el gradiente de velocidades y la tensión de cizallamiento es una medida de la resistencia que opone el líquido y se denomina viscosidad dinámica. Los líquidos en los cuales la viscosidad dinámica no depende de la tensión de cizallamiento se denominan líquidos newtonianos.

La viscosidad dinámica η de la mayoría de los líquidos disminuye al aumentar la temperatura. La disminución se describe frecuentemente basándose en la relación de Arrhenius-Andrade.

$$(1) \quad \eta = \eta_0 \cdot \exp\left(\frac{E_A}{R \cdot T}\right)$$

E_A : Energía de activación resp. de deformación de las partículas del líquido
 T : Temperatura absoluta

$$R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} : \text{Constante general de los gases}$$

Para medir la viscosidad dinámica se observa frecuentemente una bola que se sumerge en el líquido por acción de la gravedad. Su caída es frenada por la fuerza de fricción según Stokes:

$$(2) \quad F_1 = \eta \cdot 6\pi \cdot r \cdot v$$

r : Radio de la bola

por lo tanto, ella se sumerge con una velocidad constante v . La influencia de la fuerza de gravitación es reducida por el empuje ascensional sobre la bola en el líquido:

$$(3) \quad F_2 = \frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot (\rho_0 - \rho) \cdot g$$

ρ_0 : Densidad de la bola
 ρ : Densidad del líquido en estudio
 g : Aceleración de caída libre

Por lo tanto, a partir del equilibrio de las fuerzas F_1 y F_2 se obtiene:

$$(4) \quad \eta = \frac{2}{9} \cdot r^2 \cdot g \cdot (\rho_0 - \rho) \cdot \frac{t}{s}$$

s : Trayecto de medición

t : Tiempo de caída para el trayecto de medición fijado

Realmente, la ecuación (2) describe la fuerza de fricción sobre la bola sólo en el caso en que el diámetro del tubo de medición lleno de la sustancia de prueba es mucho mayor que el diámetro de la bola. Esto exigiría un gran cantidad del líquido de muestra. Por lo tanto, en la práctica, para mediciones de viscosidad se utiliza un viscosímetro de caída según Höppler, con un tubo de medición inclinado con respecto a la vertical, en el cual la bola se desliza o rueda a lo largo de la pared interna del tubo. En este caso la ecuación para la determinación de la viscosidad dinámica se transforma en:

$$(5) \quad \eta = t \cdot (\rho_0 - \rho) \cdot K$$

El factor de calibración K es indicado por el productor individualmente para cada bola entregada. Para evitar posibles errores sistemáticos se puede girar el tubo de medición y medir el tiempo de caída en el trayecto de retorno. En el experimento se estudia glicerina comercial, que si se ve exactamente, es una solución acuosa de glicerina al 85%. La dilución se hace delibera-

damente porque la viscosidad de la glicerina pura es muy alta para muchas aplicaciones. Se mide la viscosidad en dependencia de la temperatura. Para ello el viscosímetro de caída de bola se conecta con un termostato de circulación. Por medio de una dilución controlada de la solución de glicerina con agua destilada se puede estudiar la dependencia de la viscosidad con la concentración.

EVALUACIÓN

Una comparación de la viscosidad medida con los datos bibliográficos comprueba las indicaciones de concentración presentadas por el productor.

$$\ln \eta = \ln \eta_0 + E_A \cdot \frac{1}{R \cdot T}$$

Por lo tanto, se registra $y = \ln \eta$ contra $x = \frac{1}{R \cdot T}$ y se determina la energía de activación o de deformación E_A a partir de la pendiente de las rectas resultantes.

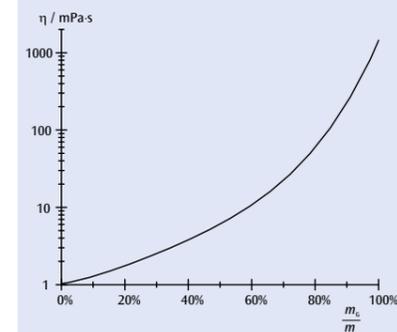


Fig.1: Viscosidad dinámica de una solución acuosa de glicerina a 20° C en dependencia de la concentración de masa (datos bibliográficos interpolados)

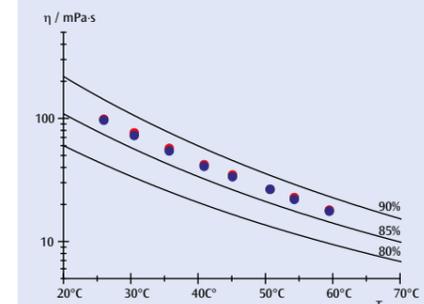


Fig. 2: Viscosidad dinámica de una solución acuosa en dependencia de la temperatura (Comparación con datos de medida y datos bibliográficos interpolados)

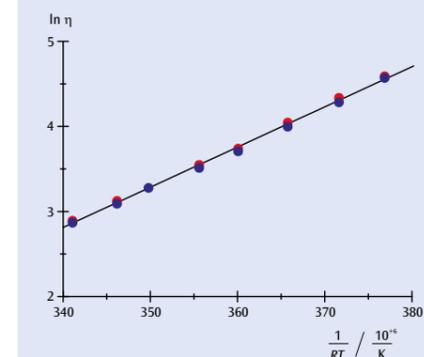


Fig.3: Representación para la comprobación de la relación de Arrhenius-Andrade para la determinación de la energía de deformación ($E_A = 47 \text{ kJ/mol}$)