

Un viscosímetro es un instrumento utilizado para medir la viscosidad de un líquido. El dispositivo esquematizado en la figura representa una posible implementación de viscosímetro. Está construido a partir de dos cilindros sólidos coaxiales de eje horizontal y de radios R y $R(1 - \varepsilon)$ con $\varepsilon \ll 1$, que dejan un espacio de aire entre ellos de espesor εR . Por la parte inferior del cilindro de mayor radio se introduce el líquido de densidad ρ , cuya viscosidad μ se desea determinar, hasta que ocupa un espacio azimutal θ_0 , de manera que $\varepsilon \ll \theta_0 \ll 1$. A continuación se imparte al cilindro interior una velocidad angular Ω dirigida a lo largo de su eje. El arrastre del cilindro interior hace que el líquido se desplace hasta que su punto medio se sitúa en la posición azimutal θ_1 , que depende de Ω . Conocidos θ_1 y Ω se pretende calcular la viscosidad del líquido μ suponiendo que su movimiento está dominado por efectos viscosos. Para ello se pide:

1a.- Especificar los criterios que se deben verificar para que el movimiento del líquido este dominado por la viscosidad, y para que los efectos de tensión superficial dominen en la interfase líquido-gas (supongan que la tensión superficial líquido-aire es σ y el ángulo de contacto con los cilindros es cero).

1b.- Escribir las ecuaciones y condiciones de contorno que gobiernan el movimiento del líquido en el espacio entre los cilindros, cuando el punto medio ha alcanzado la posición θ_1 . Obtener el caudal q_θ de líquido en la dirección θ por unidad de longitud de los cilindros, en función del gradiente de presión motriz en la dirección θ .

2.- Determinar la función de transferencia del viscosímetro; es decir: la expresión que proporciona la viscosidad del líquido en función de la velocidad angular Ω y de los demás parámetros que aparecen en el problema. Demostrar que en el límite $\theta_0 \ll 1$ la determinación de μ se hace independiente de la cantidad de líquido introducido en el dispositivo.

3.- A la vista del resultado obtenido en el apartado anterior, y suponiendo que $\theta_1 \sim 1$, determinar el rango inferior del instrumento; esto es: la condición que debe satisfacer el valor mínimo de la viscosidad del líquido a caracterizar en función del tamaño del dispositivo R , de la gravedad g , de la densidad ρ y de los parámetros ε y θ_0 .

4.- Asumiendo que la viscosidad del aire, μ_a , verifica $\mu_a/\mu \ll \theta_0$, determinar la potencia W por unidad de longitud de los cilindros, que se ha de aplicar sobre el eje del cilindro interior para mantener al líquido centrado en la posición θ_1 .

