

DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD DE UN LIQUIDO

OBJETIVO

Determinar experimentalmente el valor del coeficiente de viscosidad η del aceite (de motor) con su correspondiente error.

INTRODUCCION

Cuándo un cuerpo se mueve a través de un fluido (como un gas o un líquido) experimenta una fuerza de fricción que aumenta con la velocidad el cuerpo relativa al fluido. Las fuerzas de fricción en fluidos se conocen como fuerzas **viscosas** y son fuerzas estadísticas macroscópicas, ya que en ellas participa un gran número de moléculas. Por lo tanto las fuerzas viscosas se deben determinar de manera experimental. A una velocidad relativamente baja " v " la fuerza de fricción es aproximadamente proporcional a la velocidad del cuerpo y opuesta e ella. Así pues, escribimos:

$$\vec{F} = - K \eta \vec{v}$$

donde η es el **coeficiente de viscosidad del fluido** o también llamado **coeficiente de rozamiento del fluido** y depende de las propiedades moleculares del fluido, por otro lado K es el **coeficiente de arrastre** y este coeficiente se debe obtener experimentalmente, aunque en algunos casos también se puede calcular. En el caso particular de que el cuerpo sea una esfera lisa de radio " R " que se mueve lentamente a través de un fluido, un largo desarrollo matemático nos lleva a que el valor de K es:

$$K = 6 \pi R$$

relación conocida como ley de Stokes.

Si soltamos una esfera lisa de masa " m " y radio " R " para que se mueva en un medio viscoso tal como se muestra en la figura adjunta, las fuerzas que actúan sobre ella serán: su peso " mg ", el empuje " E " y la fuerza viscosa " F ", la ecuación del movimiento será:

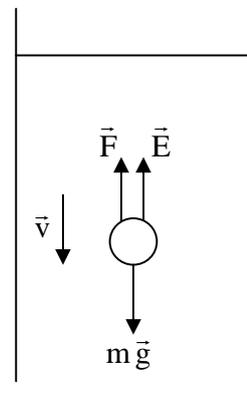
$$m a = m g - E - F$$

Al principio de la caída v es pequeña por lo que $mg > E - F$, (esfera más densa que el fluido) existiendo una aceleración neta hacia abajo, lo que implica que v irá aumentando su valor, como F es directamente proporcional a v , en cierto instante v alcanzara un valor que hará que F sea lo suficientemente grande para hacer que $mg = E - F$. Como en este instante $a = 0$, esto implica una situación de equilibrio de fuerzas sobre la esfera. Dicho de otro modo, la esfera continuará moviéndose con una **velocidad constante**. En el caso de fluidos muy viscosos el equilibrio se alcanza muy rápidamente.

Para la esfera el empuje E y la fuerza de fricción F estarán dadas por:

$$E = \rho \left(\frac{4 \pi R^3}{3} \right) g \qquad F = 6 \pi R \eta v$$

donde ρ es la densidad del fluido.



En condiciones de equilibrio se tiene que $E + F = mg$ por lo que reemplazando queda:

$$\frac{4 \pi g \rho R^3}{3} + 6 \pi R \eta v = m g$$

de donde se obtiene:

$$\eta = \frac{\left(m - \frac{4 \pi R^3 \rho}{3} \right) g}{6 \pi R v}$$

Donde v es constante.

la expresión anterior, sólo es válida en rigor, para un líquido de extensión indefinida. Si la esfera cae en un recipiente cilíndrico de radio interior R_1 , las paredes influyen de tal manera que ocasionan una disminución de la velocidad de caída, según el factor;

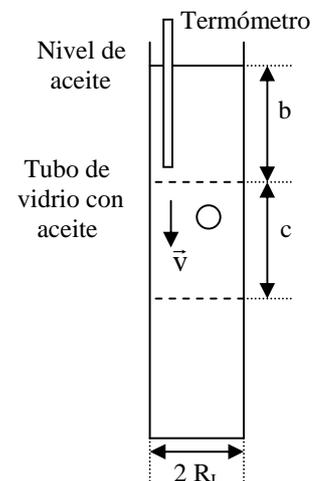
$$\frac{1}{\left(1 + 2.4 \frac{R}{R_1} \right)}$$

por lo tanto la viscosidad η estará dada por la relación:

$$\eta = \frac{\left(m - \frac{4 \pi R^3 \rho}{3} \right) g}{6 \pi R v \left(1 + 2.4 \frac{R}{R_1} \right)} \quad [1]$$

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Mida diez veces el diámetro de una esfera en distintas zonas de ella, use para esto un tornillo micrométrico o Palmer. Obtenga el valor promedio del radio y su correspondiente error.
- Haga dos marcas en el tubo, a partir de la superficie del líquido, una donde la bolita de acero alcance la velocidad constante ($b \approx 5$ [cm]) y la otra a una distancia $d = 15$ [cm], anote también el error asociado a esta distancia, ya que ella será la que usted usará para determinar el factor de calibración para las mediciones tomadas con la cámara Web.
- Mida el diámetro interior del tubo y calcule el radio de él.
- Mida la temperatura T del aceite y determine su error ΔT .
- Mida la masa de la bolita usando una balanza analítica y anote el error de la medición.
- Ingrese en la carpeta ModeloLinux, y luego a la página web GrabarSecuenciasImágenes, cree un nuevo directorio y active la cámara Web (“ver Webcam”)
- Deje la cámara a unos 80 [cm] de la probeta, asegúrese que la probeta se vea vertical en el monitor.



- Coloque una marca aproximadamente a unos 5 a 10 [cm] del nivel superior del aceite y otra a 10 [cm-] más abajo que la anterior.
- Active la cámara web presionando la letra “p”, luego deje caer la bolita, espere que esta llegue al fondo de la probeta, cuando ello ocurra detenga la filmación con “q”
- Siga los pasos indicados en la pantalla del computador, para obtener una secuencia de fotos usando “convertir video”
- Determine la zona de interés en “Experimento/Imágenes”, elimine las fotografías que no usará (las anteriores y posteriores a la zona de interés).
- De las imágenes restantes, borre dos de cada tres (es decir la 2 y 3; 5 y 6; 8 y 9; etc.), con esto usted bajará de 30 a solo 10 fotogramas por segundo, con un intervalo de 0,1 [s] entre ellos.
- Renombre las imágenes “renombrar fotos”, regrese a “experimento/Imágenes” vea el numero de la última imagen (El numero total es uno más que la ultima foto, ya que comienzan en 000).
- Ingrese en “Editar Parámetros”, modifique el numero de cuadros, recuerde es uno mas que el número de la última foto.
- A continuación presione ver secuencia y coloque el indicador del Mouse sobre la bolita y presiónelo, con esto pasará al siguiente fotograma. Repita el proceso anterior hasta la última foto.
- Luego presione el cuadro “ver datos”, esto desplegará la tabla de datos donde aparecen las posiciones de la bolita en pixeles. Cópiala y llévela a la planilla gnumeric para su análisis.
- Repita el proceso anterior hasta contar con tres juegos de datos.
- Para obtener el factor de conversión de pixeles a centímetros, regrese a ver secuencia y presione el Mouse entre las dos marcas al menos unas tres veces, copie los valores que están en la nueva tabla. La diferencia entre los valores de y entre las dos marcas en pixeles corresponde a la distancia que usted dejó entre las marcas en centímetros.
- Use el factor de conversión para pasar sus datos de pixeles a centímetros, gráfíquelos y determine el valor de la rapidez de caída de la bolita, para cada caso.
- Dado que tiene tres valores para la rapidez (v), con que cae la bolita, determine su valor promedio y su respectivo error.
- Determine la densidad del aceite a la temperatura medida (para ello use un picnómetro ó una balanza de Moore) con su correspondiente error.
- Evalúe la expresión [1] dada para la viscosidad η usando las cantidades promedio de las variables obteniendo $\bar{\eta}$.
- Determine el error en el cálculo de la viscosidad del aceite usando la expresión:

$$\Delta\eta = \bar{\eta} \left(\frac{4 \Delta R}{R} + \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta v}{v} \right) \quad [2]$$

Donde $\bar{\eta}$ es el valor promedio de la viscosidad sin aproximar. La ecuación [2] no considera la influencia de las paredes del tubo, pues su contribución es muy pequeña.

- Anote el valor de la viscosidad del aceite con su correspondiente error. Como η depende fuertemente de la temperatura, el valor obtenido en la experiencia es válido para la temperatura T a la que realizo, con una incerteza en su precisión ΔT . En otras palabras debe presentarse en la forma:

$$\eta_{T \pm \Delta T} = \bar{\eta} \pm \Delta\eta$$

PREGUNTAS

Cuándo se vierte el aceite al tubo es necesario que se haga lentamente, y antes de empezar la experiencia es necesario esperar un lapso de tiempo prudente. ¿Por qué cree usted, que son necesarias estas precauciones?

¿Podría medir usted, con bastante precisión por este método y en las mismas condiciones la viscosidad del agua destilada y del alcohol? Explique.

BIBLIOGRAFIA

- Física. Alonso Finn, Addison – Wesley Iberoamericana, 1995
- Mecánica de Fluidos. Streeter, V. Mc.Grau Hill, 2ª Ed., 1963
- Practicas de Física. Westphal, W., 1952
- Fluid Mechanics, London – Lifahitz. Pergamon Press. Addison – Wesley, 1959.