LABORATORIO DE ONDAS Y FLUIDOS 2016-20
VISCOSIDAD DEL DETERGENTE LÍQUIDO A TEMPERATURA AMBIENTE

José Restom y Paula Ordóñez
Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia
18 de Noviembre de 2016

Resumen

Se usaron esferas de distintos diámetros y densidades a través de un fluido viscoso para comprobar la Ley de Stokes. A través del procedimiento y hallar el número de Reynolds, se comprobó que la ley de Stokes es válida en este caso porque se trata de un flujo laminar.

1. Objetivos

- Estudiar distintas propiedades de los fluidos.
- Estudiar la influencia de la viscosidad respecto al área del objeto que se sumerge en el líquido.

2. Marco Teórico

La Ley de Stokes establece que el arrastre viscoso va en dirección opuesta al movimiento de una esfera a través de un fluido, esto cuando el número de Reynolds es menor que 1, este se considera proporcional a la viscosidad del fluido, el diámetro de la esfera y la velocidad de esta en el seno del fluido; esto se traduce en:

$$Fd = 3 \cdot \pi \cdot \eta \cdot D \cdot v$$

Para el número de Reynolds menor a 1 se debe cumplir que la fuerza de arrastre es:

$$Cd = \frac{28}{R}$$

Suponemos que se tiene una esfera lisa de masa m y de diámetro D, como la de la figura expuesta a continuación

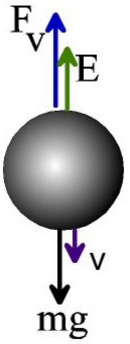

Figura 1: Esfera usada [4]

Esta cae en un fluido viscoso y se obtiene un diagrama de cuerpo libre

$$mg - E - Fd = ma$$

La velocidad de la esfera va aumentando con la caída, esto hace que la fuerza de arrastre también aumente. Por lo tanto, la esfera alcanza una velocidad que compensa su peso con el empuje hidrostático y la fuerza de arrastre.Por lo tanto, la esfera se mueve con velocidad constate que también es llamada velocidad límite.
Si δ es la densidad de la esfera y ρ la del líquido; el peso y el empuje de la esfera se determinan por:

$$mg = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{D}{2}\right)^3 \delta \cdot g = \frac{\pi}{6}D^3\delta \cdot g$$

$$E = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{D}{2}\right)^3 \rho \cdot g = \frac{\pi}{6}D^3\rho \cdot g$$

Cuando se alcanza la velocidad límite se tiene que:

$$mg = E + Fd$$

$$\frac{\pi}{6}D^3\delta \cdot g = \frac{\pi}{6}D^3\rho \cdot g + 3\pi \cdot \eta \cdot D \cdot V_{lim}$$

Se obtiene la velocidad limite

$$V_{lim} = \frac{D^2(\delta - \rho)g}{18\eta}$$

Esto corresponde a la ecuación que se presenta en la guía de laboratorio

$$\mu = \frac{2r^2(\rho - \bar{\rho})g}{9vK}$$

3. Análisis Cuantitativo

Se debe calcular la viscosidad del líquido de acuerdo a las medidas tomadas con las respectivas esferas. Se debe tener en cuenta la densidad del líquido y se sabe que:

$$\bar{\rho} = \frac{m}{v}$$

En el laboratorio se obtuvo que $10ml$ de líquido correspondían a $9,7gr$. Se debe tener todo en cm^3 y se sabe que $10ml = 10cm^3$. Se realizan los cálculos:

$$\bar{\rho} = \frac{9{,}7gr}{10cm^3}$$

$$\bar{\rho} = 0{,}97gr/cm^3$$

3.1. Esfera grande

FACTOR DE CORRECCIÓN

Se aplica el factor de corrección expuesto en la guía cuya ecuación es:

$$K^{-1} = 1 - 2{,}10443\frac{r}{R} + 2{,}08877(\frac{r}{R})^3 - 0{,}9483(\frac{r}{R})^5$$

Se sabe que $R = 3,5cm$ y que $r = 0,5971cm$.

$$K^{-1} = 1 - 0{,}359015758 + 0{,}010371168 - 1{,}370379599x10^{-4}$$

$$K^{-1} = 0{,}651218372$$

Como en la ecuación se necesita K, esto es equivalente a

$$K = \frac{1}{K^{-1}}$$

$$K = 1{,}535583213$$

DENSIDAD

Se debe calcular la densidad de dicha esfera, que es:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Se aplica la fórmula de volumen de la esfera:

$$\rho = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi r^3}$$

En este caso el radio de la esfera es $r = 2,9855mm$; se debe convertir a centímetros y se obtiene que $r = 0,29855cm$.

$$\rho = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi(0{,}29855)^3}$$

$$\rho = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi(0{,}026610389)}$$

$$\rho = \frac{0{,}9gr}{0{,}114cm^3}$$

$$\rho = 8{,}07425895gr/cm^3$$

VELOCIDADES

Se debe tener en cuenta la velocidad de la esfera al bajar por el líquido. La distancia que se tuvo en cuenta fue de $24cm$.

Intento	Tiempo(s)	Velocidad(cm/s)
1	0,19	126,32
2	0,20	120
3	0,17	141,18
4	0,18	133,33
5	0,17	141,18
6	0,18	133,33
7	0,19	126,32
8	0,16	150
9	0,19	126,32
10	0,16	150
11	0,16	150
12	0,19	126,32
13	0,17	141,18
14	0,20	120
15	0,16	150
Promedio	0,178	135,7

Cuadro 1: Valores esfera grande

VISCOSIDAD DEL FLUIDO

Se aplica la ecuación de la guía

$$\mu = \frac{2r^2(\rho - \bar{\rho})g}{9vK}$$

Se reemplazan los valores obtenidos:

$$\mu = \frac{2(0{,}29855cm)^2(8{,}07425895gr/cm^3 - 0{,}97r/cm^3)980cm/s^2}{9v(1{,}535583213)}$$

Intento	Viscosidad(g/scm)
1	0,71094417
2	0,74836228
3	0,63610794
4	0,67352606
5	0,63610794
6	0,67352606
7	0,71094417
8	0,59868983
9	0,71094417
10	0,59868983
11	0,59868983
12	0,71094417
13	0,63610794
14	0,74836228
15	0,59868983
Promedio	0,66604243

Cuadro 2: Viscosidad del líquido

Se convierte el valor promedio a las medidas en sistema internacional Kg/ms.

$$0,066604243kg/m \cdot s$$

INCERTIDUMBRE

Para calcular la incertidumbre se toma la siguiente fórmula:

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$
donde
$$\sigma \approx \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - <x>)^2}{N-1}} \text{ [1]}$$

Se reemplazan los valores obtenidos y se tiene que:

$$\sigma_x = 0,01423669$$

NÚMERO DE REYNOLDS
Para calcular el número de Reynolds (adimensional) se usa la siguiente ecuación:

$$R = \frac{v\rho L}{\mu} \text{ [2]}$$

Donde L es la longitud asociada al objeto en movimiento dentro del fluido.
Se reemplazan los valores promedio obtenidos anteriormente:

$$R = \frac{135,7 \cdot 0,97 \cdot 0,5971}{0,66604243}$$

$$R = 118,0040075$$

Existen valores para clasificar el flujo de acuerdo al número de Reynolds. Si el número de Reynolds es menor a 2000 se entiende que el flujo es laminar, mientras que, si éste es mayor a 4000 el flujo es turbulento. Si el número se encuentra entre estos valores no se puede predecir que tipo de flujo es y se dice que está en la zona crítica. [3]
Por el valor obtenido se dice que el flujo con el que se trabajó es laminar.

3.2. Esfera pequeña

FACTOR DE CORRECCIÓN
Se aplica el factor de corrección en la guía. Sabiendo que $R = 3,5cm$ y $r = 0,1447cm$.

$$K^{-1} = 1 - 0,087003148 + 1,476019454 \cdot 10^{-4} - 1,145376279 \cdot 10^{-7}$$

$$K^{-1} = 0,913144339$$

Como en la ecuación se necesita K, es equivalente a:

$$K = \frac{1}{K^{-1}}$$

$$K = 1,095117121$$

DENSIDAD
Se debe calcular la densidad de la esfera usada en este caso, donde se sabe que:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Se aplica a fórmula de volumen de la esfera:

$$\rho = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi r^3}$$

Se sabe que el radio de la esfera es igual a $r = 0,1447cm$ y que la masa de la esfera es $m = 0,1gr$.

$$\rho = \frac{0,1g}{\frac{4}{3}\pi(0,1447cm)^3}$$

$$\rho = \frac{0,1g}{0,012690952cm^3}$$

$$\rho = 7,879629498g/cm^3$$

VELOCIDADES
Se debe tener en cuenta la velocidad de la esfera la recorrer los $24cm$ que se tenían como guía en el tubo.

Intento	Tiempo(s)	Velocidad(cm/s)
1	0,17	141,176471
2	0,14	171,428571
3	0,16	150
4	0,14	171,428571
5	0,14	171,428571
6	0,15	160
7	0,15	160
8	0,13	184,615385
9	0,14	171,428571
10	0,16	150
11	0,12	200
12	0,15	160
13	0,13	184,615385
14	0,16	150
15	0,14	171,428571
Promedio	0,14533333	166,50334

Cuadro 3: Velocidades de la esfera pequeña

VISCOSIDAD DEL FLUIDO
Se aplica la ecuación de la guía

$$\mu = \frac{2r^2(\rho - \bar{\rho})g}{9vK}$$

Se reemplazan los valores obtenidos:

$$\mu = \frac{2(0,1447cm)^2(7,879629498 - 0,97)980}{9v(1,095117121)}$$

Intento	Viscosidad($g/s \cdot cm$)
1	0,20378982
2	0,16782691
3	0,19180219
4	0,16782691
5	0,16782691
6	0,17981455
7	0,17981455
8	0,15583928
9	0,16782691
10	0,19180219
11	0,14385164
12	0,17981455
13	0,15583928
14	0,19180219
15	0,16782691
Promedio	0,17422032

Cuadro 4: Viscosidad del líquido.

Se convierte el valor promedio a las medida en sistema internacional $Kg/m \cdot s$.

$$0,017422032 Kg/m \cdot s$$

INCERTIDUMBRE

Para el cálculo de la incertidumbre se usa la siguiente ecuación:

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

donde

$$\sigma \approx \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - <x>)^2}{N-1}} \text{ [1]}$$

Se reemplazan los valores obtenidos y se obtiene:

$$\sigma_x = 4,20 \cdot 10^{-3}$$

NÚMERO DE REYNOLDS

Se usa la ecuación mencionada anteriormente:

$$R = \frac{v\rho L}{\mu} \text{ [2]}$$

Se reemplaza y se obtiene que:

$$R = \frac{166,50334 \cdot 0,97 \cdot 0,2894}{0,17422032}$$

$$R = 268,2837$$

En este caso se obtiene que el flujo del experimento es laminar, debido a que el número de Reynolds es menor que 2000.

4. Conclusiones

- El número de Reynolds obtenido indica que el líquido es laminar.
- Es correcto usar la ley de Stokes para este líquido, ya que su flujo es laminar.
- Las incertidumbres halladas son relativamente pequeñas.
- Pudo haber error al medir la velocidad de las esferas debido al tiempo de reacción humano.
- La temperatura influye en la viscosidad del líquido.
- El fluido trabajado es más viscoso que el agua.

Referencias

[1] Chaparro, A, Gómez, B., Panqueva, R., Rangel, J., Oostra, B., Benavides, E., Galán, J., Negret, J., Adames, M., Bonilla, R., Lizarazo, J. y Lopez, J.. (2004) *Guía de Técnicas Experimentales para Laboratorios de Física*. Departamento de Física, Universidad de los Andes: Bogotá.

[2] Olmo, M. y Nave, R. *Flujo Turbulento*. Recuperado de: http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/pturb.html

[3] Anónimo. *RESUMEN MATERIA VISCOSIDAD Y NÚMERO DE REYNOLDS*. Recuperado de: https://fisica-2.wikispaces.com/file/view/RESUMEN+MATERIA+VISCOSIDAD+Y+N %C2 %BA+DE+REYNOLDS.pdf

[4] Anónimo. *Dinámica de Fluidos o Hidrodinámica*. Recuperado de: http://slideplayer.es/slide/3325807/