Viscosidad_g3

catadominguez98[1], ezequielsofio[1], Víctor A. Bettachini[2], Liliana Álvarez[1], and adrianlago80[1]

[1]19s F1Q L2
[2]DF, FCEyN, UBA

November 8, 2019

Resumen:

En este trabajo se propuso analizar la caída de dos cuerpos esféricos a través de una matriz viscosa en régimen laminar estacionario. A través del estudio de la filmación de dichas caídas, utilizando el programa Tracker, pudo determinarse la relación funcional al entre la posición de cada esfera y el tiempo. En base a estos datos, pudo obtenerse la velocidad límite de ambas esferas y el coeficiente de viscosidad de la matriz utilizada.

Introducción:

Un cuerpo esférico de radio R que cae por acción de la gravedad, atravesando una matriz fluida viscosa de régimen estacionario y laminar, experimenta las 3 fuerzas que se representan en el siguiente esquema:

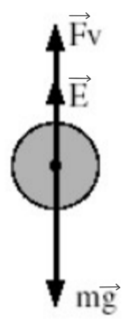

Figure 1: Diagrama de cuerpo libre de la masa al ser soltada en el líquido viscoso.

En dónde E es la fuerza de empuje y se caracteriza de la siguiente forma:

$\vec{E} = \ V_{esf}.\delta_{líq.\vec{g}}$

Dónde fv es la fuerza viscosa que actúa sobre el cuerpo esferico, y es de la forma:

$\vec{fv} = 6.\pi.\eta.\vec{v}.R$

Dónde η es el coeficiente de viscosidad. El cual depende de la naturaleza del fluido que compone la matriz.

Entonces la ecuación de Newton para el cuerpo estudiando será de la forma:

$\Sigma\vec{F} = m.\vec{a} = m.\vec{g} - E - fv$

$\Sigma\vec{F} = m.\vec{a} = m\vec{g} - V_{esf}.\delta_{líq.\vec{g}\ -\ 6.\pi.\eta.\vec{v}.R}$

Cómo la fuerza viscosa depende de la velocidad del cuerpo en caída, eventualmente dicho cuerpo alcanzará una velocidad tal que:

$m\vec{g} = V_{esf}.\delta_{líq.\vec{g}\ +\ 6.\pi.\eta.\vec{v}.R}$

Dicha velocidad se denomina velocidad límite, y podrá calcularse como:

$\vec{v}_f = \frac{2R^2.g(\delta_{esf}-\delta_{liq})}{9\eta}$ Ec. 1

Considerando que el volumen de una esfera se calcula como $V_{esf} = \frac{4}{3}\pi R^3$.

Método experimental:

Se llenó una probeta con una mezcla viscosa de detergente y agua, de densidad 1,1 g/cm^3.

En la misma se dejaron caer dos esferas de volumen y masa como se expresan en la Tabla 1:

	Masa (g)	Radio (cm)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
m1	011 ± 005	0142 ± 0002	00120 ± 00005	917 ± 419
m2	013 ± 005	0152 ± 0002	00147 ± 00006	834 ± 344

Table 1: Datos obtenidos para las masas utilizadas en esta experiencia.

La caída de las mismas fue filmada con un celular, y la filmación fue analizada a través del programa Tracker que permitió determinar la posición de la masa en función del tiempo de caída transcurrido. Así se pudo determinar la velocidad de las masas y la caída de la aceleración hasta llegar a la velocidad límite. A continuación se observa el dispositivo utilizado:

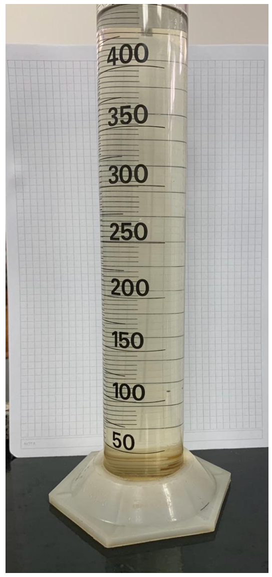

Figure 2: Dispositivo experimental utilizado para la experiencia.

Finalmente, se pudieron comparar los datos de velocidad obtenidos para verificar que se correspondieran con las condiciones teóricas y, utilizando los mismos, se obtuvieron valores para el coeficiente de viscosidad del líquido.

Resultados y discusión:

Del análisis del desplazamiento de las masas se obtuvieron gráficos de posición en función del tiempo, que se muestran en la Figura 3:

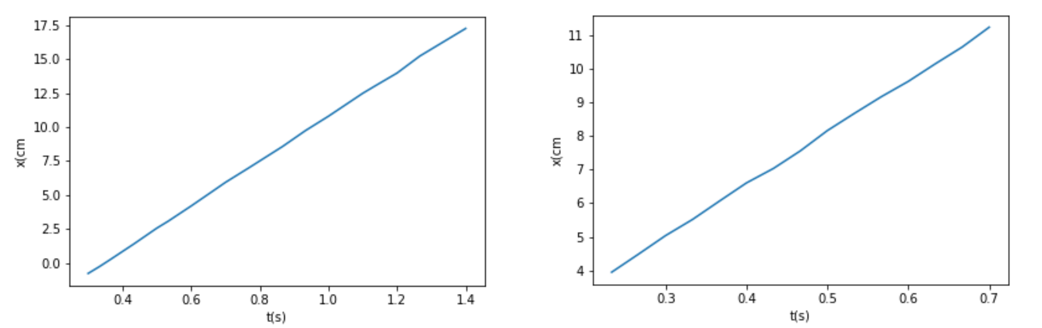

Figure 3: De izquierda a derecha, gráficos de posición en función del tiempo para las masas de 0,11 g y 0,13 g, respectivamente.

En los gráficos se observa la etapa final del movimiento, en la que no ya no actuaba ningún tipo de aceleración, razón por la cual se observa una recta correspondiente a las velocidades límite v1 y v2, despejadas a través de un ajuste lineal:

$v_1 = (15,505\ \pm 0,071)\ \frac{cm}{s}$

$v_2 = (16,490 \ \pm 0,045) \ \frac{cm}{s}$

Se observa que, debido a la Ec. 1, la velocidad límite para m1 (la masa más liviana y chica) es más baja que para m2 aun cuando su densidad es mayor.

Finalmente, se obtuvieron dos valores para el coeficiente de viscosidad al despejarlo de la Ec. 1 y propagando errores según la Ec. 2:$\Delta\eta^2 = \left(\frac{2Rg(\delta_c-\delta_l)\Delta r}{9v_f}\right)^2 + \left(\frac{2R^2(\delta_c-\delta_l)\Delta g}{9v_f}\right)^2 + \left(\frac{2R^2 g\Delta\delta_c}{9v_f}\right)^2 + \left(\frac{2R^2 g\Delta\delta_l}{9v_f}\right)^2 + \left(\frac{2R^2 g(\delta_c-\delta_l)\Delta v_f}{9v_f^2}\right)^2$ Ec.2

Siendo g = (979,68520 ± 0,00003) cm/s^2 y δ_l =(1,10 ± 0,02) g/ml se obtiene:

$\eta_1 = (2,29 \ \pm 1,19) \frac{g}{s \cdot cm}$

$\eta_2 = (2,36 \ \pm 1,05) \frac{g}{s \cdot cm}$

Dando así coeficientes de viscosidad con intervalos de error que se abarcan entre sí, demostrando que se llegó a un mismo valor con ambas masas, que se puede obtener por el promedio de los dos anteriores:

$\eta = (2,33 \ \pm 1,12) \frac{g}{s \cdot cm}$

Conclusiones:

Los valores obtenidos demuestran el cumplimiento de la Ec.1, bajo las condiciones necesarias para su validez. Además, teniendo en cuenta las diferentes masas y analizándolas por separado, se logró obtener un valor común para el coeficiente de viscosidad del líquido analizado. Sin embargo, es un resultado muy poco confiable por el alto error relativo obtenido para esta magnitud (cercano al 50%). Este desvío provino del cálculo de la densidad de las masas, en el que se tuvo que asumir que los cuerpos eran perfectamente esféricos y presentaban densidad uniforme.