

Viscosidad_g7

Mailén Petri¹, Liliana Álvarez¹, Víctor A. Bettachini², adrianlago80¹, agustinasilicaro¹, and melisacc.1999¹

¹19s F1Q L2

²DF, FCEyN, UBA

November 8, 2019

||

Viscosidad en fluidos

Resumen

En este informe se va a analizar un experimento de caída libre dentro de un fluido viscoso de tres esferas de diferentes radios. A las cuales se les calculo la velocidad limite, esperando que se mantenga la relación que se ve en la ecuación aprendida en la teórica. Sin embargo, esto solo se pudo determinar con dos esferas, y que una no era comparable con las otras debido a que era de otro material. Con las dos esferas que compartían densidad, se concluyó en que se mantuvo la relación esperada. Pero a la hora de calcular los coeficientes de viscosidad, los cuales deberían dar iguales debido a que se sumergen todas en el mismo fluido, el de B no dió como se esperaba. Y debido a esto no va a tener validez la conclusión previamente obtenida.

Introducción

En el siguiente trabajo practico se buscará trabajar en caída libre de un cuerpo en el seno de un fluido. Al moverse en un fluido viscoso un cuerpo siente tres fuerzas: peso, empuje, y una fuerza viscosa, que se opone al movimiento. Hay una velocidad, llamada velocidad límite, en la cual estas tres fuerzas se equilibran provocando que la aceleración sea nula. En este trabajo se determinará este parámetro para tres bolitas de radios y densidades diferentes y se buscará determinar el coeficiente de viscosidad del líquido a partir de estos datos.

Parte experimental

Para llevar a cabo el experimento se utilizaron bolitas de acero de diferentes tamaños y diferentes densidades, que se pesaron con una balanza y se midieron con un calibre. También se utilizo una probeta de 500 mL llena de un liquido desconocido con densidad de $1,1 \text{ g/cm}^3$, la cual se midió utilizando un densímetro. Para este valor se tomó el error como la mínima división del instrumento ($0,02 \text{ g/cm}^3$). No se lo dividió por dos ya que el menisco era muy pronunciado, lo que no permitía medir con mucha precisión.

En la siguiente figura se ve como se posiciono el instrumento. El sistema utilizado fue el cartesiano y se tomo como eje Y el paralelo a la probeta, haciéndolo coincidir con el movimiento de la bolita.

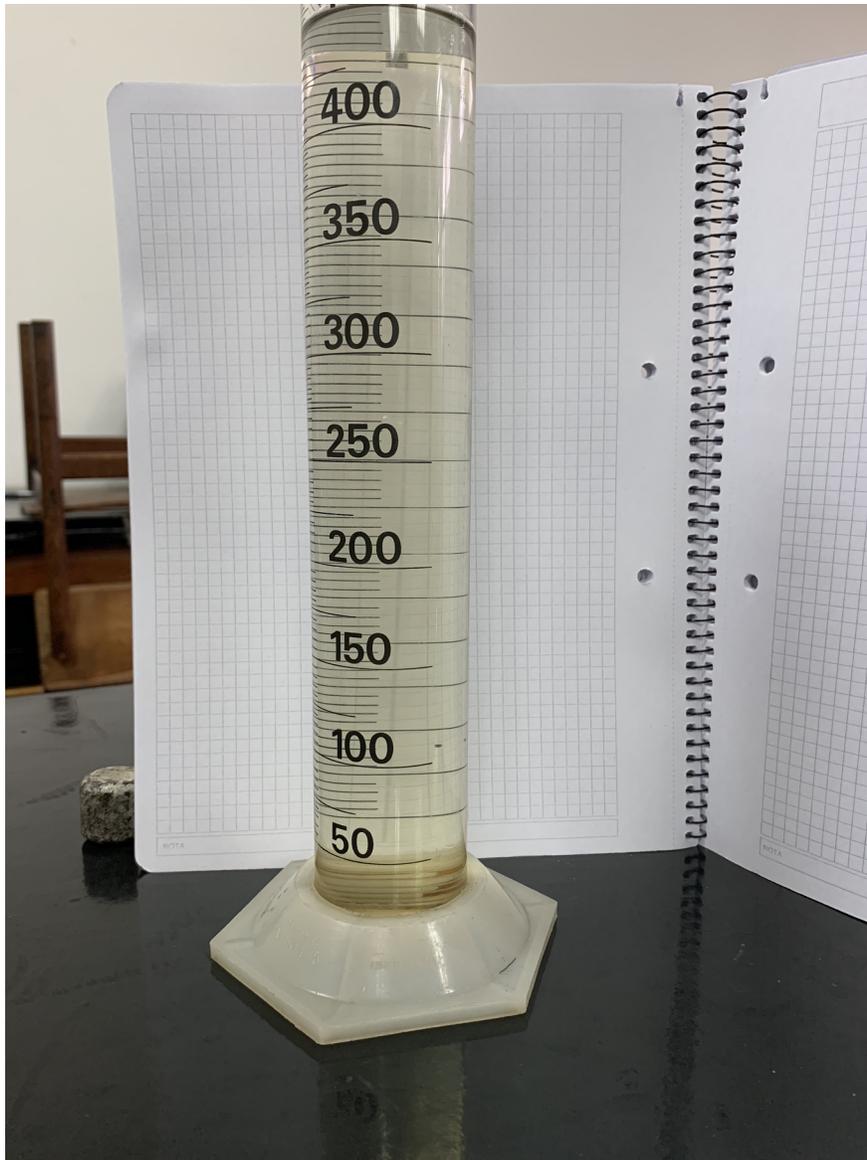


Figure 1: Instrumentos utilizados para realizar el experimento

En el líquido de la figura 1 se dejaron caer las bolitas de acero de diferentes tamaños y densidades, siguiendo su posición con el programa Tracker. Este permite obtener la posición de la bolita en función del tiempo, su velocidad y también su aceleración en cada eje. Entonces, se encontró la velocidad límite teniendo en cuenta que esta es la velocidad en la cual la aceleración se anula por compensación del peso de la bolita, el empuje del fluido y la fuerza viscosa máxima.

La densidad de cada esfera utilizada se encontró según la relación de su masa, medida con una balanza, y su volumen (v), calculado según su diámetro (d) medido con un calibre, ya que :

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

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^3$$

$$\epsilon_p = \sqrt{\left(-\frac{m}{V^2} \cdot \epsilon V\right)^2 + \left(\frac{1}{V} \cdot \epsilon m\right)^2} \quad \epsilon V = 4 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \epsilon r \quad \epsilon r = \frac{\epsilon d}{2}$$

Entre la velocidad límite ($v_{lím}$) de cada esfera y el coeficiente de viscosidad del líquido (η) existe la siguiente relación:

$$\eta = \frac{2 \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot g \cdot (\rho_{esf} - \rho_{liq})}{9 \cdot v_{lím}}$$

$$\epsilon \eta = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot \frac{d}{2} \cdot g \cdot \epsilon \rho (\rho_{esf} - \rho_{liq})}{9 \cdot v_{lím} \cdot \epsilon r}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot \frac{d}{2} \cdot g}{9 \cdot v_{lím} \cdot \epsilon \rho_{esf}}\right)^2 + \left(\frac{-2 \cdot \frac{d}{2} \cdot g}{9 \cdot v_{lím} \cdot \epsilon \rho_{liq}}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot \frac{d}{2} \cdot g \cdot (\rho_{esf} - \rho_{liq})}{9 \cdot v_{lím}^2 \cdot \epsilon v_{lím}}\right)^2}$$

donde ρ_{esf} y ρ_{liq} son las densidades de cada esfera y del fluido viscoso respectivamente, d es el diámetro de las esferas y r es su radio, g es la aceleración de la gravedad y ϵ son los errores asociados a cada magnitud.

Figuras y resultados

Todos los valores para las velocidades informados en este trabajo corresponden a módulos y sentidos de sus respectivos vectores en \vec{y} .

Para empezar, se dejó caer la bolita de mayor masa, la cual llamamos A.

El gráfico de posición en el eje y en función del tiempo de la bolita A es el siguiente:

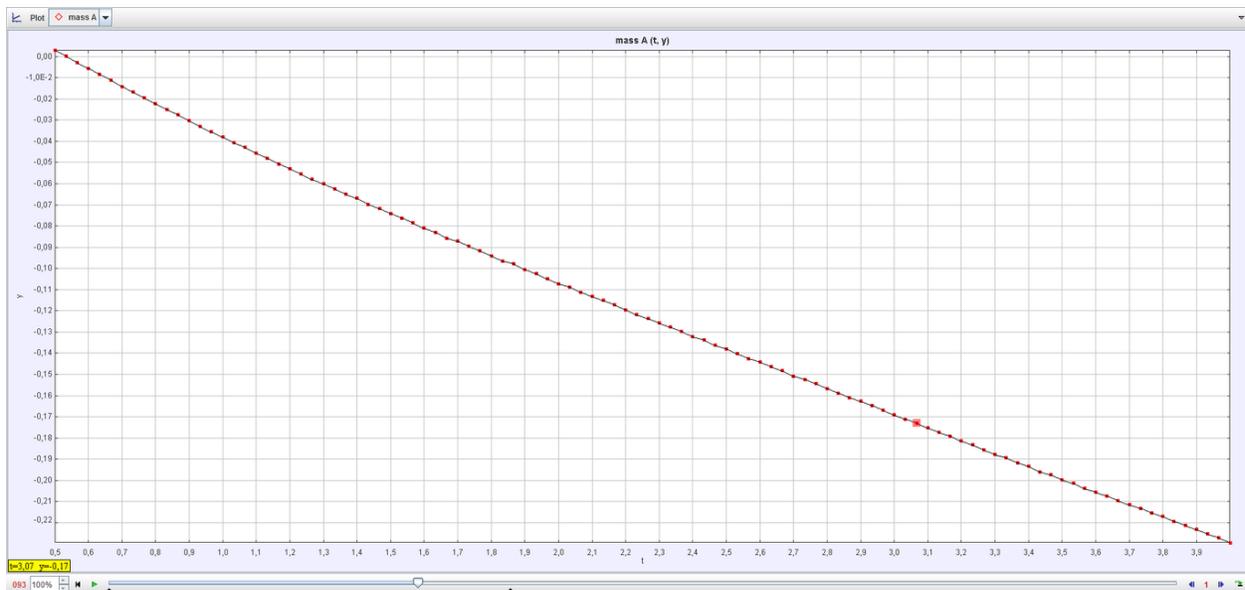


Figure 2: Posición en función del tiempo de la bolita A

Su gráfico de velocidad en y en función del tiempo es el siguiente:

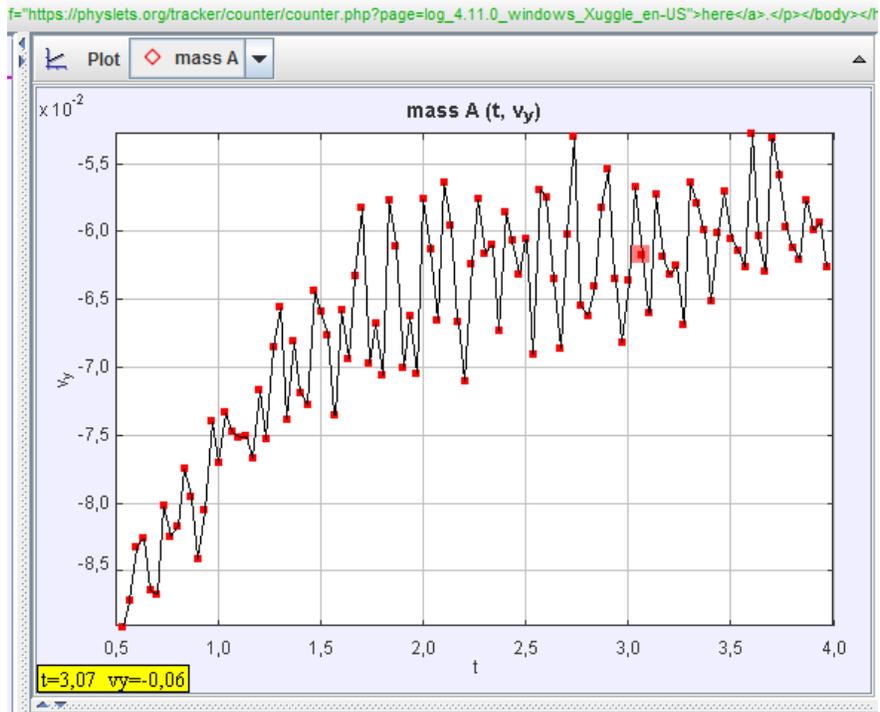


Figure 3: Velocidad en y en función del tiempo de la bolita A.

Como se puede ver en la figura 3, la velocidad de esta bolita tiende a hacerse constante a tiempos mayores, por lo que se estima que en ese momento se alcanzó su velocidad límite. Para encontrarla se realizó el promedio de las velocidades a tiempos mayores a 3 s.

Se prosiguió dejando caer la siguiente bolita que llamamos B.

Los gráficos de posición en el eje y en función del tiempo y de velocidad en el eje y en función del tiempo de la bolita B son los siguientes:

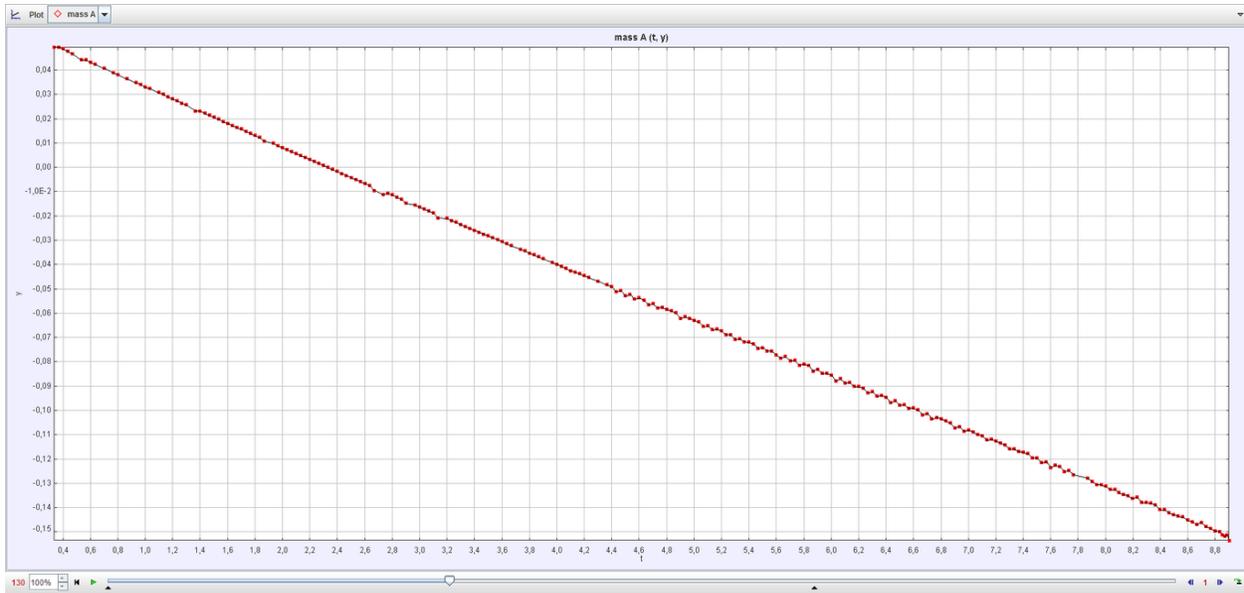


Figure 4: Posición en función del tiempo de la bolita B

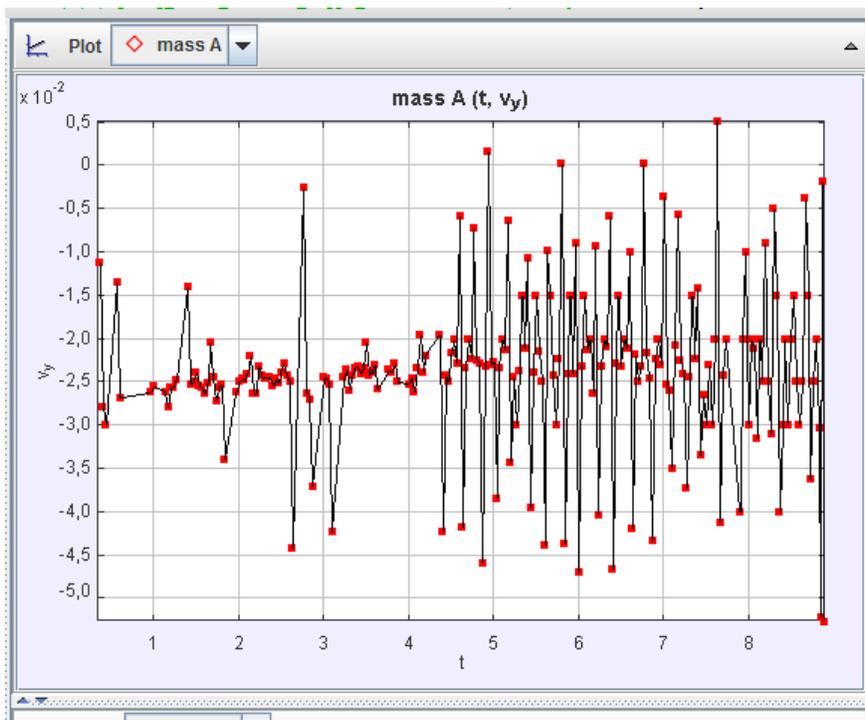


Figure 5: Velocidad en y en función del tiempo de la bolita B

Se puede ver que que la velocidad no tiene la misma forma que en el caso anterior, sino que ya es relativamente constante. Como la bolita B era menor de tamaño y masa que la A, tiene sentido que esta llegue a su velocidad

limite antes que la anterior (ya que su masa es menor), y se estima que llegó a esta casi instantáneamente. Entonces, su velocidad límite se encontró haciendo un promedio de todas las velocidades en el eje y .

Para finalizar, arrojamos la bolita de menos masa, la bolita C.

Nuevamente encontramos su gráfico de posición y velocidad en función del tiempo:

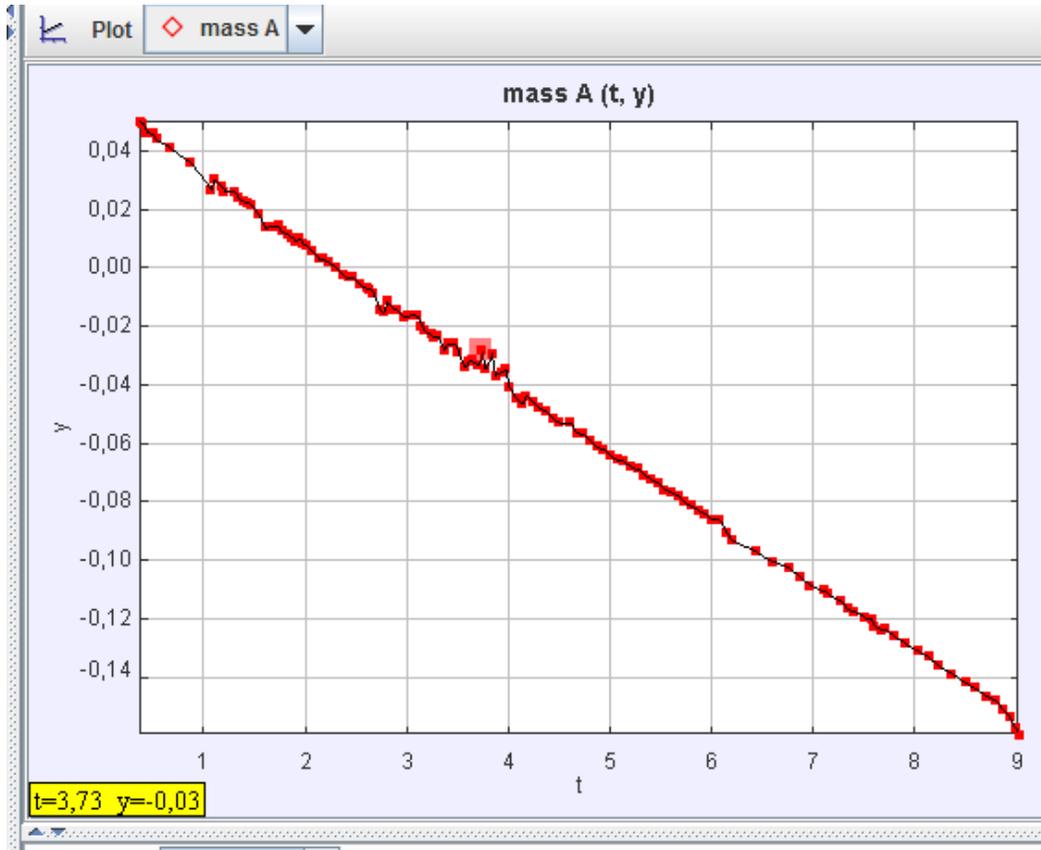


Figure 6: Posición en función del tiempo de la bolita C

Para encontrar la velocidad límite de la bolita C el programa no funcionó. Esto seguramente se deba a que la bolita era muy chiquita, por lo que el programa no podía identificarla correctamente en cada cuadro del vídeo y la identificación se realizó manualmente.

Como esta bolita era de densidad similar a la bolita B pero de menor radio, esperamos que su velocidad límite sea menor, por lo que podemos suponer que a partir de los 2,5 s ya llegó a esta velocidad. Entonces, para encontrarla se realizó un ajuste de las posiciones a mayores tiempos, y la pendiente de este ajuste corresponde a la velocidad, por ser la derivada de la posición.

En la tabla 1 se pueden ver todos los resultados encontrados.

Bolita	Diámetro (m)	Radio (m)	Masa (kg)	Velocidad límite (m/s)	Densidad (kg/m^3)	Error del diámetro (m)	Error del radio (m)	Error de la masa (kg)	Error de la velocidad límite (m/s)	Error de la densidad (kg/m^3)	Coefficiente de viscosidad (Poise)	Error del coeficiente de viscosidad (Poise)
A	0.01	0.0	0.0	-0.06	5405	0.0	5.0e-05	1.0e-05	0.0	134	18.1	0.7
B	0.01	0.0	0.0	-0.02	7945	0.0	5.0e-05	1.0e-05	0.01	284	38.8	1.8
C	0.0	0.0	0.0	-0.02	7576	0.0	5.0e-05	1.0e-05	0.0	683	15.7	1.8

Table 1: Resultados de los experimentos realizados.

Se multiplicó los valores encontrados para el coeficiente de viscosidad y su error con unidades del Sistema Internacional de unidades por 10 para expresarlos en Poise.

Conclusión

Al obtener las densidades de las esferas vemos que las de B y C son similares por lo que asumimos que estas son del mismo material, entonces se pueden realizar conclusiones comparando una con otra. Pero esto no sucede con A, su densidad dio muy diferente a las otras, por lo que esta última no será analizada en cuanto a la relación velocidad límite-radio.

Lo que se esperaba ver era que a mayor radio, mayor velocidad límite como se observa en la ecuación del coeficiente de viscosidad, que relaciona las velocidades límites con los radios. Cuando comparamos B y C notamos que esta tendencia se cumple ya que en B da levemente mayor la velocidad, y su radio era mayor. Igualmente, se esperaba que la diferencia de velocidades sea mayor.

Por otro lado, los η se pueden calcular en los tres casos, independientemente de las densidades de cada bolita, y esperamos que sean iguales ya que todas las bolitas fueron sumergidas en el mismo fluido. Los valores del coeficiente de viscosidad encontrados a partir de los experimentos con las bolitas A y C coinciden, pero esto no ocurre con el valor encontrado con la bolita B. Entonces, concluimos que hubo errores experimentales al momento de medir la velocidad límite de la bolita B. Eso indica que la comparación entre velocidades y radios de B y C no va a ser tan representativa como se esperaba, aunque se haya cumplido la tendencia.