Viscosidad_g5

micaelapugliese.1997[1], juanpablolevin[1], Víctor A. Bettachini[2], Liliana Álvarez[1], and adrianlago80[1]

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

November 8, 2019

OBJETIVOS

* Describir el movimiento vertical de una esfera de masa m y de radio R, en el seno de un fluido viscoso, en régimen laminar mediante el programa Tracker.

* Determinar el coeficiente de viscosidad del fluido viscoso empleado en la practica.

RESUMEN

En el presente informe, se estudio el movimiento vertical de una esfera en el seno de un fluido viscoso, mediante el uso del programa Tracker, el cual permitio detectar la posicion de la esfera en funcion del tiempo de forma automatica, tal como se puede observar en la Fig. 5. Para realizar la experiencia se empleo el equipo que se puede observar en la Figura 4. Los datos obtenidos se procesaron en el programa Python, y a partir de ellos se obtuvieron los graficos 2y 3que permitieron determinar la velocidad limite de la esfera V= 0,375 m/s +- 0,002 m/s , y a partir de este valor se determino el coeficiente de viscosidad del fluido η= 0,994 $\pm$ 0,004 Pa.s, mediante las ecuaciones 7 y 8.

INTRODUCCIÓN

Cuando un cuerpo de cae libremente en un fluido viscoso se mueve bajo la acción de las siguientes fuerzas: peso, empuje y, una fuerza de rozamiento o fuerza viscosa que es proporcional a la velocidad de la esfera bajo la suposición de que el flujo se mantiene en régimen laminar.

A continuación se puede observar el diagrama de cuerpo libre de la esfera cuando se halla en el seno del líquido viscoso.

Figure 1: Diagrama de cuerpo libre de la esfera.

El peso es el producto de la masa por la aceleración de la gravedad g. La masa es el producto de la densidad del material $\rho\epsilon$ por el volumen de la esfera de radio R.

$$mg = r_e \frac{4}{3}\pi R^3 g \qquad (1)$$

De acuerdo con el principio de Arquímedes, el empuje es igual al producto de la densidad del fluido $\rho\varphi$, por el volumen del cuerpo sumergido y por la aceleración de la gravedad.

$E = r_f \frac{4}{3}\pi R^3 g$ (2)

La fuerza de rozamiento es proporcional a la velocidad y su expresión se denomina ley de Stokes

$Fr = 6\pi hRV$ (3)

Donde η es el coeficiente de viscocidad del fluido y V es la velocidad de la esfera.

La ecuación del movimiento será, por tanto,

$ma = mg - E - Fr$ (4)

La velocidad límite, se alcanzará cuando la aceleración sea cero, es decir, cuando la resultante de las fuerzas que actúan sobre la esfera sea cero.

$mg - E = Fr$ (5)

Reemplazando la ecuación (3) en la ecuación (5) se puede despejar la velocidad límite V_L

$V_L = \frac{2g(r_e - r_f)R^2}{}$

greek9 (6)

FIGURAS Y RESULTADOS

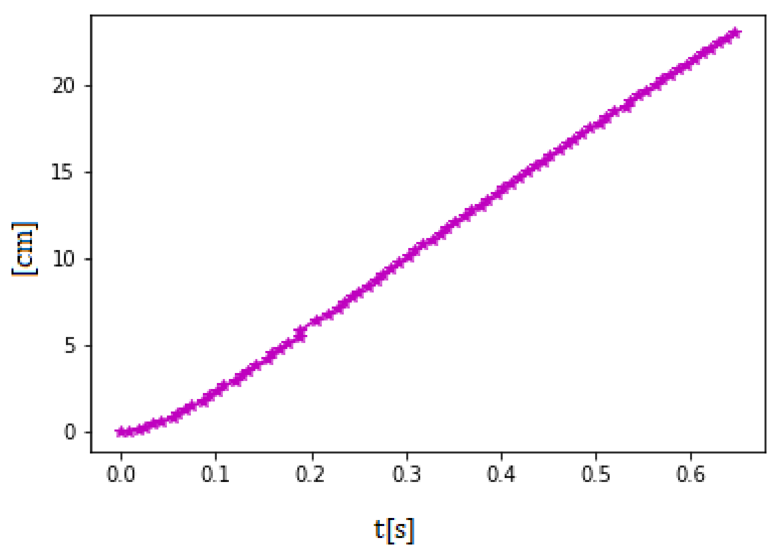

Figure 2: Posición de la esfera en función del tiempo

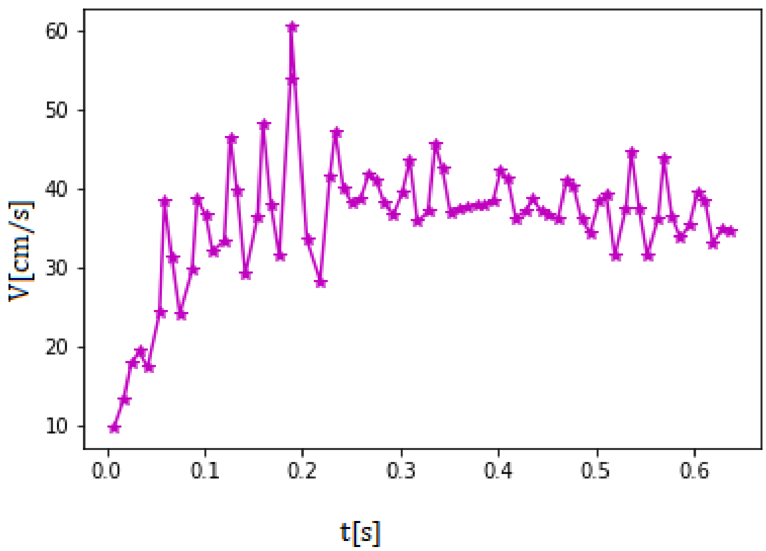

Figure 3: Velocidad de la esfera en función del tiempo

Como puede observarse en el gráfico presente en la Fig. 2 la posición de la esfera a instantes iniciales no presentó una dependencia lineal en función del tiempo, sin embargo, a distancias mayores se pudo observar una dependencia lineal. Esta observación también se puede ver en el gráfico presente en la Fig. 3, en el cual a instantes iniciales la velocidad de la esfera aumenta hasta un cierto valor hasta aproximadamente t: 0,3 s y luego permanece dentro de un intervalo acotado de valores, alcanzando su velocidad límite. Para determinar la misma se optó por utilizar el gráfico presente en la Fig. 2, se realizó un ajuste lineal sobre los puntos a t> 0,3 s mediante el programa Python y se calculó el valor de la pendiente, puesto que el gráfico es de posición en función del tiempo, su derivada, es decir la pendiente de la recta, representa la velocidad limite de la esfera.

Pendiente: 37,539351606544734 cm/s

Error de la pendiente: 0,10090987457867633 cm/s

$\mathbf{V_L = 0{,}375\ m/s \pm 0{,}002\ m/s}$

Reordenando la ecuación 6, se tiene entonces:

$h = \frac{2g(r_e - r_f)R^2}{}$

english9V$_L$ (7)

La velocidad límite es dato, la densidad del fluido se calculó con un densímetro, el radio de la esfera es equivalente a la mitad del diámetro (D) de la esfera, el cual se determinó mediante un calibre, finalmente la densidad de la esfera se calculó mediante la relación entre su masa (m_e) y volumen.

$r_f = 1096 \ \frac{kg}{m^3} \ \pm \ 2\frac{kg}{m^3}$

$r_e = \frac{masa_e}{volumen_e} = 7950 \ \frac{kg}{m^3} \ \pm 19,1\frac{kg}{m^3}$

Con los valores antes presentados y la ecuación 7 fue posible calcular el coeficiente de viscocidad del fluido sabiendo que su incerteza esta dada por

$$dh = \sqrt{\left(\frac{4gR(r_e-r_f)}{9V_L}xdR\right)^2 + \left(\frac{2R^2(r_e-r_f)}{9V_L}xdg\right)^2 + \left(\frac{-2gR^2(r_e-r_f)}{9V_L^2}xdV_L\right)^2 + \left(\frac{2gR^2}{9V_L}xdr_e\right)^2 + \left(\frac{-2gR^2}{9V_L}xdr_f\right)^2} \quad (8)$$

Finalmente, el valor obtenido para η es:

$h = 0,994 \pm 0,004 \ Pa.s$

EQUIPO UTILIZADO

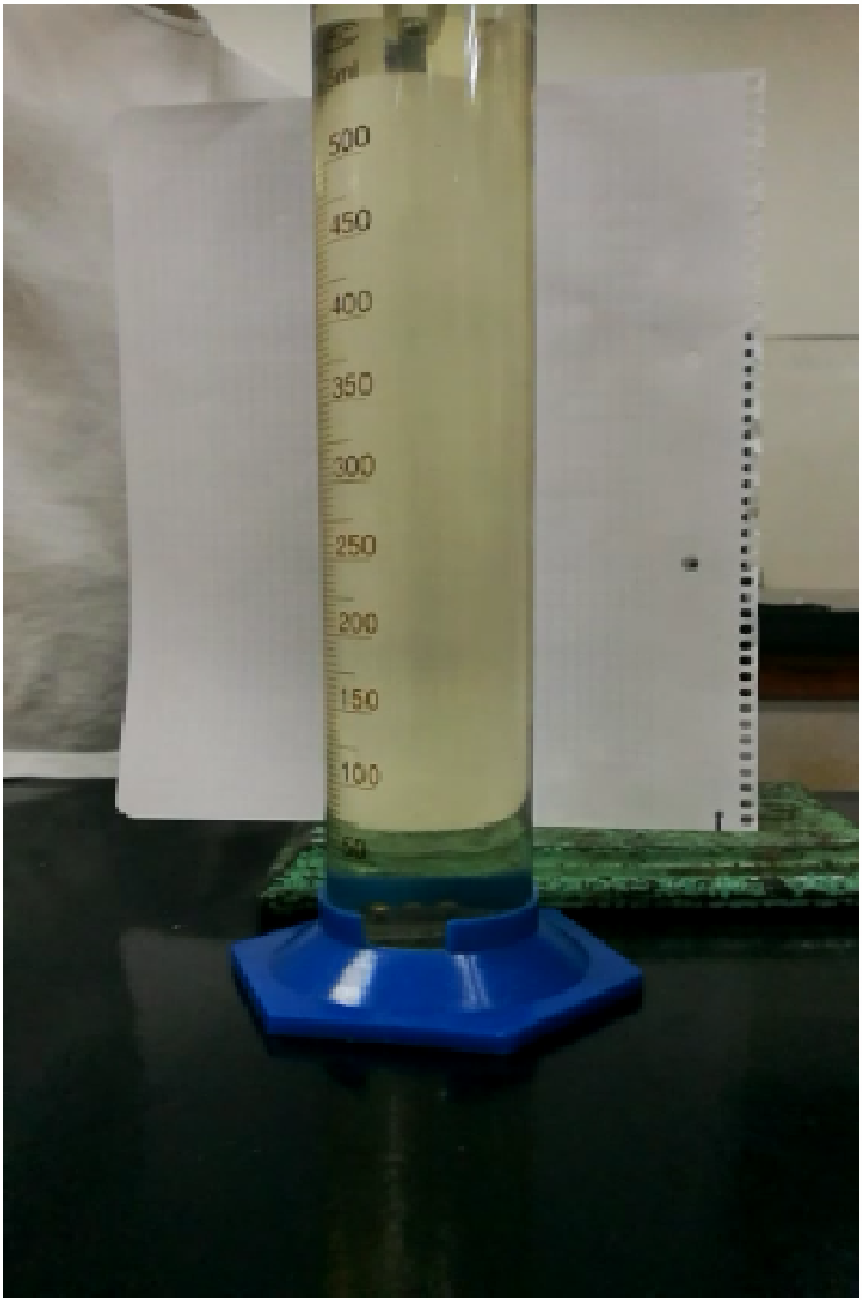

Figure 4: Equipo usado para medir la velocidad de una esfera de metal que cae en un líquido viscoso

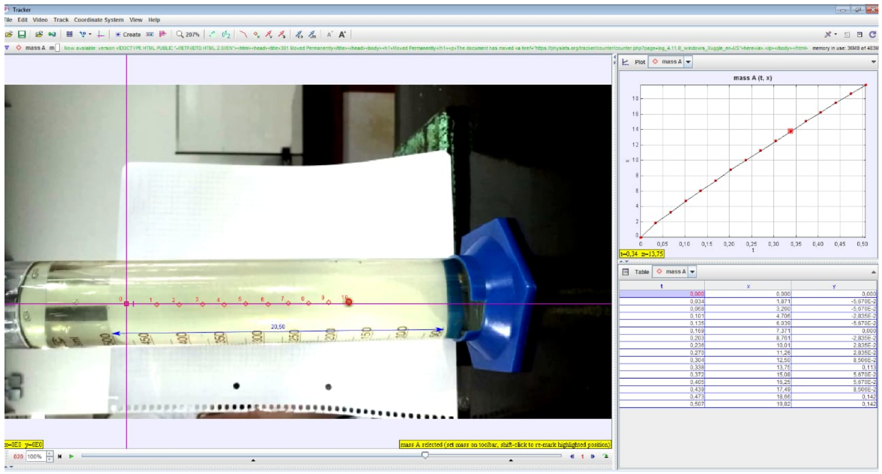

Figure 5: Captura de pantalla del programa Tracker tomada una vez medida la velocidad de la esfera

Para realizar el trabajo práctico se utilizó el equipo expuesto en la Fig. 4 el cual consistió en una probeta llena de un fluido viscoso, esferas de metal de distinto radio, una pinza plástica, y una cámara para filmar el movimiento de la esfera al ser lanzada por el extremo superior de la probeta. Posteriormente, se utilizaron los videos con el objetivo de determinar la velocidad limite de la esfera mediante el programa Tracker, Fig. 5, para ello se debió previamente tomar una medida de referencia para calibrar el programa. Se utilizó la altura de la probeta desde la graduación de 50 ml hasta 500 ml, la cual dio un valor de 20,5 cm y se empleó como magnitud patrón. A su vez, se utilizaron filtros y ajustes de imagen, tales como brillo y saturación, con el objetivo de facilitar la detección de la esfera.

Posteriormente se acotó un intervalo de tiempo del vídeo para capturar el instante posterior en que la esfera es arrojada al fluido, y el instante anterior al que la esfera choca con la base de la probeta, se insertaron los ejes de referencia, posicionando al origen en la posición donde comienza a moverse la esfera dentro del fluido, y luego se insertó la medida de referencia, finalmente se dio comienzo a la detección automática de la posición del objeto en función del tiempo.

Por otra parte, se debieron realizar otras mediciones para determinar las densidades de la esfera y el fluido, para ello se empleó un calibre y un densimetro respectivamente. En el primer caso, se midió el diámetro de la esfera, para calcular su volumen y una balanza para calcular su masa, en el segundo caso se añadió el densimetro en el fluido contenido en la probeta y se lo dejó en libertad hasta que alcanzó el equilibrio, posteriormente se leyó el valor que se encontraba a la altura del líquido, el cual correspondió a la densidad del fluido.

CONCLUSIÓN

Se logró medir la velocidad límite de un cuerpo que cae en un fluido y calcular el coeficiente de viscocidad de este. Sin embargo, según lo que se explicó en la introducción, se esperaría que la velocidad tienda asintóticamente al valor de la velocidad límite y pueda considerarse constante una vez que la haya aproximado lo suficiente, pero como se ve en la figura 3, esto no ocurre, y la velocidad parece oscilar en un pequeño intervalo alrededor de la velocidad límite, lo que parece existe algún efecto que no se consideró cuando se realizaron las operaciones descriptas.