

# EXPERIMENTOS SIMPLES PARA ESTUDIAR EL COMPORTAMIENTO DE LIQUIDOS EN MOVIMIENTO.

## SIMPLE EXPERIMENTS TO STUDY THE BEHAVIOR OF LIQUIDS IN MOTION.

**R.T. Mainardi**

Facultad de Matemática Astronomía y Física (FaMAF) - Universidad Nacional de Córdoba – CONICET  
Ciudad Universitaria – X5011OAJ -Córdoba - Argentina  
e-mail: [mainardi@famaf.unc.edu.ar](mailto:mainardi@famaf.unc.edu.ar)

A los efectos de mostrar el comportamiento de fluidos en movimiento, en este caso aceite y agua, se diseñaron dos experimentos, contruidos con componentes simples. Para ambos experimentos usamos botellas de gaseosas de forma cilíndrica una con un tubo introducido al costado y abajo y otra con un simple orificio en el mismo lugar que en el caso anterior.

Palabras Claves: Fluidos, viscosidad.

In order to show the behaviour of fluids in motion, in this case oil and water, two experiments were designed and built with simple components. In both experiments we used cylindrical soda bottles, one with a tube introduced at its lower side and the other with a small hole in the same place than in the previous case

Key Word: Fluids, viscosity.

### I. INTRODUCCIÓN

Los estudiantes para los que se pensó estos experimentos, conocían de la existencia del viscosímetro de Ostwald y sobre la ley de Pousielle que regula el flujo de un líquido viscoso por un tubo bajo una presión aplicada. El primer experimento que diseñamos consiste de un envase de gaseosa de 2,25 litros, al que previamente le practicamos un orificio de unos 4mm de diámetro en la zona más baja, donde el envase deja de tener esa forma, y le insertamos un tubo de longitud  $l$ . (Ver Fig 1). Para medir el volumen del líquido le adosamos una regla milimetrada al costado del envase. La ley de Pousielle<sup>(1)</sup> establece que el volumen de líquido de viscosidad  $\eta$  que fluye por unidad de tiempo por un tubo de radio interno  $R$  y longitud  $l$ , bajo una diferencia de presión  $p_1 - p_2$  entre sus extremos viene dado por:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\pi R^4}{8\eta l} (p_1 - p_2) \quad (1)$$

Como la diferencia de presión está causada por la columna líquida de altura  $h$ , luego  $p_1 - p_2 = \rho g h$ , y la ecuación 1 se puede reescribir como:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\pi R^4 \rho g}{8\eta l} h \quad (2)$$

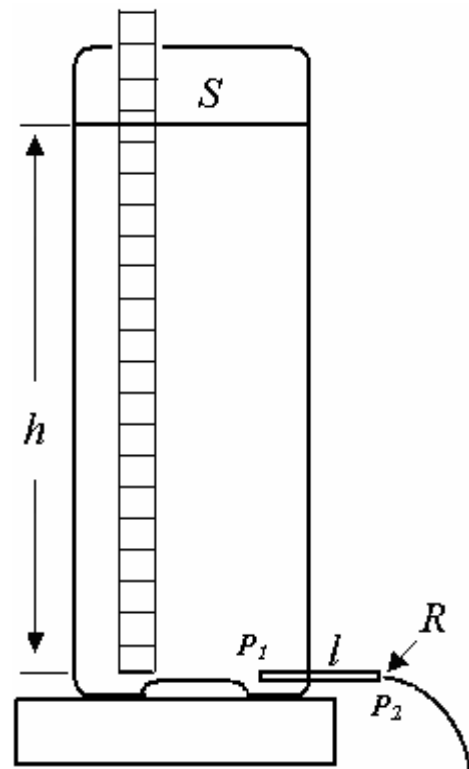


Figura 1. Esquema del dispositivo experimental utilizado para verificar el comportamiento de líquidos en movimiento.

Si el área transversal de la botella es  $S$  y es constante, el volumen del líquido será  $V(t) = V = Sh$  y entonces la ecuación 2 se reescribe como:

$$-\frac{\Delta V}{\Delta t} = \left( \frac{\pi R^4 \rho g}{8\eta l S} \right) V \quad (3)$$

El signo menos introducido al pasar de la ecuación 2 a la 3 es debido a que el volumen del líquido decrece con el tiempo.

La ecuación 3 tiene la forma  $\Delta V/\Delta t = -\lambda V$ , en la que el factor “ $\lambda$ ” es una constante que depende del tamaño del tubo, de la viscosidad y densidad del líquido y del área transversal del envase. La integral de la ecuación 3 nos da:

$$\ln(V_0 / V) = -\lambda \cdot (t - t_0) \quad (4)$$

Se realizaron experimentos con el envase de gaseosa y un trozo de un tubo de plástico, de los que traen en su interior los envases de rociadores, de 3mm de diámetro. Utilizando agua, no se obtuvieron resultados acordes a lo predicho por la ecuación 4, pero con aceite se obtuvieron los resultados mostrados en la Fig. 2. Siendo que el gráfico es log-lineal, es una línea recta de pendiente negativa.

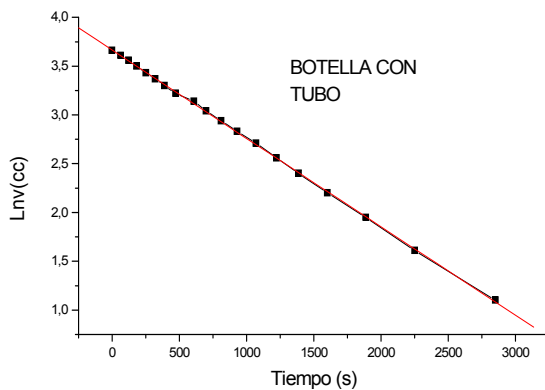


Figura 2. Resultados del primer experimento en el que el aceite se comporta como un líquido viscoso.

El segundo experimento está basado en un ejercicio<sup>(2)</sup>, en el que se calcula la velocidad con la que sale el agua de un tanque que ha sido perforado por un balazo disparado por un bandido. El ejemplo pareció lo suficientemente interesante como para intentar verificarlo con el mismo arreglo experimental, esto es la botella cilíndrica, habiendo removido el tubo de salida. El resultado del mencionado ejercicio es que la velocidad del agua en el orificio es  $v = (2gh)^{1/2}$ , donde  $h$  es, como en el experimento anterior, la altura del nivel de agua. Como se puede ver, esta velocidad es igual a la de un objeto en caída libre recorriendo la misma altura. El ejercicio es resuelto suponiendo que el agua se comporta como un fluido ideal y que por lo tanto se pueden usar las ecuaciones de Bernoulli. ¿Qué deberíamos esperar para la variación del volumen total de agua en el tanque en función del tiempo?. Supongamos que el orificio de salida del agua tiene área “ $s$ ”. Luego el volumen de agua que sale por unidad de tiempo es:

$$\frac{-dV}{dt} = v \cdot s$$

El signo menos es introducido para tener en cuenta que el volumen total del líquido disminuye con el tiempo. Utilizando para la velocidad de salida el resultado  $v = (2gh)^{1/2}$  podemos escribir:

$$-\frac{S \cdot dh}{dt} = (2gh)^{1/2} \cdot s$$

o en términos de la altura  $h$

$$-\frac{dh}{h^{1/2}} = \frac{(2g)^{1/2} \cdot s}{S} \cdot dt$$

ecuación que puede ser fácilmente integrada para obtener:

$$(h)^{1/2} - (h_0)^{1/2} = -\frac{(2g)^{1/2}}{S} \cdot s \cdot (t - t_0)$$

y que en términos del volumen  $V$  tiene la forma:

$$(V)^{1/2} - (V_0)^{1/2} = -\left(\frac{2g}{S}\right)^{1/2} \cdot s \cdot (t - t_0) \quad (5)$$

La Fig. 3 muestra los datos de un experimento con el orificio de 4mm. La escala vertical es la raíz cuadrada del volumen versus el tiempo y es una recta como predice la ecuación (5).

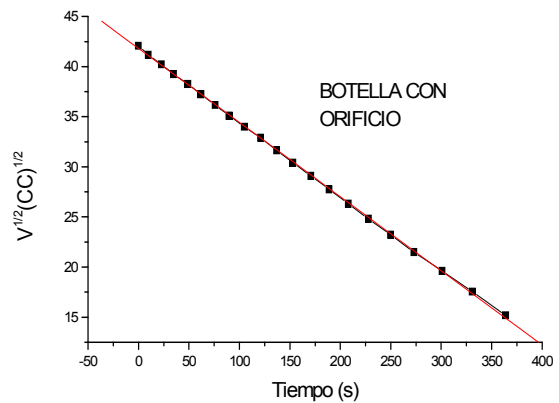


Figura 3. Resultado del segundo experimento en el que el agua se comporta como un líquido ideal.

### Conclusiones.

Dos interesantes ejercicios, que también se prestan a una fácil verificación experimental, se desarrollaron para ilustrar de una manera llamativa (no se intuía la forma funcional de las ecuaciones 4 y 5) el comportamiento de un fluidos en un caso en que la viscosidad es importante y en otro caso en el que el fluido se comporta como ideal.

No ha sido el objetivo de este trabajo, desarrollar procedimientos de medición de la viscosidad, porque existen ya instrumentos adecuados para ello. El hecho de que un parámetro (el volumen) dependa exponencialmente con el tiempo se lo consideró importante, ya que los alumnos pensaban que dicha dependencia estaba reservada a procesos atómicos o nucleares, y no a procesos de la física macroscópica.

### Referencias

1. D. M. Burns and S. G. G. Macdonald. Physics for Biology and Pre-Medical Students. Adisson-Wesley Pub. Co. London(1970), Pg 198.
2. D. Haliday, R. Resnick and J. Walker Fundamentals of Physics. John Wiley and Sons. (New York, 1997). Pag. 363