

HALLAZGO DE UN FENÓMENO DE SEGUNDO ORDEN DEPENDIENTE DE LA PRESION, EN EL FLUJO DE UN FLUIDO LAMINAR

THE FINDING OF A PRESSURE DEPENDENT SECOND ORDER EFFECT IN A LAMINAR FLUID FLUX

Delfin Moronta*, César Leal y Levi García

Escuela de Física. Facultad de Ciencias, UCV. Caracas, Venezuela.

*e-mail: dmoronta@fisica.ciens.ucv.ve

Resumen

Se estudia la distancia entre gotas de agua que caen libremente desde un depósito de 315cm^2 . Al disminuir el volumen del agua en el depósito, la presión disminuirá y la distancia entre gotas debe aumentar proporcionalmente con ella. Al utilizar un detector muy sensible al paso de las gotas, se encontró que sobrepuesta a la mencionada correlación, existe otro efecto no lineal que mostramos se debe a la interacción entre la superficie del líquido y las paredes del recipiente. Para probarlo, se muestra dos experimentos en que se varía la naturaleza de las paredes y se mantiene el resultado.

Palabras clave: Slip-stick, goteo, menisco.

Abstract

It is studied the elapsed time between water drops falling freely from a 315 cm^2 deposit. When the water volume diminishes, the pressure diminishes and the distance between drops will be proportionally larger. When a very sensitive drop detector is used, it was found that overlapped to the expected correlation; there is a non-linear effect that we show is due to the interaction between the surface of the water and the deposit surface. To prove it, it is shown two experiments in which the nature of the walls is changed but the results remain valid.

Key words: Slip-stick, falling drops, meniscus.

Introducción:

En investigaciones anteriores se llevó a cabo el diseño y construcción de un sistema electrónico-computacional (Leal, 2006) que permite investigar la interfase líquido-sólido en un estado dinámico. El estudio en cuestión se realiza dejando fluir un volumen de un líquido que está en un depósito de aproximadamente 2 litros de capacidad, por unas mangueras flexibles (5mm de diámetro) que lo llevan al interior de un tubo de vidrio con un diámetro interno de 1mm y un largo de 75mm. El fluido se deja gotear libremente al final del tubo y se mide distancia entre gotas, así como el diámetro de las mismas. Una variación de esos parámetros indicará una variación en el flujo.

Los resultados obtenidos apoyaron la hipótesis de la existencia de capas límites ordenadas sobre el vidrio, que era la finalidad inicial de la investigación (Moronta, 2002). Sin embargo, gracias a la resolución del sistema instrumental desarrollado, se obtuvo la evidencia de un fenómeno no lineal superpuesto al estudiado. Este consiste en lo siguiente: a medida que caen las gotas del fluido, baja uniformemente el nivel a que se encuentra la superficie del volumen del líquido en el depósito; con ello disminuye proporcionalmente la presión en el tubo. A menor presión, el flujo es menor y el espaciado entre las gotas se debe hacer mayor. Se observa sobrepuesta al comportamiento esperado, una variación no lineal y periódica, que mostraremos a continuación.

Parte experimental:

En la figura 1 se muestra un esquema del instrumento empleado (Leal, 2006). La altura relativa entre la superficie del agua bidestilada y el final del tubo de vidrio se puede variar para tener distintos valores del gradiente de presiones, con lo cual se obtiene diferentes espaciados iniciales de las gotas. Un sub-sistema electrónico-computacional se dispuso para la medida del espaciado entre gotas en unidades de tiempo. Para cada uno de los experimentos que mostramos, se dejaron caer trenes de 1000 gotas de agua bidestilada, luego de haber dejado drenar el fluido durante dos minutos para que se estabilizara el flujo. En la figura 2 se muestra el resultado descrito usando un depósito de polímero. Se puede observar que a medida que disminuye la altura h entre la superficie y el final del tubo, el

tiempo entre gotas disminuye de forma inversamente proporcional como es de esperarse, así como los escalones superpuestos. En el inserto de esta gráfica mostramos la dispersión de las medidas usando seis sensores, con lo cual se muestra que el fenómeno bajo estudio está bien fuera de los posibles errores de medición ($\pm 1.5 \cdot 10^{-4}$ seg). También se observa que los escalones no son planos sino que luego de determinado valor, hay una disminución del tiempo entre gotas, para luego volver a aumentar. Como nuestra investigación inicial se centraba sobre el comportamiento de las capas límites en el tubo de vidrio, se repitió el experimento para varias longitudes del tubo.

Suponiendo que el fenómeno se originaba en el depósito del fluido, se cambió el de polímero por otro de vidrio de 157 cm^2 . Manteniendo en lo posible las condiciones del experimento mencionado antes, se obtuvo el resultado de la figura 3. El fenómeno se vuelve a repetir con la diferencia que ahora en número de escalones es mayor. Nuestro siguiente paso consistió en cubrir la superficie de vidrio del depósito con papel bond 20 para impresoras, de manera de tener una superficie totalmente distinta. El resultado se puede ver en la figura 4.

Discusión:

En un principio, se oriento la búsqueda de la explicación de la aparición de los escalones, a posibles variaciones en el flujo del fluido en el interior del tubo de vidrio. A medida que se acorte el tubo, se debía obtener mas escalones por haber menos fricción entre el fluido y el interior del tubo, pero cada vez mas atenuados. Se descartó esta hipótesis por no haberse obtenido escalones atenuados.

La segunda hipótesis plausible es que en el depósito del líquido, la superficie del mismo forme un gran menisco que se une a las paredes. Al drenarse, el volumen disminuirá y debería dicho menisco deslizarse uniformemente al bajar la altura del agua. Como hay una gran cohesión entre las moléculas de agua con las de la superficie sólida, lo que se espera entonces es que la concavidad del menisco aumente, lo cual genera fuerzas sobre la unión líquido-sólido-aire, tangentes al menisco. Cuando estas fuerzas sobrepasan a la magnitud de las fuerzas de adhesión, el menisco se desliza hasta una nueva

posición de equilibrio y comienza de nuevo el ciclo. Durante el deslizamiento, el goteo es más rápido, y explica el descenso inicial en los escalones, como se mostró en el inserto de la figura 2.

Al cambiar el área de la superficie del líquido con un envase menor, se espera que para iguales gradientes de presión de inicio, el recipiente se vacía mas rápido y se obliga al menisco a deslizarse mas rápido y por tanto, debe haber mas escalones, si la hipótesis propuesta es correcta. Como se muestra en la figura 3, esta situación se cumple. Finalmente, como mostramos en la figura 4, el haber cambiado el tipo de equilibrio de fuerzas entre el menisco y la superficie con la interacción agua-papel en vez de agua-vidrio, ayuda a reforzar nuestra apreciación. Nótese que hay un escalón mas cuando se recubre el vidrio con papel porque las fuerzas entre las moléculas de agua y el papel son menores. En el papel no se forman dipolos inducidos que ayuden a la adherencia, tal como ocurre en la interfase liquido-vidrio (Moronta, 2002)

Conclusiones:

Según los experimentos realizados, podemos concluir que hemos visualizado el efecto denominado stick-slip-jump (P.G. De Gennes, 1997), en la interfase liquido-sólido-gas para el menisco formado entre la superficie sólida del contenedor y el fluido.

Bibliografía:

Leal, Cesar. (2006). “Desarrollo de un montaje experimental para medir la velocidad del flujo y tamaño de gotas de soluciones iónicas a la salida de un tubo de vidrio, para comprobar las hipótesis de formación de capas límites” (Tesis de Licenciatura en Física, Escuela de Física, Facultad de Ciencias, UCV. Caracas, Venezuela).

Moronta, D. (2002). “Método por absorción de microondas para la detección de capas límites en soluciones iónicas, y proposición de una estructura magnética estable, cuasi-líquida, de dos niveles” (Trabajo de Ascenso para Titular. Escuela de Física, Facultad de Ciencias. UCV).

P.-G. de Gennes 1997 “Forced wetting by a reactive fluid” *Europhys. Lett.* **39** 407-412

Figuras y leyendas de las figuras

Figura 1:

Se muestra el depósito de fluido con el mecanismo para incrementar la altura relativa entre la superficie y el tubo de vidrio. Se esquematiza el conjunto electrónico-computacional para la medida de los tiempos entre gotas.

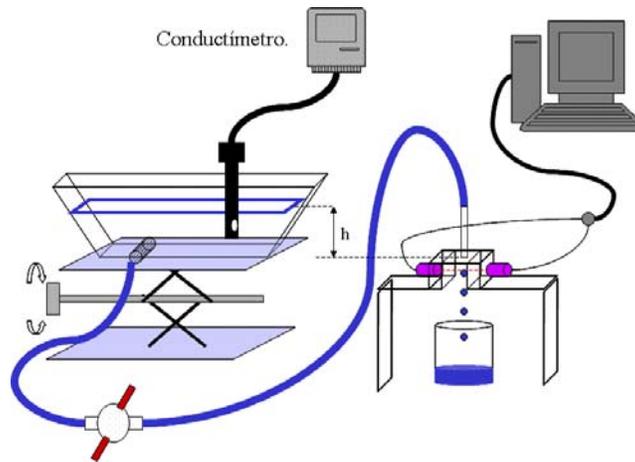


Figura 2. Se muestra los resultados para un tren de 1000 gotas con el envase de polímero de 315 cm², en el que se obtuvo tres escalones. En el inserto se muestra el error por dispersión de las medidas de 0,0003 seg. y el corrimiento hacia abajo cuando se corre el menisco.

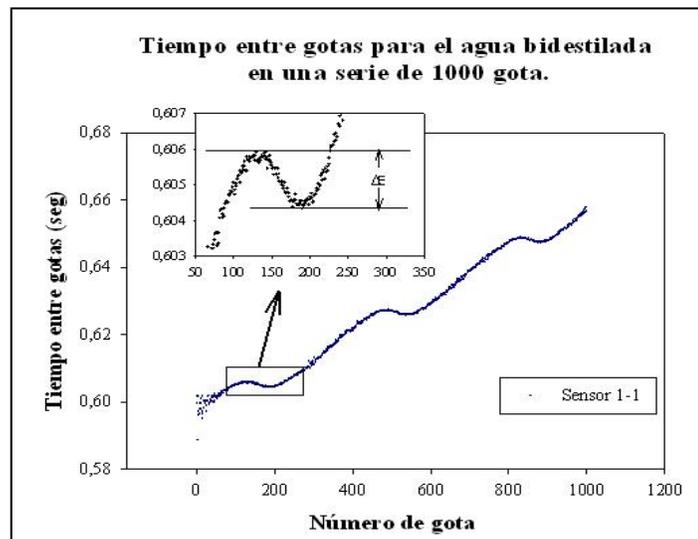


Figura 3. Se han producido seis escalones.

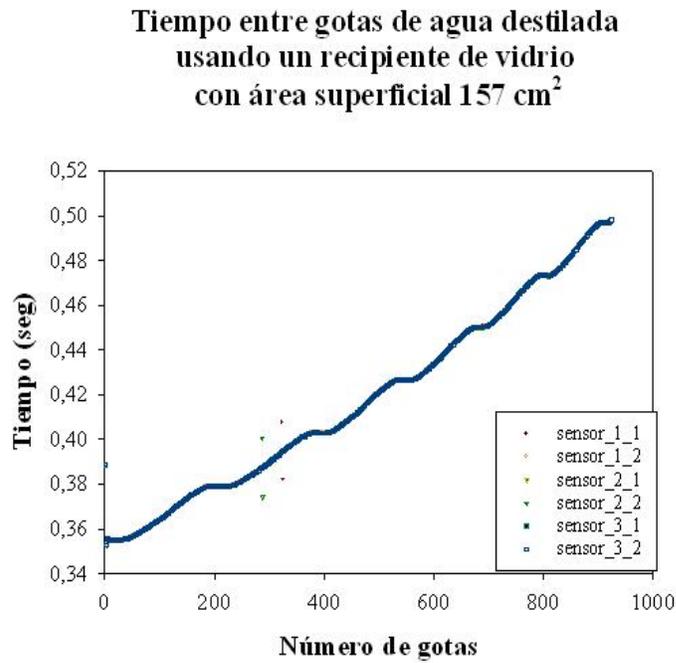


Figura 4. En este caso se observan siete escalones.

