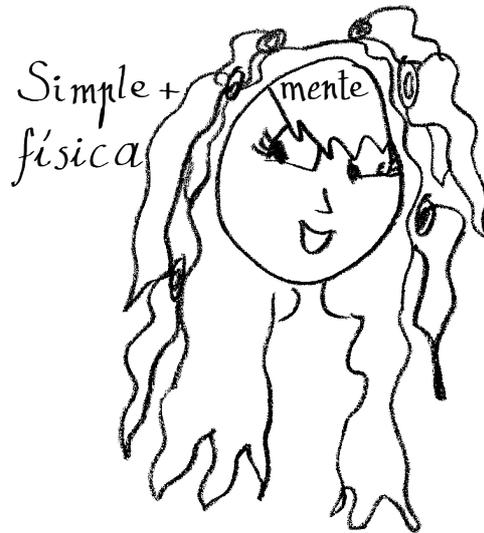


131



Ondulaciones en un chorro de agua

(23 - 27 marzo 2009)

Si colocamos el dedo debajo de un fino chorro de agua, observaremos que su superficie se ondula. Además, la separación entre las ondulaciones depende de la distancia entre el dedo y el orificio por donde sale el agua.

¿Cómo se explica este fenómeno?



AVISO: El objeto de *Simple+mente física* no va más allá del placer que proporciona plantearse y resolver sencillas cuestiones razonando (y experimentando) de acuerdo con principios básicos de la física. No hay ningún tipo de compensación, excepto la satisfacción personal y no van dirigidas a ningún grupo de personas en particular (es decir, están abiertas a todo el mundo).

El primer día hábil de cada semana se presentará una nueva cuestión y la respuesta a la cuestión de la semana anterior.

Rafael García Molina, Departamento de Física - CIOyN, Universidad de Murcia (rgm@um.es)

<http://bohr.inf.um.es/miembros/rgm/s+mf/>

*** La ilustración de la cabecera fue realizada por Clàudia Garcia Abril a la edad de 7 años ***

Resp.: Cuando se golpea con un objeto la superficie de un estanque en reposo se observa una onda que se propaga sobre la superficie del agua. Como lo que importa es el movimiento relativo entre el agua y el obstáculo, de forma análoga al caso anterior, el choque del agua contra el dedo (o cualquier otro obstáculo) que se interpone en su caída provoca una perturbación que se propaga a lo largo de la columna de agua.

En este caso, la perturbación se propaga sobre la superficie del agua en forma de ondas de longitud de onda muy corta, que se denominan *ondas capilares* (pues actúa la fuerza recuperadora debida a la tensión superficial del agua).

Pero las ondas que se observa son estacionarias, con un patrón que no cambia si se mantienen fijas las condiciones de la experiencia (flujo de agua y distancia entre el obstáculo y el orificio de salida del agua). A continuación se justifica el origen de estas ondas estacionarias.

La velocidad (de fase) v de las ondas capilares aumenta a medida que disminuye su longitud de onda λ :¹

$$v = \sqrt{2\pi\gamma/(\rho\lambda)},$$

donde γ y ρ representan la tensión superficial y la densidad del agua, respectivamente.

Las ondas capilares se propagan a lo largo del chorro con una velocidad promedio v que es la misma con la que el agua choca contra el obstáculo.² Pero habrá algunas ondas que viajen algo más rápidas y otras que viajen algo más lentas, con el consiguiente espectro de longitudes de onda (ligeramente mayores y menores que $\lambda_v = 2\pi\gamma/(\rho v^2)$). La interferencia de este conjunto de ondas capilares, cuya longitud de onda difiere ligeramente de λ_v , da lugar al patrón de ondas estacionarias que se observa en el chorro de agua.

Aunque la longitud de la onda estacionaria, λ_{est} , no es exactamente la correspondiente a λ_v , se puede demostrar que λ_{est} disminuye al aumentar la velocidad v con la que el chorro de agua golpea el obstáculo. En la fotografía del enunciado de la cuestión se observa que la separación entre las ondulaciones (que es la mitad de la longitud de la onda estacionaria) disminuye cuanto más alejado se halle el dedo, pues la velocidad v del agua aumenta cuando se separa el dedo del orificio de salida (y también cuanto mayor sea el flujo de agua, aunque no varíe la distancia entre el dedo y el orificio de salida del agua).

La influencia de la tensión superficial sobre este fenómeno se pone de manifiesto si colocamos un poco de detergente sobre el obstáculo. En este caso, desaparecen las ondulaciones de la parte inferior del chorro. El detergente disminuye la tensión superficial del agua, lo cual inhibe la formación de las ondas capilares en la zona próxima al lugar donde hay detergente.

¹ Aunque esta expresión es válida para una superficie plana, puede servir como una primera aproximación a las ondas de capilaridad en un superficie cilíndrica.

² Recordemos que el choque del agua contra el dedo equivale a producir una perturbación en el chorro con una velocidad v .