



Tornado en una botella

E8

FÍSICA 2

CURSO 2011-2012

Introducción

- Para este experimento llenamos una botella de agua 2/3 de su capacidad. Perforamos un agujero de 1cm de diámetro en el tapón. Invertimos la posición del recipiente e hicimos que el agua girase en sentido contrario a las agujas del reloj formándose así un tornado en el interior de la botella.

Materiales

- Una botella de plástico
- Agua
- Tapón agujereado



Explicación

- Para este experimento utilizamos el principio de Bernoulli.

Sea un fluido incompresible, es decir, que no puede cambiar su volumen intentando comprimirlo (su densidad es cte), y que también sea no viscoso, esto es, que no presente rozamiento entre capas de fluido. Supongamos que sobre él actúa sólo la fuerza de la gravedad y que sea ésta cte. Entonces, en cada punto del fluido se verifica el principio de Bernoulli:

$$v^2/2 + g \cdot z + p/\rho = \text{cte}$$

v es la velocidad del fluido en un punto, ρ es la densidad, z es la altura, g es la aceleración de la gravedad y p es la presión. La constante es la misma para todo punto del fluido.

Vamos a considerar que el agua es un fluido incompresible y no viscoso. Removemos rápido, por ejemplo. Al dejar de remover, consideramos que ya no hay fuerzas externas que afecten al fluido. Si te fijas, se crea un vórtice con el punto central más bajo que el resto de puntos, y en el que la velocidad lineal, del fluido es mayor en el centro de el vórtice y menor a medida que te alejas de él.

Pongámonos en una zona de altura constante z_0 y usemos el principio. Nos dice que un medio de la velocidad al cuadrado más la presión partido la densidad es una constante:

$$v^2/2 + p/\rho = \text{cte} - g \cdot z_0 = \text{cte}_1$$

Explicación

En el centro del vórtice la velocidad es mayor, por lo que la presión ha de ser menor. A medida que nos vamos alejando baja la velocidad, por lo que debe aumentar la presión. Por tanto, para que se dé un torbellino como el del recipiente, la presión debe crecer a medida que nos alejamos del vértice.

El principio de Bernoulli también explica la curvatura que toma la parte del agua que está en contacto con el aire. El aire tiene una presión prácticamente constante al nivel de la superficie que llamaremos p_{atm} y que es aproximadamente igual a 1 atmósfera. Luego, la parte superior del agua también se halla a esta presión. Usando el principio de Bernoulli para la superficie del agua:

$$v^2/2 + g \cdot z = cte - p_{atm}/\rho = cte_2$$

En el centro del vórtice, la velocidad es mayor que en los extremos, por tanto, la altura (z) en el centro tiene que ser menor que en los extremos, que es justo lo que se observa en el experimento.

Referencias

- <http://fq-experimentos.blogspot.com.es/2008/05/remolino-en-una-botella.html>
- <http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/971845/El-efecto-Coriolis.html>

Textos:

R. Serway, Física, Mac Graw Hill, 2010.

P. Tipler, Física para la Ciencia y la tecnología, Reverté, 2012.

R. Ehrlich, Turning the World Inside Out and 174 Other Simple Physics Demonstrations, Princeton University Press, 1997.