

Aula ‘Espacio Tocar la Ciencia’

J Güémez
Aula de la Ciencia
Universidad de Cantabria

Junio 22, 2011

Protocolo de Experiencias de Fluidos

1 Buzo de Descartes

Se utiliza el Buzo de Descartes (*Cartesian Diver*) en botella para introducir el tema. Si se quiere, se indica que el diablillo obedece la voz del instructor. Probar a hacer lo mismo pero con la botella colocada encima de la mesa y hablando, pero sin tocarla.

1. Flotabilidad. Burbuja en su interior. Principio de Arquímedes.
2. Hundimiento. Tubo capilar que permite la entrada de agua. Principio de Pascal, Ley de Boyle y Principio de Arquímedes. Ascenso.
3. Permanencia en el fondo (indicar que algunos permanecen en el fondo). Principio de Bernoulli.
4. Momento angular. Situado en el fondo, el diablillo gira rápidamente cuando se relaja la presión y asciende.

2 Principio de Arquímedes

Enunciar el Principio de Arquímedes y la historia de la corona de Henón.

1. *Empuje*. En líquidos de diferentes densidades se suspenden bolas del mismo diámetro y diferentes densidades. Unas flotan y otras se hunden. Se pueden utilizar legumbres secas, que se hunden, trozos de patata que se hunden y trozos de manzana, que flotan

2. *Huevos en mal estado.* Se puede distinguir un huevo en mal estado de uno en buen estado debido a que el primero flota. Pierde masa, manteniendo el volumen, debido al anhídrido sulfúrico.
3. *Bola con resorte.* Se coloca una bola de corcho blanco unida a un muelle y pegado con una ventosa a fondo de un recipiente alto. Al ir añadiendo agua el muelle se va estirando, lo que demuestra (Ley de Hooke), que se ejerce una fuerza sobre la bola (Empuje de Arquímedes).
4. *Cilindro y cilindro hueco.* Se cuelga de un dinamómetro el cilindro hueco y de éste, el cilindro macizo. Se estima cuanto subirá el indicador del dinamómetro cuando el cilindro macizo se sumerja en agua debido al empuje de Arquímedes. Después se comprueba que cuando el cilindro hueco se llena de agua el fiel vuelve a su posición inicial.
5. *Vaso con plomos.* Sobre un vaso de precipitados, con agua hasta el borde, situado dentro de otro recipiente, se deja flotar un vaso de plástico con plomos en su interior. El agua que ha rebosado, agua desalojada por el vaso más los plomos, se recoge en otro vaso. Se comparan entonces los pesos del vaso con los plomos, más otro vaso, y el peso del agua en su vaso. Se observa que son iguales.

El Principio de Arquímedes se puede obtener a partir del denominado Principio de Mínima Energía Potencial. Un sistema disipativo tenderá a disipar toda la energía cinética posible, hasta situarse en el mínimo de su energía potencial. Este principio es equivalente al Segundo Principio de la Termodinámica, que maximiza la entropía.

3 Ley de Boyle

Presentar la Ley de Boyle como una de las primeras leyes cuantitativas de la Física.

1. *Ley de Boyle con aire.* Se llevan a cabo experimentos de compresión del aire encerrado en un aparato de la Ley de Boyle dotado de manómetro.
2. *Experiencias en cámara de vacío.*

- (a) Experiencias con globos sin mucho aire. A medida que disminuye la presión, el globo se hincha. La mayor presión interior hace que se hinche.
 - (b) Espuma de afeitar. Se coloca espuma de afeitar en un vaso. A medida que la bomba succiona el aire y disminuye la presión, el volumen de la espuma de afeitar aumenta. El aire a presión que se encuentra en las pequeñas burbujas se expande y hace que aumente el volumen.
 - (c) Velas encendidas. Velas previamente encendidas se van apagando. A falta de oxígeno para quemar la parafina, la vela se apaga.
 - (d) Experiencia de Torricelli. Se coloca un tubo de ensayo lleno de agua e invertido sobre una cubeta también con agua. La altura de la columna de agua disminuye cuando la presión ya es muy baja y no puede soportar la presión de la columna.
3. *Hemisferios de Magdeburgo*. Experiencia de intentar separar los dos hemisferios de Magdeburgo.
 4. *Algunos trucos con botellas*. (i) Globo en interior de botella (que se puede inflar si la botella tiene un agujero. (ii)
 5. *Presión del aire en globos de caucho*.
 6. *Presión del aire en burbujas de jabón*. También se pueden hacer algunos experimentos con superficies jabonosas.
 7. *Principio de Pascal*. Cuando la presión aumenta en un punto de un sistema cerrado, el mismo aumento de presión se experimenta en cualquier otro punto del sistema. Por ejemplo, en el buzo de Descartes, tanto el aire en la botella como el aire en el diablillo notan instantáneamente la variación de la presión.

4 Principio de Bernoulli

Se presenta el Principio de Bernoulli como Principio de Conservación de la Energía.

1. *Bolas en pipas de madera*. Se utilizan las dos pilas de madera, una abierta y la otra cerrada, para mostrar que en una la bola flota –y sigue la trayectoria del aire aunque se incline– y que en la otra no

- incluso aunque la pipa se invierta, siempre que se siga soplando: cae la bola cuando se deja de soplar–.
2. *Bola en embudo*. Se comprueba que la bola en el embudo no sube –o no cae, con el embudo invertido– siempre que el aire esté flotando.
 3. *Plato con alas en flujo de aire*. Un plato, con agujero en el centro y alas que le permiten girar, se mantiene en equilibrio estable en un flujo de aire. La rotación es fundamental para la estabilidad del plato. Es éste un ejemplo bastante curioso de un objeto no esférico que se mantiene en equilibrio en chorro de aire.
 4. *Experiencia de Torricelli*. Experimento de Torricelli (intentar con mercurio). Repetir el experimento dentro de la cámara de aire, con un tubo de ensayo lleno de agua invertido sobre una cubeta de agua.
 5. *Experimento del vaso invertido*. Un vaso lleno de agua y con la boca cerrado con una cartulina, se puede poner boca abajo sin que caiga el agua. La ligera disminución de la presión al combarse la cartulina permite que la atmósfera soporte el agua. Si no hay aire, la atmósfera soporta la columna de agua igualmente,
 6. *Aerógrafo de boca*. Uso del aerógrafo de boca para mostrar el doble uso del Principio de Bernoulli. El aire a alta velocidad disminuye la presión en la boca del tubo vertical. El ascenso de la columna de agua se produce hasta que la diferencia de presiones la equilibra.

5 Buzo de Descartes grande.

1. Los tubos y su llenado de agua. Flotabilidad. Equilibrio estable.
2. Cerrado del tubo y aumento de la presión. Hundimiento. Para cada tubo hay un tamaño de burbuja atrapada por debajo del cual el tubo se hunde.
3. *Tubo que no asciende*. La propia presión de la columna de agua hace que el tamaño de la burbuja de aire atrapada en el diablillo disminuya por debajo de su tamaño mínimo.
4. *Profundidad de no retorno*. Si un tubo se le hace descender por debajo de una profundidad tal que el tamaño de su burbuja es menor que el mínimo, no volverá a la superficie.

Hay que buscar la resistencia total del circuito.

Las resistencias en paralelo se calcula su resistencia equivalente mediante los inversos:

$$\frac{1}{20} + \frac{1}{20} = \frac{1}{R_{e23}},$$

de donde se tiene que $R_{e23} = 10\Omega$.

Las resistencias en serie se suman. Por tanto, la resistencia total R_T del circuito es

$$R_T = R_1 + R_{e23} = 20\Omega.$$

Ahora se puede obtener la intensidad que circula por el circuito:

$$i = \frac{V}{R_T} = \frac{12}{20} = 0,6\text{ A}.$$

Por tanto, el la resistencia R_1 la caída de potencial es

$$V_1 = iR_1 = 0,6 \times 10 = 6\text{ V}.$$

La caída de potencial en la resistencia equivalente es también 6 V.

Como entre ambas resistencias en paralelo la caída de potencial es la misma (a la corriente le da igual ir por una que por otra), por cada una de ellas circula una corriente de 0,3 A. La suma de intensidad entre ambas resistencias en paralelo es 0,6 A, y la caída total de potencial en el circuito es de 12 V.

Ten en cuenta que la caída de potencial en una resistencia no puede ser mayor que la diferencia de potencia que da la pila.

Para calcular la potencia W disipada por efecto Joule en cada resistencia hay que multiplicar la intensidad i que circula por su diferencia de potencial V ,

$$W = iV.$$

(Para calcular el calor Q disipado por efecto Joule se multiplica la potencia por el tiempo $Q = Wt$). También se puede hacer, por la ley de Ohm, $W = i^2R$.

Las resistencias en paralelo se calcula su resistencia equivalente mediante los inversos:

$$\frac{1}{200} + \frac{1}{200} = \frac{1}{R_{e23}},$$

de donde se tiene que $R_{e23} = 100 \Omega$.

Las resistencias en serie se suman. Por tanto, la resistencia total R_T del circuito es

$$R_T = R_1 + R_{e23} = 200 \Omega.$$

Ahora se puede obtener la intensidad que circula por el circuito:

$$i = \frac{V}{R_T} = \frac{400}{200} = 2 \text{ A}.$$

Por tanto, en la resistencia R_1 la caída de potencial es

$$V_1 = iR_1 = 2 \times 100 = 200 \text{ V}.$$

La caída de potencial en cada una de las otras es también 200 V (con suma total de 400 V como caída de potencial a lo largo de todo el circuito, se recorra como se recorra).

La potencia disipada en la primera resistencia es

$$W_1 = 2 \times 200 = 400 \text{ W},$$

que también se calcula como $W_1 = 2^2 \times 100 = 400 \text{ W}$.

Por las otras resistencias circula una corriente de 1 A, pues se divide en dos, por lo que

$$W_2 = 1 \times 200 = 200 \text{ W},$$

que también se calcula como $W_2 = 1^2 \times 200 = 200 \text{ W}$, y lo mismo para la W_3 .

Ten en cuenta que la potencia total disipada siempre debe ser igual a la diferencia de potencial que impone la pila, 400 V en este caso, por la intensidad de corriente que circula por el circuito, 2 A (en total $W = 2 \times 400 = 800 \text{ W}$, o igual a la intensidad al cuadrado por la resistencia equivalente $2^2 \times 200 = 800 \text{ W}$).

En estos problemas es importante hacer estas comprobaciones finales, para comprobar que todo encaja.