

FÍSICA PARA REGALAR

Rafael Garcia Molina (rgm@um.es)

Departamento de Física, Universidad de Murcia, Apartado 4021, 30080 Murcia

Entrar en una tienda de artículos de regalo siempre resulta interesante, por la gran variedad de objetos que allí se encuentran. Pero si, además, observamos éstos desde la perspectiva profesional de un físico, encontraremos algunos cuyo funcionamiento está relacionado con algún principio de la física; por eso podemos aprovechar para darles un uso pedagógico, además del decorativo para el cual fueron diseñados originalmente.

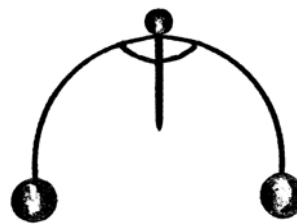
La utilización de este tipo de artefactos en la docencia tiene muchas aplicaciones, ya que pueden emplearse tanto para captar la atención de los estudiantes durante la clase, como para relajar el ambiente cuando las lecciones están muy cargadas de cuestiones formales. Estos objetos de regalo también pueden usarse para iniciar la discusión sobre algunos temas de física que no suelen tratarse normalmente durante un curso académico, o bien para organizar seminarios en los que se hable de física fuera de su ambiente habitual, presentándola incluso como una actividad que puede llegar a ser divertida.

Seguidamente comentaré brevemente los fenómenos físicos que intervienen en el funcionamiento de algunos artefactos que se comercializan como elementos decorativos; su uso pedagógico está relacionado con los conceptos físicos que se mencionan en cada descripción. Cada explicación se acompañará con una ilustración esquemática, a fin de que los lectores puedan reconocer de qué se está hablando, ya que el nombre con que se designan muchos de estos objetos no está definido claramente: algunos tienen un nombre comercial (que varía según el fabricante) u otros tienen un nombre muy genérico (que suele hacer referencia al efecto que se puede observar). También aparecerá una referencia bibliográfica en la que se podrá encontrar más información sobre temas similares a los

que se comentan en cada caso. La utilización de estos artefactos en el ámbito docente no queda restringida, ni mucho menos, a los comentarios que hago, ya que con toda seguridad cada persona encontrará muchas más aplicaciones de las que yo mencionaré en los párrafos que siguen.

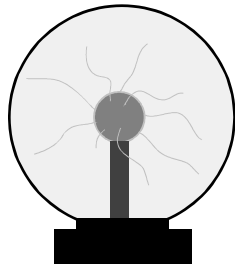
Figuras equilibristas.- Son figuras que parecen mantenerse en un equilibrio precario, milagrosamente apoyadas en un único punto, pero que cuando intentamos perturbar este equilibrio observamos que vuelven a la posición original.

La estabilidad de estas figuras se basa en que su masa está distribuida de forma que el centro de masa del sistema esté bajo el punto de apoyo (y lo más bajo posible). Al inclinar la figura un poco en cualquier dirección estaremos elevando su centro de masa, lo cual producirá un momento de fuerzas respecto del punto de apoyo, y eso tiende a restituir el objeto a su posición de equilibrio estable. [Turner 1992]



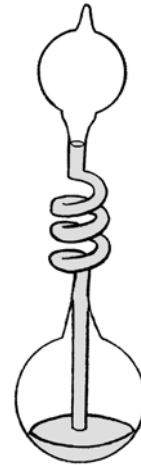
Globos de plasma.- También se denomina ojo de la tempestad. Consiste en un recipiente esférico de vidrio que contiene algún gas inerte en su interior, el cual se ioniza parcialmente al aplicar una diferencia de potencial entre el centro de la esfera y su superficie exterior, que está conectada a tierra. Cuando está en funcionamiento se

observan unos filamentos coloreados dirigidos desde el centro de la esfera hacia su superficie; eso son las trayectorias a través de las cuales se ha producido la ruptura dieléctrica del gas, el cual deja de ser un aislante para convertirse en un plasma conductor en aquellas regiones donde se ionizan sus átomos. Además, estas trayectorias se repelen entre ellas porque son regiones ionizadas que tienen la misma carga eléctrica. Al tocar con la mano la superficie de la esfera de vidrio, las trayectorias de plasma se dirigen hacia los puntos donde tocamos, porque el cuerpo humano es mejor conductor que el vidrio y por eso el paso de la corriente eléctrica hacia tierra se hace mejor a través nuestro que a través del vidrio. Como la intensidad de la corriente que fluye es tan baja, no tiene efectos perceptibles en el organismo humano. [Tipler 1994]



Termómetro de amor.- Se trata de dos bulbos de vidrio comunicados por un tubo estrecho, de diseño más o menos artístico; todo el sistema está dispuesto verticalmente. En el interior del bulbo inferior hay un líquido muy volátil (normalmente, algún tipo de éter) coloreado. Cuando colocamos las manos sobre el bulbo inferior, se volatiliza algo de líquido y aumenta la presión del vapor, el cual empuja al líquido haciéndolo subir a través del tubo hacia el bulbo superior. El líquido ascenderá tanto más cuanto más calor le comuniquemos al bulbo inferior, por eso se relaciona un ascenso muy fuerte (o muy débil) con el ardor (o helor) propio de estar muy (o poco) enamorado. Cuando ha subido prácticamente todo el líquido al bulbo superior, se observa como si el líquido estuviera hirviendo, pero la presencia de burbujas no se debe a la ebullición del líquido (atribuida al gran calor que desprenden las manos de una persona muy enamorada), sino al hecho de que

cuando el nivel del líquido que hay en el bulbo inferior desciende hasta la altura de la boca del tubo de comunicación, comienza a pasar vapor entremezclado con el líquido que va ascendiendo, y llega al bulbo superior en forma de burbujas.

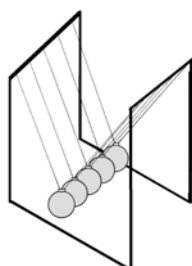


Pájaro bebedor.- Consiste en dos bulbos de vidrio unidos por un tubo estrecho; el bulbo inferior –más grande– corresponde al cuerpo y el bulbo superior representa la cabeza del pájaro; sus patas sostienen un eje horizontal sobre el cual puede girar el pájaro. En el interior de los bulbos hay un líquido muy volátil (normalmente, algún tipo de éter) coloreado. La cabeza del pájaro está cubierta con una tela de fieltro o borra, lo cual proporciona una mayor área para que se evapore el agua con que se ha mojado previamente en un vaso de agua. Esta evaporación enfría la cabeza del pájaro y hace disminuir la presión del vapor que hay en su interior, con lo cual la presión del vapor que hay en el cuerpo empuja el líquido hacia arriba, hacia donde se desplaza el centro de masa del pájaro. Como el líquido va subiendo por el cuerpo del pájaro, cuando el peso de la parte superior sea mayor que el de la parte inferior, este se girará hacia adelante, colocándose en posición casi horizontal y mojando su cabeza en el vaso de agua. Pero cuando el pájaro está en esta situación, el vapor de los dos bulbos se comunica a través del tubo, se igualan las presiones y el líquido vuelve al bulbo inferior, donde se desplaza el centro de masa, de forma que el pájaro tenderá a ponerse vertical. Pero mientras tanto, la

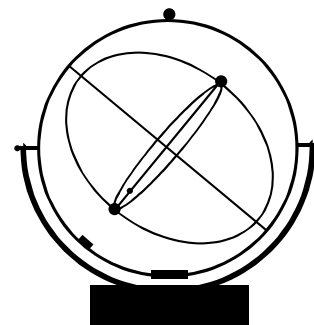
evaporación del agua que moja el fieltro de la cabeza del pájaro hace que el ciclo anterior vuelva a comenzar y el pájaro oscila entre las posiciones casi vertical y horizontal. [Wilson 1996]



Péndulo de ejecutivo.- También se denomina cuna o bolas de Newton. Consta de cinco (o más) bolas idénticas, cada una de las cuales cuelga de un par de hilos, de manera que todas ellas están en contacto y alineadas. Cuando se separa una de las bolas de un extremo y se suelta para que choque contra las otras bolas, se observa que la bola que hay en el otro extremo se pone en movimiento y alcanza la misma altura que la bola que se soltó inicialmente; mientras tanto, el resto de bolas permanece en reposo. Este ciclo de oscilaciones, en el que alternativamente sale disparada una bola de cada extremo (mientras que las otras cuatro quedan en reposo), se repite hasta que el movimiento se detiene debido a la fricción. Independientemente del número de bolas que se liberen para iniciar el movimiento, siempre entran en movimiento las mismas bolas de cada extremo del conjunto. El comportamiento de este movimiento pendular puede explicarse aplicando la conservación del momento lineal y de la energía cinética a una secuencia de colisiones elásticas entre bolas vecinas. Si utilizamos un poco de plastilina para modificar la masa de alguna de las bolas o para hacer que se queden juntas al chocar, podremos observar cómo se altera el tipo de movimiento que acabamos de referir. [Gavenda y Edginton 1997]

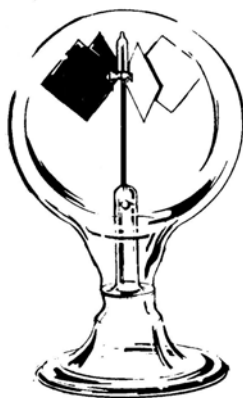


Figuras de arte cinético.- Las hay de diversas formas, pero básicamente este tipo de figuras consta de un par de circunferencias concéntricas que contienen algún cuerpo con forma de nave espacial o planeta. Cada circunferencia puede oscilar libremente alrededor de un eje que coincide con uno de sus diámetros. En el interior de la base sobre la cual oscilan las circunferencias hay un circuito formado por dos bobinas y un transistor, mientras que la circunferencia más grande tiene un imán en su parte inferior, que cuando pasa cerca de una de las bobinas de la base induce una corriente eléctrica, la cual sirve para que el transistor conecte y amplifique en la bobina principal la corriente generada por una pila. Eso hace que la bobina de la base genere un campo magnético que propulsa de manera sincronizada el paso de la circunferencia más grande, produciendo oscilaciones forzadas que evitan el amortiguamiento del movimiento debido a la fricción. Por otra parte, el conjunto de circunferencias efectúa oscilaciones acopladas. Además, las circunferencias tienen sendos imanes enfrentados, de forma que la repulsión entre ambos, combinada con el movimiento oscilatorio acoplado, hace que todo el conjunto tenga un movimiento caótico. [Crane 1984]



Radiómetro.- Lo inventó en 1875 Sir William Crookes para estudiar los gases a baja presión, por eso también se conoce como radiómetro de Crookes. Consiste en un recipiente esférico de vidrio, del cual se ha extraído (parcialmente) el aire, y que tiene en su interior un molinete formado por cuatro aspas de mica que pueden girar alrededor de un eje vertical; cada aspa tiene una cara ennegrecida y la otra blanca. Si incide luz sobre el radiómetro, las aspas se ponen a girar y la rotación es más rápida

cuanto más intensa es la luz que ilumina el radiómetro. Las aspas giran en el sentido que va desde la cara negra a la blanca de cada aspa, lo cual indica que su movimiento se debe a las colisiones que el gas residual que queda en el recipiente efectúa contra las aspas, en lugar de deberse a la incidencia directa de la radiación luminosa sobre las aspas. La explicación de todo esto se debe a que la cara negra de cada aspa se calienta más que la blanca, ya que absorbe la radiación que incide (en lugar de reflejarla, como hace la cara blanca), y las moléculas del gas que están próximas a una zona más caliente (la cara negra) adquieren más energía cinética que las que hay cerca de la cara blanca. En consecuencia, se le transfiere más momento lineal a cada aspa debido a los choques que le llegan por la cara negra que debido a los que le llegan por la cara blanca, y por eso el molinete gira en el sentido que va de la cara negra a la cara blanca de cada aspa.¹ De hecho, no es necesaria la luz visible para hacer girar las aspas del radiómetro, ya que basta con radiación calorífica (infrarrojos). Si se introduce el radiómetro dentro de un congelador podemos observar que las aspas giran en sentido contrario al que hemos descrito anteriormente, ya que ahora la cara negra de cada aspa se enfría más rápidamente. Si dentro del radiómetro se hiciera el vacío (o hubiera una presión muy baja), el molinete giraría en sentido contrario al que acabamos de describir, porque ahora la principal transferencia de momento lineal a las aspas se debería a la luz que se refleja en las caras blancas y se absorbe en las caras negras. [Paveri-Fontana 1977]



¹ De hecho, esta explicación es algo simplificada. La explicación más detallada (que excede el propósito divulgador de este trabajo), puede encontrarse en A. E.

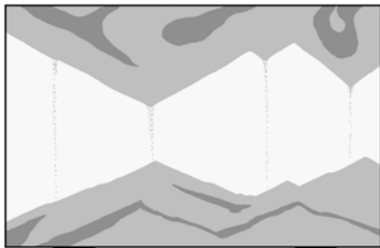
Lámpara de lava.- Dentro de un recipiente (con forma de botella o de obús) hay un sólido de bajo punto de fusión (o un líquido muy viscoso) inmerso en un líquido; el sólido está coloreado y es más denso que el líquido, por eso se encuentra en el fondo del recipiente. Cuando se conecta el aparato, la luz que hay en la base genera calor, lo cual hace que se funda el sólido y disminuya su densidad, de manera que comienza a flotar. Cuando llega a la parte superior del recipiente su temperatura ya ha disminuido, vuelve a ser más denso que el líquido y por eso regresa al fondo del recipiente, repitiéndose este movimiento de ascenso y descenso mientras la luz está encendida. También hay otras lámparas que tienen dentro una especie de virutas brillantes, las cuales son arrastradas arriba y abajo por las corrientes de convección que se forman al calentar el líquido mediante una adecuada disposición de luces.



Arena que cae por un líquido que está entre dos placas.- Se trata de dos placas transparentes verticales que contienen en su interior un líquido coloreado y arena o polvo de diferentes tipos (color y tamaño de grano, principalmente). Si se sacude todo el conjunto, observaremos cómo sedimenta la arena: primero la de grano más grueso y por último la de grano más fino. Cuando toda la arena está en la parte de arriba de las placas,

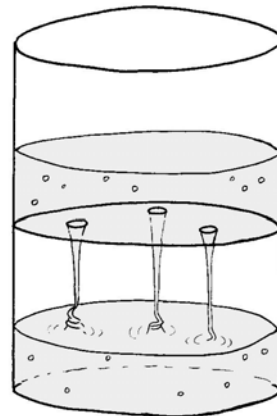
Woodruff, The Radiometer and How it Does Not Work, *The Physics Teacher* 6 (1968) 358-363.

se desprende suavemente y comienza a caer lentamente formando corrientes de arena, aunque a veces se observa el desprendimiento de algún alud de arena. Cuando la arena llega a la parte inferior de las placas, se sedimenta formando montañas, cuyo crecimiento regular se ve interrumpido de tanto en tanto por el derrumbamiento brusco de alguna porción de montaña; estos pequeños aludes tienen lugar cuando la pendiente donde se acumula la arena llega a un determinado ángulo crítico. Si nos fijamos con detenimiento en los perfiles de las montañas según van creciendo, observaremos que hay pequeñas terrazas (o escalones) y que estas estructuras se repiten a distintas escalas, lo cual se aprecia mejor en las estructuras de arena de diferente color que ya están cubiertas por las nuevas capas de arena que se ha acumulado encima. El amontonamiento de material granular, contemplado con este artefacto, pone de manifiesto sucesos catastróficos en forma de aludes e ilustra en pequeña escala aspectos relacionados con la teoría de la criticalidad autorganizada, la cual se ha convertido en una nueva manera de mirar la naturaleza. [Bak 1997]



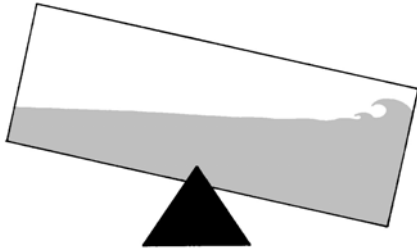
Bote cilíndrico transparente con líquido viscoso que cae como si fuese miel.- Se trata de un bote transparente (de tamaño similar a un bote de refresco) cuyo interior está dividido a media altura por una superficie paralela a las bases y que tiene un agujero central. El bote contiene un líquido viscoso que cae desde la parte superior a la parte inferior, a través de los agujeros de la superficie de separación. Mientras cae el líquido se observa claramente la dificultad para moverse típica de los líquidos viscosos, y cómo forma un chorro que es más estrecho a medida que va separándose del agujero por donde sale (debido a la ecuación de

continuidad, el producto de la sección por la velocidad de un tubo de corriente es constante). Al caer el líquido a la mitad inferior del bote se aprecia que el nivel del líquido se eleva localmente donde cae el chorro, al mismo tiempo que éste se enrolla como si se tratara de una cuerda que se deja caer verticalmente al suelo. Este tipo de comportamiento también se observa habitualmente con la miel y el gel de baño. El fenómeno que comentamos se debe a la cohesión del líquido (por eso el chorro es continuo y no se rompe en gotas mientras cae) y a su viscosidad (la cual evita que éste se extienda muy rápidamente después de caer). El aire que iba arrastrando el líquido mientras caía queda atrapado en forma de burbujas, las cuales comenzarán a ascender a través del líquido que ya ha caído a la parte inferior (debido a la flotabilidad del aire en el líquido, de menor densidad el primero que el segundo); además, el ascenso es lento (por la gran viscosidad del líquido) y con velocidad uniforme (porque enseguida se llega a la velocidad terminal que se obtiene a partir de la ley de Stokes). [Barnes y Woodcock 1958]



Ondas y turbulencias en la superficie de separación de dos líquidos.- Se trata de un recipiente rectangular formado por láminas paralelas transparentes, dentro del cual hay dos líquidos inmiscibles, de densidades y viscosidades diferentes; uno de los líquidos es transparente, mientras que el otro está coloreado. Un pequeño motor hace oscilar suavemente el recipiente alrededor de un eje horizontal que pasa por el centro de la base inferior del recipiente. Con este artefacto se

pueden visualizar las ondas superficiales y las turbulencias que se forman en la superficie de separación de dos líquidos que se mueven con diferentes velocidades.



Después de haber visto tantos objetos en la tienda, es posible que compremos alguno para regalar a alguien o regalárnoslo, ¡y qué mejor para envolver un obsequio que un buen papel de regalo! Puesto que el regalo tiene connotaciones científicas, ¿por qué no escoger un papel que también ponga de manifiesto algún fenómeno físico? En particular, hay algunos que tienen un brillo iridiscente, el cual se debe a las interferencias de la luz que se refleja, bien a través de una red de difracción consistente en pequeños surcos impresos en el papel, o bien a través de una película transparente de espesor inhomogéneo que recubre el papel.

Seguramente, cuando entramos en la tienda aún era de día, pero entretenidos con tantos artefactos se nos ha hecho tarde. Por eso, ahora que regresamos a casa con nuestro regalo bien envuelto, si miramos hacia atrás observaremos los anuncios de neón con el nombre de la tienda, e inevitablemente nos vendrá a la cabeza que estas luces no son otra cosa que una descarga eléctrica en un gas enrarecido... y que la física nos rodea por todas partes.

Aún podríamos hablar de más artículos de regalo que contienen mucha (y buena) física, tales como luces formadas por manojos de fibras ópticas, cajitas musicales, brújulas, relojes de sol, relojes de arena, higrómetros, termómetros y barómetros ordinarios, termómetros de cristal líquido, bailarinas que ejecutan graciosos movimientos sobre una superficie pulida, peces que están en

movimiento continuo dentro de una pecera, figuras fosforescentes, bolas con nieve y figuras navideñas en su interior, y un largo etcétera. En este trabajo sólo me he referido a aquellos objetos de regalo que suelen colocarse como adorno sobre una estantería o una mesa, y no he considerado otros objetos que también suelen regalarsé y que también podrían emplearse para discutir fenómenos físicos, tales como los discos compactos, cuya superficie actúa como una red de difracción, o los juguetes, o algunos artículos de deporte...

Como acabamos de ver, muchas veces no hace falta usar equipos sofisticados para discutir algunos conceptos de física, los cuales pueden ilustrarse con objetos cotidianos que están destinados a otros usos (no científicos).

Referencias

Bak P. 1997 *How Nature works. The science of self-organized criticality* (Oxford University Press, Oxford).

Barnes G. y Woodcock R. 1958 "Liquid rope-coil effect", *American Journal of Physics* **26**, 205.

Crane H. R. 1984 "A spinning top, Lenz's law and electric watches", *The Physics Teacher* **22**, 113-114.

Gavenda J. D. y Edginton J. R. 1997 "Newton's cradle and scientific explanation", *The Physics Teacher* **35**, 411-417.

Paveri-Fontana S. L. 1977 "An elementary model for the radiometer", *American Journal of Physics* **45**, 447.

Tipler P. A. 1994 *Física*, 3ª ed. (Reverté, Barcelona) Cap. 22.

Turner R. 1992 "100 years of physics and toys: balancing toys", *The Physics Teacher* **30**, 542-543.

Wilson J. D. 1996 *Física*, 2ª ed. (Prentice-Hall, México, 1996), p. 408.