

Capítulo 2 PARA JÓVENES FÍSICOS

Con más maña que Colón

«Cristóbal Colón fue un gran hombre, escribía un escolar en uno de sus ejercicios de composición, que descubrió América y puso un huevo de pie». Ambas hazañas le parecían al joven escolar igualmente dignas de admiración. En cambio, el humorista norteamericano Mark Twain no veía nada extraordinario en que Colón hubiera descubierto América: «Lo sorprendente hubiera sido que no la hallara en su sitio».

Y yo pienso que tampoco vale mucho la segunda proeza del insigne navegante. ¿Sabe usted cómo puso Colón el huevo de pie? Simplemente lo chafó contra la mesa, es decir, aplastó la cáscara en su parte inferior. Con esto, como es natural, cambió la forma del huevo. Pero, ¿cómo puede ponerse en pie un huevo, sin cambiar su forma? Este problema no fue resuelto por el intrépido marino.

Sin embargo esto es incomparablemente más fácil que descubrir América e incluso la isla más diminuta. Le enseñaré tres procedimientos de hacerlo: uno, para los huevos duros, otro, para los crudos, y el tercero, para unos y otros.

Para poner de pie un huevo duro no hay más que hacerlo girar con los dedos de una mano o entre las palmas de las dos manos, como si fuera un trompo: el huevo comenzará a girar de pie y conservará esta posición mientras gire. Después de hacer dos o tres pruebas, este experimento se logra realizar con bastante facilidad.

Pero por este procedimiento no se puede poner de pie un huevo crudo: como quizá haya notado usted, los huevos crudos giran mal. En esto consiste precisamente un procedimiento seguro de distinguir, sin romper la cáscara, un huevo cocido de otro crudo. El contenido líquido del huevo crudo no es arrastrado por un movimiento de rotación tan rápido como el de la cáscara y, por esto, parece que lo frena. Hay, pues, que buscar otra manera de poner el huevo de pie. Este procedimiento existe. El huevo se sacude fuertemente varias veces: con esto, la yema rompe su delicada envoltura y se esparce por el interior del huevo. Si después se pone el huevo de pie sobre su extremo romo y se mantiene en esta posición durante cierto tiempo, la yema -que es más pesada que la clara escurre hacia abajo y se reúne en la parte inferior del huevo. En virtud de esto el centro de gravedad del huevo desciende y éste adquiere una estabilidad mayor que la que tenía antes de someterlo a la operación indicada.

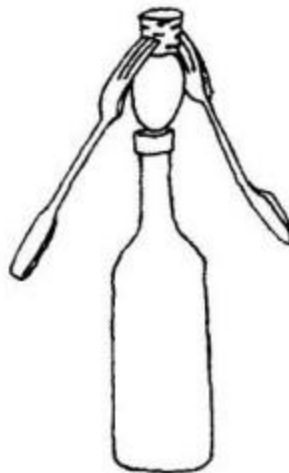
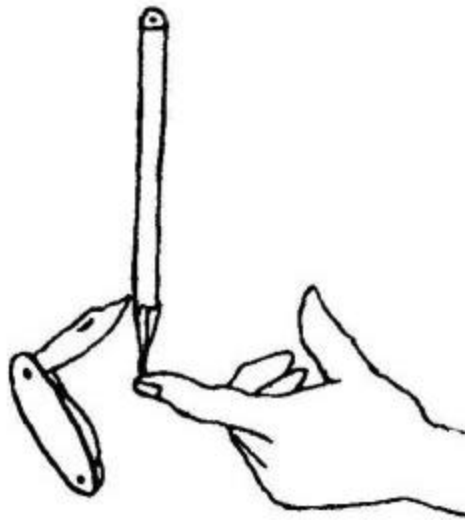


Figura 17

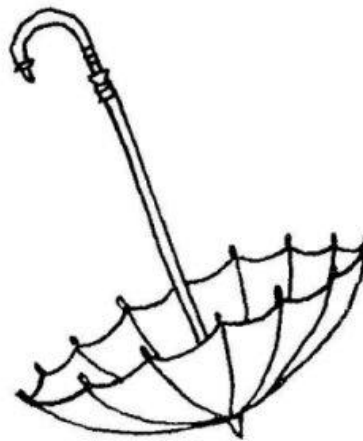
Finalmente, hay un tercer procedimiento de poner de pie el huevo. Se pone, por ejemplo, sobre el tapón de una botella tapada, y encima de él se coloca otro tapón con tenedores clavados. Todo este «sistema» (como diría un físico) es bastante estable y conserva el equilibrio incluso si la botella se inclina con precaución. ¿Por qué no se caen el tapón y el huevo?

*Figura 18*

Por la misma razón que no se cae un lápiz colocado verticalmente sobre un dedo, si se le hince previamente un cortaplumas. «El centro de gravedad del sistema está más bajo que su punto de apoyo -le explicaría a usted un científico. Esto quiere decir, que el punto a que está aplicado el peso del «sistema» se encuentra más bajo que el punto en que dicho sistema se apoya.

Fuerza centrífuga

Abra una sombrilla, apoye su contera en el suelo, hágala girar y eche al mismo tiempo dentro de ella una pelotita, una bola de papel, un pañuelo o cualquier objeto ligero que no se rompa. Ocurrirá algo inesperado para usted. La sombrilla parece que no quiere admitir su obsequio: la pelotita o la bola de papel empiezan a subir solas hasta el borde de la sombrilla y desde allí salen despedidas siguiendo una línea recta.

*Figura 19*

La fuerza que en este experimento lanza la pelota suele llamarse «fuerza centrífuga», aunque sería más correcto denominarla «inercia». Esta fuerza la encontramos cada vez que un cuerpo se mueve por un camino circular. Esto no es más que uno de los casos en que se manifiesta la inercia, es decir, la tendencia del objeto que se mueve a conservar la dirección y la velocidad de su movimiento.

Con la fuerza centrífuga nos encontramos con mucha más frecuencia de lo que sospechamos. Si usted hace girar con la mano una piedra atada a una cuerda, notará que la cuerda se tensa y amenaza romperse por la acción de la fuerza centrífuga. Un arma para arrojar piedras tan antigua como la honda, funciona en virtud de esta misma fuerza. La fuerza centrífuga rompe las muelas de los molinos si giran demasiado deprisa y no son suficientemente resistentes. Si se da usted maña, esa misma fuerza le ayudará a hacer el truco con el vaso, del cual no se derramará el agua aunque lo ponga boca abajo: para esto no hay más que subir rápidamente la mano que sostiene el vaso, haciéndola describir rápidamente una circunferencia vertical. La fuerza centrífuga le ayuda al ciclista del circo a describir el vertiginoso «rizo de la muerte». Ella separa la nata de la leche en las desnatadoras; saca la miel de los panales en las centrifugadoras llamadas meló extractores; seca la ropa, extrayéndole el agua en secadoras centrifugadoras, etc.

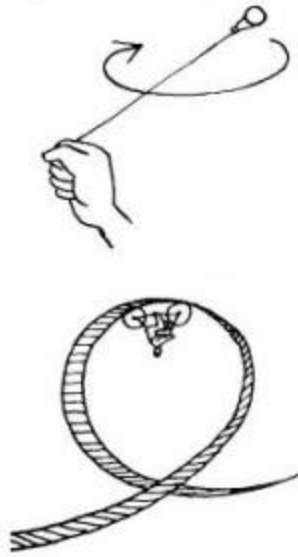


Figura 20

Cuando un tranvía toma una curva, por ejemplo, cuando tuerce de una calle a otra, los pasajeros sienten directamente la fuerza centrífuga, la cual les empuja en dirección a la pared exterior del vagón. Si la velocidad del movimiento fuera suficiente, todo el vagón podría ser volcado por esta fuerza, si el raíl exterior de la curva no hubiera sido colocado más alto que el interior: a esto se debe que el vagón se inclina ligeramente hacia dentro en las curvas. Parece extraño que un vagón que se inclina hacia un costado sea más estable que otro que se mantiene vertical.

Sin embargo es así. Y un pequeño experimento le ayudará a comprender cómo ocurre esto. Curve una hoja de cartón de manera que tome la forma de una superficie cónica de gran diámetro o, mejor, coja usted, si la hay en casa, una escudilla de pared cónica. También puede servir muy bien para nuestro fin una pantalla cónica de vidrio o de hojalata de las que se usan en las lámparas eléctricas. Una vez que disponga de uno de estos objetos, haga rodar por su interior una moneda, un pequeño disco metálico o un anillo. Describirán círculos por el fondo del recipiente inclinándose sensiblemente hacia dentro. A medida que la moneda o el anillo vayan perdiendo velocidad, las circunferencias que describan serán cada vez menores y se aproximarán al centro del recipiente. Pero bastará girar levemente dicho recipiente, para que la moneda vuelva a rodar con mayor rapidez; y entonces se alejará del centro describiendo cada vez mayores circunferencias. Y si adquiere mucha velocidad, podrá incluso, rodando, salirse del recipiente.

Para las carreras de bicicletas, en los velódromos se hacen pistas circulares especiales, las cuales, como podrá usted comprobar, sobre todo donde las curvas son cerradas, se construyen con una inclinación considerable hacia el centro (peralte). La bicicleta da vueltas por estas pistas manteniéndose en una posición muy inclinada -lo mismo que la moneda en la escudilla- y no sólo no se vuelca, sino que, al contrario, precisamente en esta posición, adquiere una estabilidad extraordinaria. En los circos, los ciclistas llaman la atención del público describiendo circunferencias por un tablado muy empinado. Ahora comprenderá usted que esto no tiene nada de particular. Lo que sí sería un arte difícil para el ciclista es dar vueltas así por una pista horizontal lisa. Por esta misma razón se inclinan también hacia dentro, en las curvas cerradas, el jinete y el caballo.

De estos hechos pequeños pasaremos a uno más grande. La esfera terrestre, en que habitamos, es un cuerpo en rotación y en él debe manifestarse la fuerza centrífuga. ¿En qué se manifiesta? En que debido a la rotación de la Tierra todos los cuerpos que hay en la superficie se hacen más livianos. Cuanto más cerca del ecuador, tanto mayor es la circunferencia que tienen tiempo de describir los cuerpos en 24 horas, es decir, giran a mayor velocidad y, por lo tanto, pierden más peso. Si una pesa de 1 kilogramo se traslada desde el polo al ecuador y aquí se vuelve a pesar en una balanza de resorte (dinamómetro), se notará una pérdida de 5 g de peso. Esta diferencia, verdaderamente, no es grande, pero cuanto más pesado sea el cuerpo, mayor será su pérdida de peso. Una locomotora que desde Arkángel llegue a Odessa, resultará ser en esta última 60 kg más ligera, es decir, en lo que pesa una persona adulta. Y un navío de línea de 20 mil toneladas que llegue desde el Mar Blanco al Mar Negro, perderá aquí, nada menos que 80 t. ¡Lo que pesa una buena locomotora!

¿A qué se debe esto? A que la esfera terrestre, al girar, tiende a despedir de su superficie todos los cuerpos, lo mismo que la sombrilla de nuestro experimento despide la pelotita que echamos en ella. La esfera terrestre despediría dichos cuerpos, pero a esto se opone el hecho de que la Tierra atrae hacia sí todos los cuerpos. A esta atracción le damos el nombre de «gravedad». La rotación no puede hacer que los cuerpos salgan despedidos de la Tierra, pero sí pueden disminuir su peso. He aquí por qué los cuerpos se hacen más livianos en virtud de la rotación de la esfera terrestre.

Cuanto más rápida sea la rotación, tanto más perceptible deberá hacerse la disminución del peso. Los científicos han calculado que si la Tierra girará no como ahora, sino 17 veces más deprisa, los cuerpos perderían totalmente su peso en el ecuador: se harían ingrávidos. Y si la Tierra girara con mayor rapidez aún, por ejemplo, si diera una vuelta completa en 1 hora, los cuerpos perderían por completo su peso no sólo en el mismo ecuador, sino también en todos los países y mares próximos al mismo.

Figúrese usted lo que esto significaría: ¡los cuerpos perderían su peso! Esto quiere decir que no habría cuerpo que usted no pudiera levantar: locomotoras, peñascos, cañones gigantescos, barcos de guerra enteritos, con todas sus máquinas y armamento podrían ser levantados por usted como si fueran plumas. Y si los dejara caer usted, no habría peligro: no aplastarían a nadie. Y no lo aplastarían por la sencilla razón de que no caerían, puesto que no pesarían nada. Permanecerían flotando en el aire en el mismo sitio en que los soltaran. Si usted se encontrara en la barquilla de un globo y quisiera tirar sus bártulos por la borda, éstos no caerían a ninguna parte, sino que permanecerían en el aire. ¡Qué mundo tan maravilloso sería éste! Podríamos saltar tan alto como nunca hayamos saltado ni en sueños: más alto que los edificios y las montañas más altas. Pero no lo olvide: saltar sería muy fácil, pero volver a caer, imposible. Exento de peso, de por sí, no caería usted a tierra.

Este mundo tendría otras incomodidades. Imagínese las usted mismo: todas las cosas, tanto pequeñas como grandes, si no estuvieran sujetas, saldrían volando en cuanto soplara la más leve brisa. La gente, los animales, los automóviles, los carros, los barcos, todo se movería desordenadamente en el aire, rompiéndose, estropeándose y mutilándose entre sí.

Eso es lo que ocurriría si la Tierra girara mucho más deprisa.

Diez perinolas

En los dibujos que le ofrecemos puede ver usted toda clase de perinolas, hechas de 10 modos distintos. Con ellas podría hacer toda una serie de experimentos divertidos e instructivos. Su fabricación no requiere un arte especial: usted mismo puede hacerlas sin que nadie le ayude y sin gastar nada.

Veamos cómo son estas perinolas.

1. Si cae en sus manos un botón con agujero central, como el representado en la fig. 21, no hay nada más fácil que transformarlo en una peonza.

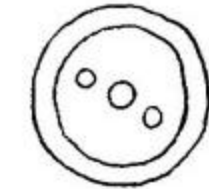


Figura 21



Figura 22



Figura 23

Haga pasar por el agujero de en medio -único que nos hace falta- una cerilla de palo, que entre bien ajustarla y que tenga un extremo afilado, y la peonza ya está hecha. Dará vueltas no sólo sobre el extremo afilado de su eje, sino también sobre el romo: para esto no hay más que hacerla girar como de ordinario se hace, sujetando su eje entre los dedos y dejándola caer después con destreza sobre el extremo romo: la peonza girará sobre él balanceándose graciosamente de un lado a otro.

2. Podemos arreglárnoslas también sin botón con agujero en medio. Un tapón siempre se encuentra a mano. Corte usted una rodaja de él, atraviése su centro con una cerilla de palo y tendrá la perinola número 2 (fig. 22).

3. En la fig. 23 ve usted una peonza poco corriente; una nuez que gira sobre un saliente agudo. Para convertir una nuez apropiada en peonza, basta clavar en ella, por su parte achatada, una cerilla de palo y después hacerla girar.

4. Todavía será mejor si consigue un tapón plano ancho (o la tapadera de plástico de un frasco no muy grande). Caldee usted entonces un alambre de hierro o una aguja de hacer punto y queme con ella el tapón, a lo largo de su eje, de manera que quede un agujerito para la cerilla. Esta peonza bailará durante mucho tiempo con estabilidad.

5. Una perinola especial se muestra en la figura siguiente: una cajita redonda, de píldoras, atravesada por una cerilla afilada. Para que la cajita se mantenga firmemente en el eje, sin deslizarse a lo largo de él, hay que lacrar el orificio (fig. 24).

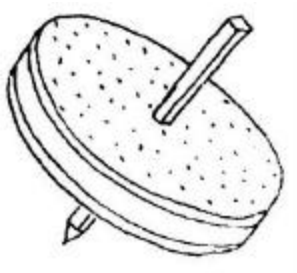


Figura 24

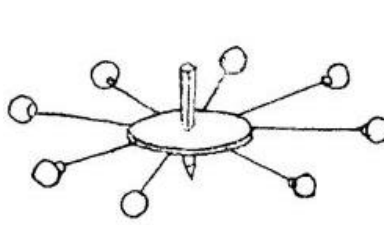


Figura 25

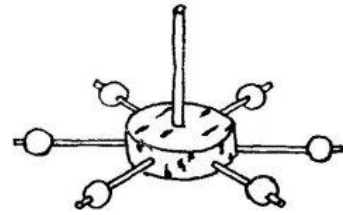


Figura 26

6. Una peonza muy interesante es la que ve usted en la fig. 25. A la periferia de su disco de cartón van atados con hilos unos botoncitos esféricos con ojos. Cuando la peonza gira, los botoncitos son lanzados a lo largo de los radios del disco, tensan los hilos y ponen de manifiesto claramente la acción de la fuerza centrífuga que ya conocemos.

7. Esto mismo, pero de otro modo, lo muestra la perinola de la fig. 26. En el disco de corcho de la peonza van hincados unos alfileres, en los cuales hay ensartadas cuentas multicolores que pueden deslizarse libremente por ellos. Cuando la peonza gira, las cuentas son empujadas por la fuerza centrífuga hacia las cabezas de los alfileres. Si la peonza en rotación está bien iluminada, las varillas de los alfileres se confunden y forman una cinta plateada continua bordeada por la abigarrada circunferencia que originan las cuentas. Para poder contemplar durante más tiempo el efecto que produce esta peonza, conviene hacerla bailar en un plato llano.

8. La peonza de la fig. 27 es de colores. Su fabricación es laboriosa, pero ella compensa el trabajo realizado poniendo de manifiesto propiedades admirables. De un trozo de cartón corte usted un círculo liso, traspáselo, con una aguja de hacer punto, en el centro y póngale una cerilla de palo afilada, apretándolo, para mayor solidez, entre dos círculos de corcho. Ahora divida el disco de cartón en partes iguales por medio de líneas rectas que vayan desde el centro a la periferia, lo mismo que cuando se corta una tarta redonda; las partes obtenidas - que un matemático llamaría «sectores»- pintelas alternativamente de amarillo y azul. ¿Qué verá usted cuando empiece a girar la peonza? El disco no parecerá azul ni amarillo, sino verde. Los colores azul y amarillo, al confundirse en nuestro ojo, dan un color nuevo, el verde.

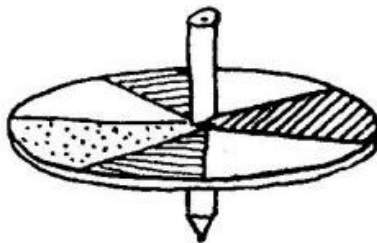


Figura 27

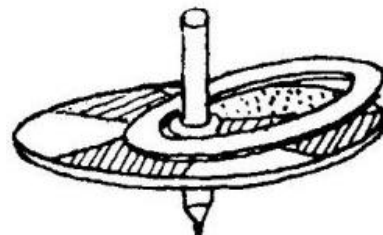


Figura 28

Continúe sus experiencias acerca de la mezcla de colores. Prepare un disco cuyos sectores estén pintados alternativamente de color celeste y anaranjado. Esta vez el disco, cuando gire, será blanco (o mejor dicho, gris claro, tanto más claro cuanto más puras sean sus pinturas). Dos colores que al mezclarse dan el blanco, se llaman en física «complementarios». Nuestra

peonza nos ha demostrado, pues, que el celeste y el anaranjado son dos colores complementarios.

Si su colección de colores es buena, puede usted atreverse a repetir el experimento que hace 200 años hizo el eminente científico inglés Newton. Concretamente: pinte los sectores del disco con los siete colores del iris: violeta, azul, celeste, verde, amarillo, anaranjado y rojo. Cuando el disco gire, estos siete colores deben confundirse dando un color blanco grisáceo. Este experimento le ayudará a comprender que cada rayo de luz solar blanca se compone de muchos rayos de color.

Una variante de nuestros experimentos con la peonza de colores consiste en lo siguiente: cuando la peonza esté ya bailando, eche sobre ella un anillo de papel; el color de este último cambiará inmediatamente (fig. 28).

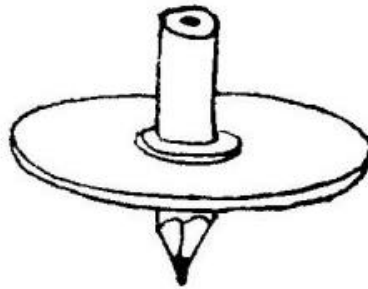


Figura 29

9. Peonza registradora (fig. 29). Haga usted una peonza como acabamos de decir, pero póngale como eje no una cerilla afilada o un palito, sino un lápiz blando con punta. Haga que esta peonza baile sobre una hoja de cartón un poco inclinada. La peonza, al girar, irá bajando poco a poco por el cartón y dibujando con el lápiz una serie de rizos. Estos rizos serán fáciles de contar, y como cada uno de ellos se forma al dar una vuelta completa la peonza, observando su rotación con un reloj en mano no será difícil determinar cuántas vueltas da la peonza cada segundo). A simple vista sería imposible contarlas¹.

A continuación se representa otro tipo de peonza registradora. Para hacerla hay que conseguir un disco de plomo, de esos que se ponen en los bordes de las cortinas para que queden tirantes. En el centro del disco hay que horadar un orificio (el plomo es blando y perforarlo no es difícil) y a ambos lados de éste practicar dos agujeremos (uno a cada lado).

El disco se ensarta por el orificio central en un palito afilado, a través de uno de los agujeremos se hace pasar un trozo de sedal de kaprón (fibra sintética) o de cerda, de manera que salgan por abajo un poquito más que el eje de la peonza; el sedal se fija en esta posición con una astillita de palo de una cerilla. El tercer agujerito se deja sin emplear; lo horadamos para que el disco de plomo pese exactamente lo mismo por ambos lados de su eje, de lo contrario la peonza estaría cargada irregularmente y no bailarían con suavidad.

Ya está hecha la peonza registradora; pero para hacer los experimentos con ella hay que preparar un plato ahumado. Después de mantener el fondo del plato sobre la llama de una astilla ardiendo, o de una vela encendida, hasta que su superficie se cubra de una capa uniforme de hollín espeso, se echa a bailar la peonza por esta superficie. Al girar, la peonza se deslizará por ella y el extremo del sedal trazará al mismo tiempo, en blanco sobre negro, un dibujo complicado pero bastante bonito (fig. 30).

¹ Los segundos pueden contarse también sin reloj, determinándolos por medio del cálculo mental. Para esto hay que aprender de antemano a pronunciar las palabras «uno», «dos», «tres», «y cuatro», «y cinco» ... de manera que en nombrar cada número se invierta exactamente 1 segundo. No crea que esto es un arte tan difícil: para aprenderlo harán falta unos diez minutos de entrenamiento, no más.

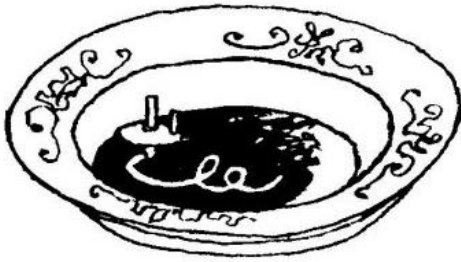


Figura 30

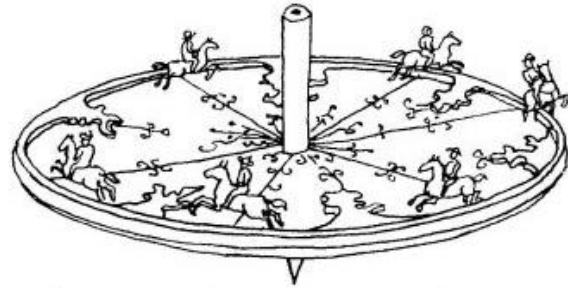


Figura 31

10. La cumbre de nuestros esfuerzos será la última perinola, una peonza carrusel. El hacerla es mucho más fácil de lo que parece a primera vista. El disco y la varilla que hace de eje son en este caso lo mismo que en la peonza de colores que ya conocemos. En el disco se hincan alfileres con gallardetes distribuyéndolos simétricamente alrededor del eje. Después se pegan en el disco unos diminutos caballitos de papel, con sus jinetes respectivos, y ya tiene usted un pequeño carrusel para distraer a su hermanito o hermanita menor (fig. 31).

Choque

Si se produce una colisión entre dos barcas, dos tranvías o dos bolas de croquet, sea esto un accidente o simplemente el desenlace de una jugada ordinaria, el físico denomina este hecho con la palabra "choque".

El choque dura un brevísimo instante; pero si los cuerpos que chocan son, como suele ocurrir de ordinario, elásticos, en este instante tienen tiempo de ocurrir muchas cosas. En cada choque elástico distingue el físico tres períodos. En el primer período del choque los dos cuerpos que intervienen en la colisión comprimen el uno al otro en el punto en que entran en contacto. Entonces comienza el segundo período, en el cual la compresión mutua alcanza su más alto grado; la reacción interna, que se produce en respuesta a la compresión, dificulta la continuación de esta última, ya que equilibra a la fuerza que presiona. En el tercer período del choque, la fuerza de reacción, al tender a restablecer la forma del cuerpo modificada durante el primer período, empuja a los cuerpos en sentidos opuestos: el objeto que chocó parece que recibe su golpe de vuelta. Y observamos, en efecto, que si, por ejemplo, una bola de croquet choca contra otra que esté en reposo y que pese lo mismo que ella, debido al contragolpe, la bola que choca se para en el sitio y la que estaba en reposo empieza a rodar con la velocidad que traía la primera.

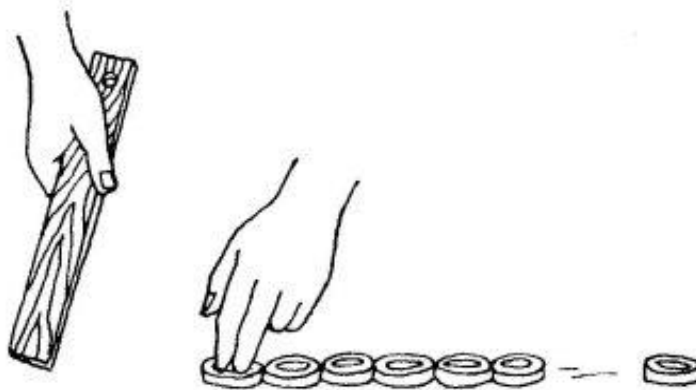


Figura 32

Es muy interesante observar lo que ocurre cuando una bola choca con una cadena de bolas en contacto mutuo que forman una fila recta. El golpe que recibe la bola que está en el extremo parece que pasa por la cadena, pero todas las bolas permanecen inmóviles en sus puestos y sólo la última, es decir, la más alejada del lugar del choque, sale despedida hacia un lado, ya que ella no tiene a quien transmitir el golpe y de quién recibirlo de vuelta.

Este experimento puede hacerse con bolas de croquet, pero también se consigue realizarlo con fichas del juego de damas o con monedas. Ponga las fichas formando una fila recta. La fila puede ser muy larga, pero las fichas deben estar necesariamente en apretado contacto unas con otras. Sujete con un dedo la ficha del extremo y déle un golpe a su canto con una regla de madera: verá usted cómo del otro extremo sale disparada la última ficha, mientras las intermedias continúan en sus puestos.

El huevo en el vaso

Los payasos de circo maravillan al público en ciertas ocasiones tirando bruscamente del mantel que cubre una mesa servida, pero toda la vajilla, platos, vasos, botellas, etc. permanece indemne en su sitio. Aquí no hay trampa ni maravilla, esto es cuestión de habilidad, que se adquiere a fuerza de entrenarse mucho.

Esta agilidad de manos no es probable que la consiga usted. Pero hacer un experimento semejante en pequeña escala no será difícil. Prepare usted en la mesa un vaso lleno de agua hasta la mitad y una tarjeta postal (o mejor aún, media tarjeta); pídale a sus mayores un anillo grande (de hombre), para hacer un experimento, y consiga un huevo duro. Coloque estos objetos así: el vaso con el agua tápelo con la tarjeta; sobre ésta, ponga el anillo, y encima de él coloque de pie el huevo. ¿Puede quitarse la tarjeta sin que el huevo caiga sobre la mesa?

A primera vista esto es tan difícil como tirar del mantel sin que caiga al suelo la vajilla que hay sobre él. Pero usted puede resolver esta delicada cuestión dándole un buen papirotazo al borde de la tarjeta. Esta se desplazará de su sitio y saldrá lanzada hacia el extremo opuesto de la habitación, y el huevo ... el huevo y el anillo irán a parar indemnes al vaso con el agua. El agua amortiguará el golpe e impedirá que se rompa la cáscara del huevo.

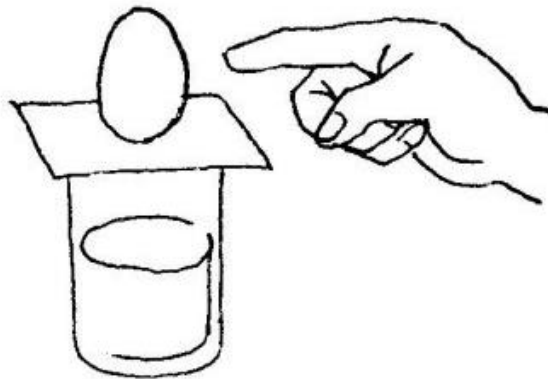


Figura 33

Una vez adquirida cierta habilidad, puede arriesgarse a hacer este experimento con un huevo crudo.

La explicación de esta pequeña maravilla consiste en que, debido a la corta duración del golpe, el huevo no tiene tiempo de recibir de la tarjeta expulsada una velocidad algo apreciable; mientras tanto, la propia tarjeta, que recibe el golpe directamente, tiene tiempo de deslizarse. El huevo, al quedarse sin apoyo, cae verticalmente dentro del vaso.

Si este experimento no le sale bien la primera vez, adiéstrese previamente haciendo otra experiencia más sencilla del mismo tipo. Deposite sobre la palma de su mano izquierda una tarjeta postal (o mejor, media tarjeta) y ponga encima de ella una moneda lo más pesada

posible. Después déle un papirotazo al borde de la tarjeta y expúlsela de debajo de la moneda: la cartulina se deslizará, pero la moneda quedará en su mano. El experimento resulta mejor aún si en vez de la tarjeta postal se utiliza un billete de ferrocarril.

Una rotura extraordinaria

Los ilusionistas hacen con frecuencia en escena un bonito experimento que parece extraordinario, aunque se explica con bastante facilidad.

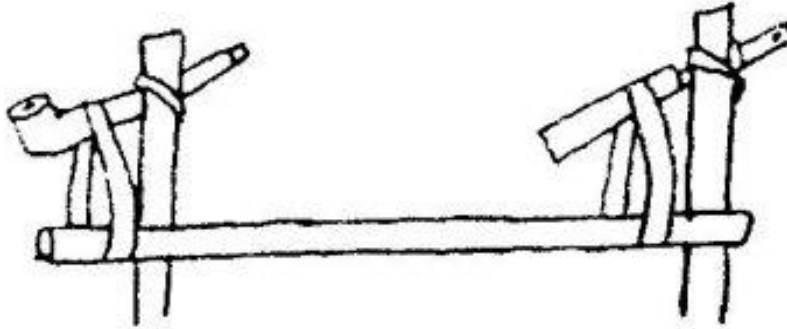


Figura 34

Un palo bastante largo se cuelga de dos anillos de papel; en los anillos se apoyan los extremos del palo. Uno de los anillos pende a su vez apoyándose en el filo de una navaja de afeitar, y el otro, está colgado de una gran pipa de fumar. El ilusionista coge otro palo, lo bolea, y le da con él un golpe al primero. ¿Y qué ocurre? ¡Se rompe el palo, y los anillos de papel y la pipa se conservan absolutamente indemnes!

La explicación de este experimento es la misma que la del precedente. El golpe es tan rápido y la acción tan poco duradera, que ni los anillos de papel ni los extremos del palo golpeado tienen tiempo de recibir desplazamiento alguno. Se mueve únicamente la parte del palo que recibe directamente el golpe, y por esto se rompe dicho palo. Por consiguiente, el secreto del éxito está en que el golpe sea muy rápido y seco. Un golpe lento y flojo no romperá el palo, sino los anillos de papel.

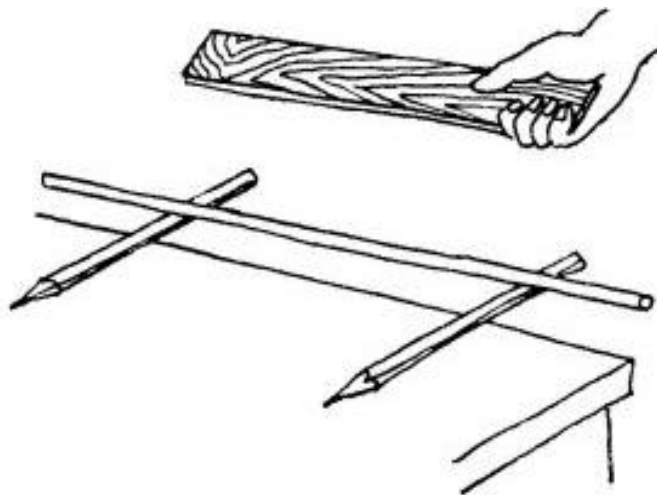


Figura 35

Entre los malabaristas hay algunos tan diestros, que se las ingenian para romper un palo apoyado en los bordes de dos vasos finos, y el vidrio queda intacto.

Digo esto como es natural, no para recomendar que se hagan semejantes trucos. Usted tendrá que conformarse con otras variantes más modestas de estos experimentos. Ponga sobre el borde de una mesa baja o de un banquillo dos lápices, de manera que una parte de ellos sobresalga libremente, y encima de estos entremos libres ponga un palito delgado y largo. Un golpe fuerte y rápido, dado con el canto de una regla en el centro del palo antedicho, lo romperá por la mitad, pero los lápices en que se apoyaban sus entremos continuarán donde estaban.

Después de esto comprenderá usted por qué es imposible cascar una nuez presionándola suavemente, aunque sea con fuerza, con la palma de la mano, mientras que es muy fácil romperla dándole un golpe fuerte con el puño; en este último caso el golpe no tiene tiempo de propagarse por la parte carnosa del puño, y nuestros blandos músculos no ceden a la presión de la nuez y actúan sobre ella como si fueran un cuerpo rígido.

Por esta misma razón una bala hace en la ventana un agujero pequeño y redondo, mientras que una china tirada con la mano, cuyo vuelo es mucho menos rápido, hace astillas todo el vidrio. Un empujón aún más lento puede hacer que la hoja de la ventana gire sobre sus goznes; ni la bala ni la china pueden hacer esto.

Finalmente, otro ejemplo de este mismo efecto es el corte de un tallo por un golpe dado con una varilla. Presionando lentamente con la varilla, aunque sea con mucha fuerza, no conseguirá usted cortar el tallo, sino únicamente desviarlo hacia un lado. Pero si le da un golpe con impulso, lo cortará con toda seguridad, siempre que el tallo no sea demasiado grueso. Aquí también, lo mismo que en los casos anteriores, con la rapidez del movimiento de la carilla se consigue que el golpe no tenga tiempo de transmitirse a todo el tallo. Se concentra solamente en la pequeña parte, afectada directamente que sufre todas las consecuencias del golpe.

Como un submarino

Un huevo fresco se hunde en el agua, esto lo sabe cada ama de casa. Cuando quiere saber si los huevos son frescos, los somete precisamente a esta prueba: si un huevo se hunde, es fresco, si flota, no debe comerse.

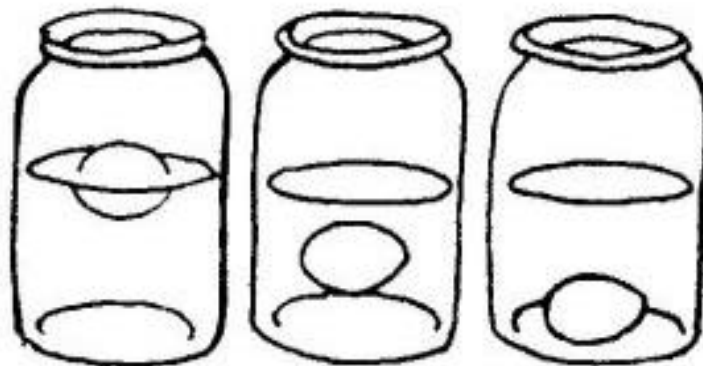


Figura 36

El físico deduce de esta observación que el huevo más fresco pesa más que un volumen igual de agua pura. Digo «pura» porque, si no es pura -por ejemplo, si tiene sal-, pesa más.

Puede prepararse una disolución tan densa de sal en agua, que el huevo sea más liviano que la salmuera que desaloja. Entonces, por el principio de flotación que descubrió Arquímedes en la antigüedad, el huevo más fresco flotará en esta agua.

Aplique usted estos conocimientos para hacer el siguiente experimento aleccionador: conseguir que el huevo ni se hunda, ni flote, es decir, que se mantenga «entre dos aguas». El físico diría

que el huevo en este estado estaría «suspendido». Para esto tendrá usted que preparar una solución de sal en agua tan concentrada, que el huevo sumergido en ella desaloje exactamente la misma cantidad de salmuera que él mismo pesa. Semejante solución sólo puede obtenerse después de hacer varias pruebas: si el huevo emerge, se añade un poco de agua, y si se hunde, se añade un poco de salmuera más concentrada. Con cierta paciencia logrará usted por fin obtener la salmuera en que el huevo sumergido ni flota ni se va al fondo, sino que permanecerá quieto en el sitio en que lo ponga.

En un estado semejante se encuentra el submarino. Este únicamente puede mantenerse debajo de la superficie del agua, sin caer al fondo, cuando pesa exactamente lo mismo que el agua que desaloja. Para conseguir que tenga este peso, los marinos dejan entrar dentro de él, a unos depósitos especiales, agua del mar; cuando hace falta elevarse, se expulsa esta agua. El dirigible -no el avión, sino precisamente el dirigible- flota en el aire por esta misma causa: de un modo semejante al huevo en el agua salada, el dirigible desaloja exactamente las mismas toneladas de aire que él pesa.

La aguja flotante

¿Se puede hacer que una aguja de acero flote en el agua lo mismo que una pajitas? Al parecer es imposible: un trozo macizo de hierro, aunque sea pequeño, debe hendirse inevitablemente en el agua.

Así piensan muchos, y si usted se encuentra entre estos «muchos», el siguiente experimento le obligará a cambiar de opinión.

Coja usted una aguja de coser ordinaria, que no sea demasiado gruesa, úntela de aceite o de grasa y dépositela con precaución en la superficie del agua de una taza, de un cubo o de un vaso. Verá con admiración que la aguja no se va al fondo. Se mantendrá en la superficie.

¿Por qué no se hunde, siendo más pesada que el agua? Indudablemente la aguja es siete u ocho veces más pesada que el agua y si se encontrara sumergida, no podría de ninguna manera emerger de por sí como emerge una cerilla. Pero nuestra aguja no se va al fondo. Para hallar la causa de que esto ocurra, fíjese atentamente en la superficie del agua junto a la aguja en flotación. Verá que junto a ella forma el agua un hueco, un pequeño valle, en cuyo fondo se encuentra la aguja.

La superficie del agua se comba junto a nuestra aguja porque ésta está recubierta de una tenue capa de grasa que el agua no moja. Usted quizá haya notado que, cuando tiene las manos grasientas, el agua que se echa en ellas deja la piel seca, es decir, no la moja. Las alas de los gansos, y de todas las aves que nadan (palmípedas), están siempre recubiertas de la grasa que segrega una glándula especial; por esto el agua no se adhiere a ellas. Por esta razón, sin jabón, que disuelve la capa de grasa y la elimina de la piel, es imposible lavarse las manos grasientas incluso en agua caliente. A la aguja engrasada tampoco la moja el agua y por eso la vemos en el fondo de la cañada líquida, mantenida por una película de agua que tiende a enderezarse. Esta tendencia del agua a enderezar la superficie sometida a la presión de la aguja, empuja a esta última hacia arriba y no deja que se hunda.

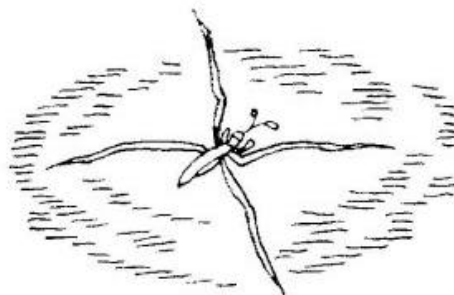


Figura 37

Como nuestras manos tienen siempre algo de grasa, aunque no la engrasemos adrede, la aguja que tengamos en ellas estará ya recubierta de una fina capa grasienta. Por esto se puede que flote una aguja que no haya sido engrasada intencionadamente: lo único que hace falta es adiestrarse a depositarla con mucho cuidado sobre el agua. Esto puede hacerse mucho del siguiente modo: sobre la superficie del agua se pone un trozo de papel de fumar y sobre él se deposita la aguja, después, con otra aguja, se van doblando hacia abajo los bordes del papel hasta que éste se sumerge totalmente en el agua. El trozo de papel de fumar se va entonces al fondo y la aguja se queda en la superficie.

Si ahora tiene usted ocasión de ver al insecto llamado tejedor o zapatero andando por el agua como si fuera por tierra, no le llamará la atención. Comprenderá usted que las patas de este insecto están recubiertas de una grasa que el agua no moja, por lo que debajo de ellas forman una depresión que, al tender a enderezarse, empuja al insecto desde abajo.

Campana de buzo

Para hacer este sencillo experimento sirve una palangana ordinaria; pero si se puede conseguir un tarro profundo y ancho, resulta más cómodo. Dos hará falta, además, un vaso alto, una copa grande. Este último será nuestra campana de buzo, y la palangana con agua representará el mar o un lago en pequeña escala.

No es probable que haya un experimento más simple que ésta. Sujete el vaso boca abajo y sumérjalo hasta el fondo de la palangana, sin dejar de sostenerlo con la mano (para que el agua no lo eche hacia arriba).

Al hacer esto notará usted que el agua casi no penetra dentro del vaso: el aire le impide el paso. Esto se hace mucho más visible cuando debajo de la campana se encuentra cualquier objeto que se moje fácilmente, por ejemplo, un trocito de azúcar. Ponga sobre el agua un disco de corcho, deposite en él el trozo de azúcar, tápelo con el vaso y sumerja este último en el agua. El azúcar se encontrará entonces más abajo que el nivel del agua, pero seguirá estando seco, ya que por debajo del vaso no entra agua.

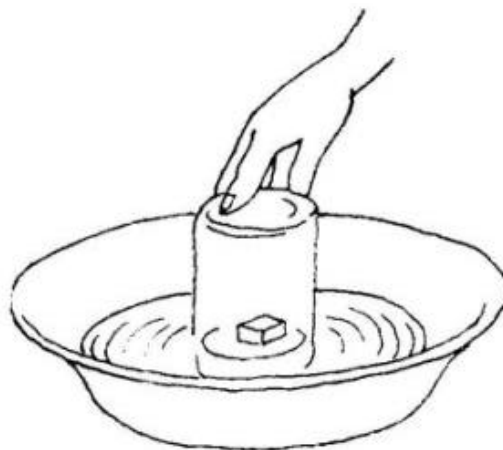


Figura 38

Este mismo experimento puede hacerse con un embudo de vidrio, poniéndolo con la parte ancha hacia abajo, tapando bien con un dedo su orificio y sumergiéndolo así en el agua. Esta no penetrará debajo del embudo; pero en cuanto quite el dedo del orificio y le dé salida al aire, el agua se elevará rápidamente en el embudo hasta el nivel de la circundante.

Como ve usted, el aire no es <nada>, como estamos acostumbrados a pensar, sino que ocupa un sitio determinado y no lo cede a otros cuerpos si no tiene a donde ir a parar.

Estos experimentos deben servirle también de explicación clara de cómo los hombres pueden hallarse y trabajar debajo del agua, en la campana del buzo o dentro de los tubos llamados

«cajones de cimentación». El agua no penetra en la campana de buzo o en el cajón de cimentación, por la misma razón que no pasa por debajo del vaso en nuestro experimento. ¿Por que no se derrama?

El experimento que vamos a describir es uno de los más fáciles de hacer. Este es el primer experimento que yo hice en los días de mi infancia. Llene de agua un vaso, tápelo con una tarjeta postal o con una hoja de papel y, sujetando ligeramente la tarjeta con dos dedos, invierta el vaso. Ya puede usted quitar la mano: el papel no se caerá y el agua no se derramará, si dicho papel está en posición completamente horizontal.

De esta forma puede usted trasladar resueltamente el vaso de un sitio a otro, incluso, quizá, con más comodidad que en las condiciones normales, porque el agua no salpicará. Cuando tenga ocasión, no le será difícil sorprender a sus amigos trayéndoles el agua -cuando le digan que quieren beber- en un vaso ... boca abajo.

¿Qué es lo que impide que se caiga la tarjeta venciendo el peso del agua que hay sobre ella? La presión del aire: esta presión actúa sobre la tarjeta desde fuera con una fuerza que, como puede calcularse fácilmente, es mucho mayor que el peso del agua que hay en el vaso, es decir, que 200 gramos.



Figura 39

El que por primera vez me enseñó y explicó este experimento me advirtió que, para que salga bien el vaso debe estar completamente lleno de agua, desde el fondo hasta los bordes. Si al agua sólo ocupa una parte del vaso, y el resto está lleno de aire, el experimento puede fracasar: el aire que hay dentro de vaso presionará sobre el papel, equilibrando la presión que ejerce el aire exterior, y éste, por consiguiente, deberá caerse.

Al saber esto, decidí hacer inmediatamente el experimento con el vaso a medio llenar, para ver yo mismo cómo caía el papel. Puede usted figurarse cuál sería mi sorpresa cuando vi que ... ¡tampoco se caía! Repetí varias veces el experimento y me convencí de que la tarjeta se mantiene tan bien como si el vaso estuviera lleno.

Esto me sirvió de clara lección de cómo hay que estudiar los fenómenos de la naturaleza. En las ciencias naturales, el juez supremo debe ser la experiencia. Toda teoría, por muy verosímil que parezca a nuestra razón, debe comprobarse con un experimento. «Creyendo y comprobando» -ésta era la regla de los primeros investigadores de la naturaleza (los académicos florentinos) en el siglo XVII; esta misma regla sigue en vigor para los físicos del siglo XX. Y si al comprobar una teoría resulta que la experiencia no la confirma, hay que buscar en qué peca precisamente dicha teoría.

En nuestro caso no es difícil encontrar el error del razonamiento que, a primera vista, parecía convincente. Separemos con cuidado uno de los ángulos del papel en el instante en que está tapando por abajo la boca del vaso medio lleno de agua. Veremos que, a través del vaso del agua, pasa una burbuja de aire. ¿Qué indica esto? Naturalmente, que el aire que hay en el vaso está más enrarecido que el que hay fuera: de lo contrario el aire de fuera no se lanzaría hacia el espacio que hay sobre el agua. En esto consiste la solución: en el vaso, aunque queda aire, éste es menos denso que el exterior y, por lo tanto, ejerce menos presión. Es evidente que, al invertir el vaso, el agua que baja desaloja de él parte del aire; la parte que queda, al ocupar el volumen inicial, se enrarece y presiona menos.

Como puede ver, incluso los experimentos físicos más simples si se les presta la atención debida, pueden inducir a razonamientos serios. Estas son las cosas pequeñas que enseñan lo grande.

Del agua y seca

Nos hemos convencido de que el aire que nos rodea por todas partes presiona con una fuerza considerable sobre todos los objetos con los cuales está en contacto. El experimento que vamos a describir ahora demuestra de un modo todavía más claro la existencia de lo que los físicos llaman la «presión atmosférica».

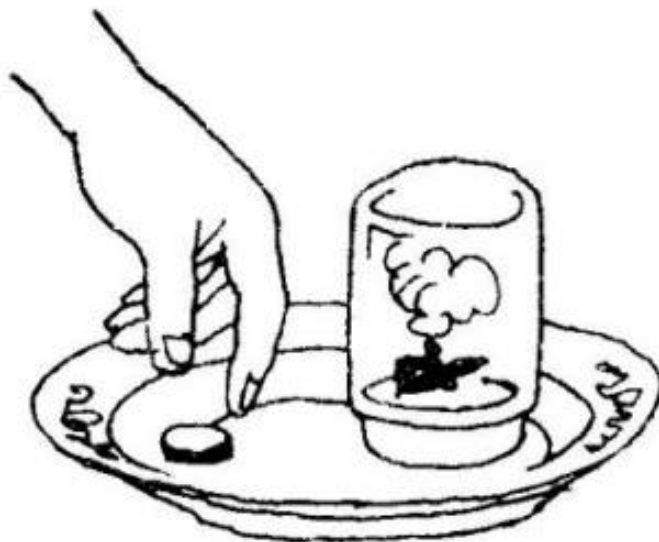


Figura 40

Ponga en un plato llano una moneda o un botón metálico y eche agua. La moneda quedará debajo del agua. Sacarla ahora con las manos desnudas, sin mojarse los dedos y sin vaciar el agua del plato, dirá usted, como es natural, que es imposible. Pero se equivoca, porque es completamente posible.

He aquí lo que hay que hacer. Prenda fuego a un papel dentro de un vaso, y cuando el aire se caliente, invierta el vaso y póngalo en el plato junto a la moneda, de modo que esta última no quede debajo del vaso.

Ahora observe lo que va a ocurrir. No tendrá que esperar mucho. El papel que ardía, como es natural, se apaga enseguida y el aire que hay en el vaso comienza a enfriarse. A medida que esto ocurre, el agua será como absorbida por el vaso y pronto se recogerá toda allí, dejando descubierto el fondo del plato.

Espere un poco, para que la moneda se seque, y cójala sin mojarse los dedos.

Comprender la causa de estos fenómenos no es difícil. Cuando el aire que hay en el vaso se calienta, se dilata, lo mismo que todos los cuerpos calentados, y la parte sobrante de su nuevo volumen sale del vaso. Pero cuando el aire que queda comienza a enfriarse, resulta insuficiente para, en estado frío, ejercer la misma presión que antes, es decir, para equilibrar la presión exterior de la atmósfera. Por esta razón, debajo del vaso el agua experimenta ahora, sobre nada centímetro de su superficie, una presión menor que en la parte abierta del plato: no es de extrañar, pues, que se vea obligada a entrar debajo de aquél empujada por el exceso de presión del aire exterior. Por consiguiente, el agua no es «absorbida» por el vaso, como parece a primera vista, sino metida a presión debajo de él desde fuera.

Ahora, cuando ya conoce usted la causa de los fenómenos que aquí ocurren, comprenderá también que para hacer este experimento no es necesario utilizar un papel ardiendo, un algodón empapado en alcohol y quemado (como suele aconsejarse) ni, en general, llama alguna. Basta enjugar el vaso con agua hirviendo y el experimento saldrá tan bien como antes. De lo que se trata es de calentar el aire que hay dentro del vaso; el procedimiento por que esto se consiga es absolutamente indiferente.

Es fácil, por ejemplo, hacer este experimento de la forma siguiente. Después de beberse el té, invierta el vaso, antes de que enfríe, y póngalo sobre un platillo en que haya echado usted un poco de té de antemano, para que en el instante de hacer el experimento ya esté frío. Al cabo de uno o dos minutos todo el té del platillo se habrá recogido debajo del vaso.

Paracaídas

De una hoja de papel de seda haga un círculo de varios palmos de diámetro. En el centro recórtelo un círculo de varios dedos de anchura. A los bordes del círculo grande ate hilos, ensartándolos en agujeritos; a los extremos colgantes de los hilos, que deben tener la misma longitud, ante cualquier peso ligero. Esta es toda la estructura del paracaídas, semejante, en pequeñas dimensiones, a la gran sombrilla que salva la vida de los aviadores obligados por cualquier motivo a abandonar su aparato.



Figura 41

Para probar cómo funciona nuestro paracaídas en miniatura, déjelo caer, desde la ventana de un piso alto, con el peso hacia abajo. El peso tensará los hilos, el círculo de papel se extenderá y el paracaídas descenderá con suavidad y tomará tierra blandamente. Esto si no hace viento. Pero si lo hace, aunque sea leve, nuestro paracaídas será arrastrado hacia arriba, se alejará de casa o irá a caer en algún lugar apartado.

Cuanto mayor sea la «sombrilla» del paracaídas, tanto mayor será el peso que pueda usted colgar de él (el peso hace falta para que el paracaídas no sea volcado), tanto más lentamente caerá, si no hace viento, y tanto más largo será su viaje, si lo hace.

Pero, ¿por qué se mantiene el paracaídas tanto tiempo en el aire? Como es natural, usted considera que el aire entorpece la caída del paracaídas; si el peso no fuera atado a la hoja de papel, caería rápidamente a tierra. La hoja de papel aumenta la superficie del objeto que cae, sin aumentar casi nada su peso; y cuanto mayor es la superficie del objeto, tanto más sensible es la resistencia que opone el aire a su movimiento.

Si ha comprendido usted esto, comprenderá también por qué flotan las partículas de polvo en el aire. Suele decirse: el polvo flota en el aire porque es más liviano que él. Esto es falso.

¿Qué son las partículas de polvo? Partículas diminutas de piedra, arcilla, metal, madera, carbón, etc. Todos estos materiales son centenares y millares de veces más pesados que el aire: la piedra, 1500 veces; el hierro, 6000 veces, la madera, 300 veces, y así sucesivamente. Por consiguiente, las partículas de polvo no son más livianas que el aire; al contrario, son mucho más pesadas que él y en modo alguno podrían flotar en este medio como las astillas en el agua.

Por lo tanto, toda partícula de cuerpo sólido o líquido debe caer inevitablemente en el aire, es decir, debe «hundirse» en él. Y, en efecto, cae, pero su caída se efectúa de un modo parecido a como lo hace el paracaídas.

Esto se explica por el hecho de que en los granitos pequeños la superficie no disminuye tanto como el peso; en otras palabras, los granitos más pequeños poseen una superficie bastante grande comparada con su peso. Si compara un perdigón con una bala redonda que pese 2000 veces más que él, la superficie del primero resultará ser solamente 200 veces menor que la de la segunda. Esto quiere decir que la superficie del perdigón, si se compara con su peso, es diez veces mayor que la de la bala. Figúrese usted que el perdigón sigue disminuyendo hasta que se hace un millón de veces más ligero que la bala, es decir, hasta que se convierte en una partícula de plomo. La superficie de esta partícula, en comparación con el peso, será 20 000 veces mayor que la de la bala. El aire dificultará su movimiento con una fuerza 10 000 veces mayor que la que opone al movimiento de la bala. Por esto la partícula planea en el aire, es decir, apenas si se nota como cae, y el soplo más leve de viento hasta puede arrastrarla hacia arriba.

La serpiente y la mariposa

De una tarjeta postal o de una hoja de papel fuerte, recorte usted un círculo del tamaño de la boca de un vaso. Luego, con unas tijeras, corte este círculo siguiendo una línea espiral como si fuera una serpiente enroscada; el extremo del rabo de la serpiente colóquelo, después de apretarlo un poco para hacer un hueco pequeño en el papel, sobre la punta de una aguja de hacer punto clavada en un corcho. Las espiras de la serpiente bajarán al hacer esto y formarán algo parecido a una escalera de caracol.

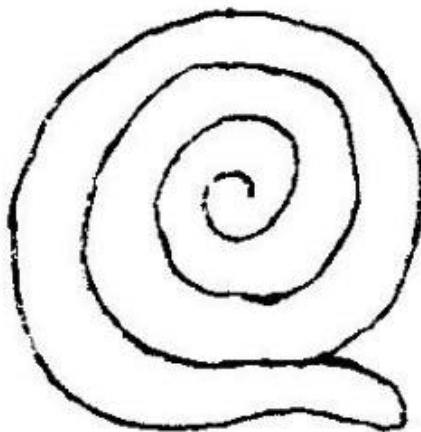


Figura 42

La serpiente ya está hecha. Pueden empezarse los experimentos con ella.

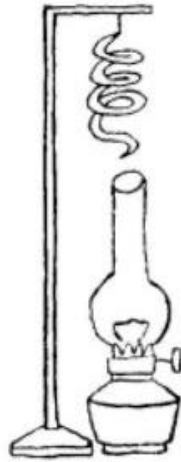


Figura 43

Póngala junto a una hornilla encendida: la serpiente empezará a dar vueltas, con tanta más velocidad cuanto más caliente esté la plancha. En general, junto a cualquier objeto caliente, una lámpara, el samovar, la serpiente girará más o menos activamente y sin parar, mientras dicho objeto no se enfríe. Girará con mucha rapidez si se cuelga sobre un quinqué, haciendo pasar un hilo por el extremo del rabo y anudándolo.

¿Qué es lo que hace girar a la serpientes? Lo mismo que hace girar las aspas de los molinos de viento: la corriente de aire. Junto a cada objeto caliente existe una corriente de aire templado que se eleva. Se origina esta corriente porque el aire, cuando se calienta, lo mismo que les ocurre a todos los cuerpos (menos al agua helada), se dilata y, por consiguiente, se enrarece, es decir, se hace más ligero. El aire circundante está más frío y, por lo tanto, es más denso y pesado y empuja al caliente obligándolo a subir, y él mismo ocupa su puesto, pero se calienta en el acto y sigue la suerte del primero, siendo desplazado por una nueva porción de aire más frío. De este modo cada objeto caliente origina sobre sí una corriente de aire que se mantiene mientras el objeto esté más caliente que el aire que lo rodea. En otras palabras, de cada objeto caliente sopla hacia arriba un viento caliente imperceptible. Este viento choca con las espiras de nuestra serpiente de papel y hace que gire, lo mismo que el viento hace girar las aspas de un molino.

En vez de la serpiente puede hacerse girar un papel de otra forma, por ejemplo, una mariposa. Lo mejor es recortarla de papel de fumar, atarla por el centro y colgarla de un hilo muy fino o de un pelo.

Hielo en una botella

¿Es fácil conseguir en invierno una botella de hielo? Al parecer no hay nada más sencillo, si en la calle está helando. Se llena de agua una botella, se pone fuera de la ventana, y lo demás lo hará la helada. El frío helará el agua y tendremos una botella llena de hielo.

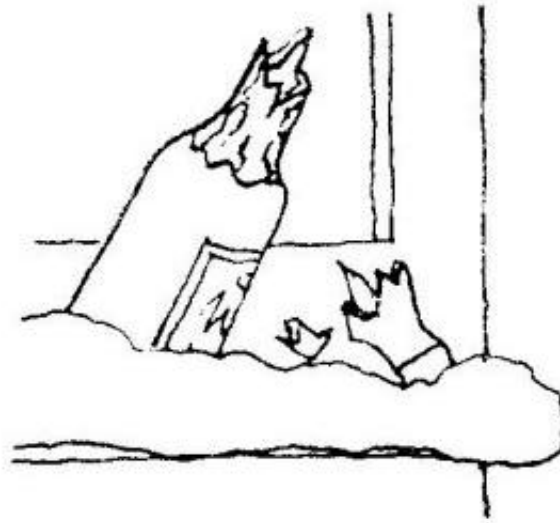


Figura 44

Pero si hace este experimento se convencerá de que la cosa no es tan fácil. Obtendrá hielo, pero la botella no resultará: la presión del hielo al congelarse, la rompe. Ocurre esto porque el agua, al helarse, aumenta de volumen de un modo bastante sensible, aproximadamente en una décima parte. La dilatación se realiza con tal fuerza, que no sólo se rompen las botellas tapadas, sino que incluso a las abiertas se les rompe el gollete, por la presión que ejerce el hielo al dilatarse debajo de él; el agua que se hiela en el gollete hace las veces de tapón de hielo que cierra la botella.

La fuerza de dilatación del agua al helarse puede romper hasta un metal, si la capa de él no es muy gruesa. El agua expuesta a la helada revienta las paredes de 5 centímetros de una bomba de hierro. No es de extrañar que se rompan con tanta frecuencia las tuberías de conducción de agua cuando ésta se hiela en ellas.

Por la dilatación del agua al helarse se explica también que el hielo flote en el agua y no se vaya al fondo. Si el agua se comprimiera al solidificarse -como casi todos los demás líquidos-, el hielo que se forma en ella no flotaría en su superficie, sino que se hundiría. Y entonces nos veríamos privados de los servicios que nos presta cada invierno ...es el hielo-papá vapor y locomotora nuestra, gratuita y natural.

Cortar una barra de hielo . . . dejándola entera

Usted habrá oído decir seguramente que dos trozos de hielo sometidos a presión se «sueldan». Esto significa que dichos trozos se hielan aún más intensamente cuando son oprimidos.

Precisamente ocurre lo contrario: cuando la presión es muy grande el hielo se funde, pero en cuanto el agua fría que se forma en este caso se libera de la presión, vuelve a helarse (porque su temperatura es inferior a 0°). Cuando apretamos unos trozos de hielo ocurre lo siguiente. Los extremos de las partes sobresalientes que se ponen en contacto entre sí y que sufren la presión más fuerte, se funden, formando agua cuya temperatura es inferior a cero grados. Esta agua sale hacia los lados, hacia los intersticios vacíos que hay entre los salientes; aquí no experimenta ya la presión elevada e inmediatamente se hiela, con lo cual suelda los trozos de hielo, formando uno mayor continuo.

Esto que acabamos de decir puede usted comprobarlo haciendo el bonito experimento siguiente.

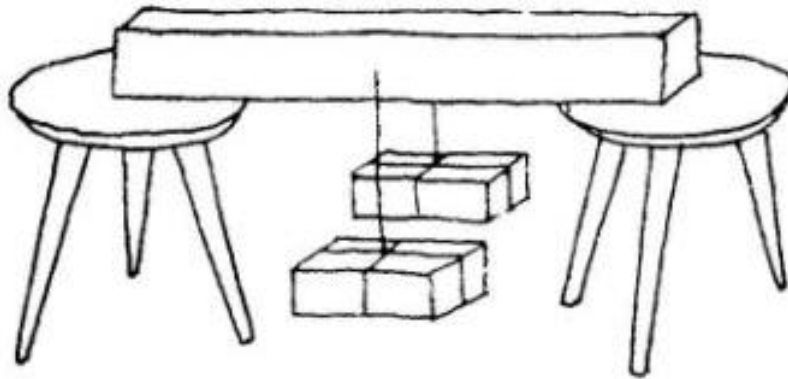


Figura 45

Elija una barra de hielo y apoye sus extremos en dos taburetes, sillas u otros objetos cualesquiera. Tienda por encima de la barra, transversalmente, un alambre de acero delgado, de unos 80 centímetros de largo; el grosor del alambre debe ser de medio milímetro o menos. De los extremos de este alambre cuelgue dos planchas o cualquier otro objeto que pese unos diez kilogramos. Por la presión de la carga, el alambre se hundirá en el hielo, pasará lentamente por toda la barra, pero ... no lo cortará. Cójala resueltamente: ¡estará entera, como si el alambre no la hubiera pasado de arriba a abajo!

Después de lo que se dijo antes acerca de la «soldadura» del hielo, comprenderá usted a qué se debe este raro fenómeno. Sometido a la presión del alambre, el hielo se iba fundiendo, pero el agua pasaba a la parte superior del alambre, se liberaba de la presión y volvía a helarse inmediatamente. En resumen, mientras el alambre cortaba las capas inferiores, las superiores volvían a soldarse.

El hielo es la única sustancia de la naturaleza con la cual puede hacerse semejante experimento. Por esto se puede viajar en trineo y patinar sobre el hielo. Cuando un patinador apoya el peso de su cuerpo sobre el patín, el hielo se funde bajo esta presión (si la helada 'no es demasiado intensa) y dicho patín se desliza; pero al pasar a otro sitio, el patín hace que también aquí se funda el hielo. Donde quiera que el patinador pone el pie, éste convierte la tenue capa' de hielo que hay debajo del acero del patín, en agua, la cual, en cuanto se libera de la presión, vuelve a helarse. Por esto, aunque el hielo está seco cuando se hiela, debajo de los patines está siempre lubricado por agua. Esta es la causa de que sea resbaladizo.

Transmisión del sonido

¿Ha tenido usted ocasión de observar desde lejos a un leñador cortando un árbol? O, quizá sea más probable, ¿ha visto desde lejos a un carpintero clavar un clavo? Si es así, se habrá dado cuenta de una cosa muy rara: el golpe suena no cuando el hacha se hunde en el árbol o cuando el martillo le pega al clavo, sino después, cuando el hacha o el martillo ha vuelto a ser levantado.

Si tiene ocasión de observar esto otra vez, retírese cierta distancia hacia atrás o acérquese. Después de hacer varias pruebas hallará un punto en el cual el sonido de los golpes del hacha o del martillo se oirá en el instante en que se ven dichos golpes. Retorne al sitio en que estaba antes y volverá a notar que el sonido no coincide con los golpes.

Ahora le será más fácil comprender cuál es la causa de estos extraños fenómenos. El sonido requiere cierto tiempo para ir desde el sitio en que se produce hasta nuestro oído; la luz recorre esta distancia casi instantáneamente. Y puede ocurrir que mientras el sonido va por el aire hacia su oído, el hacha o el martillo ya han tenido tiempo de levantarse para dar un nuevo o golpe. Entonces el ojo ve lo que el oído escucha; a usted le parece que el sonido coincide no con el instante en que la herramienta baja, sino con el de su subida. Pero si se aleja hacia atrás o se acerca hasta la distancia que recorre el sonido durante un vaivén del hacha, en el instante

en que el sonido llegue a su oído, el hacha habrá tenido tiempo de bajar de nuevo. En este caso, como es natural, verá y oirá usted simultáneamente un golpe, pero este golpe no será el mismo, sino distinto: verá usted el último golpe, pero oirá un golpe ya pasado (el penúltimo u otro anterior).

¿Qué distancia recorre el sonido en el aire en 1 segundo? Esto se ha medido exactamente: cerca de $\frac{1}{3}$ de kilómetro. Cada kilómetro es recorrido por el sonido en 3 segundos, y si el leñador que corta el árbol sacude el hacha dos veces por segundo, será suficiente que usted se halle a una distancia de 160 metros de él para que el sonido del hachazo coincida con la subida del hacha. La luz recorre en el aire cada segundo una distancia casi un millón de veces mayor que el sonido. Usted comprenderá, como es natural, que para todas las distancias que hay en la Tierra podemos considerar, sin temor a equivocarnos, que la velocidad de la luz es instantánea.

El sonido se propaga no sólo a través del aire sino también a través de otros cuerpos gaseosos, líquidos y sólidos. En el agua se propaga el sonido cuatro veces más deprisa que en el aire, y debajo del agua se oye claramente cualquier ruido. Los obreros que trabajan en los cajones de cimentación (grandes tubos verticales) debajo del agua, oyen perfectamente los sonidos de la orilla. Los pescadores pueden decirle cómo huyen los peces del menor ruido sospechoso que se produce en la orilla.

Aún mejor y más deprisa propagan el sonido los materiales sólidos elásticos, por ejemplo, la fundición, la madera, el hueso. Aplique su oreja al extremo de una vigueta o tronco de madera larga y pídale a un camarada que dé un golpecito con la uña o con un palito en el extremo opuesto: oirá usted el sonido fuerte del golpe transmitido a través de toda la longitud de la vigueta. Si alrededor hay suficiente silencio y no estorban sonidos extraños, puede oírse también a través de la vigueta el tic-tac de un reloj aplicado al extremo opuesto. También se propaga bien el sonido a través de los raíles o de las viguetas de hierro, de los tubos de fundición e incluso a través del suelo. Aplicando el oído a la tierra se puede escuchar el chacoloteo de las patas de los caballos mucho antes de que se perciba a través del aire. Por este procedimiento pueden oírse los cañonazos de piezas de artillería tan alejadas, que por el aire no se percibirían en absoluto.

Así transmiten el sonido únicamente los materiales sólidos elásticos; los tejidos blandos, mullidos y los materiales inelásticos propagan muy mal el sonido, lo «absorben». He aquí por qué se cuelgan cortinas gruesas en las puertas cuando se quiere que el sonido no llegue a la habitación vecina. Las alfombras, los muebles tapizados y los vestidos actúan sobre el sonido de un modo semejante.

La campana

Entre los materiales que transmiten bien el sonido mencioné en el artículo anterior el hueso. ¿Quiere usted convencerse de que los huesos de su propio cráneo poseen esta propiedad?



Figura 46

Coja con los dientes la argollita de un reloj de bolsillo y tápese los oídos con las manos; oirá usted con bastante claridad los golpes acompasados del áncora, sensiblemente más sonoros que el tic-tac que de ordinario percibe el oído, a través de los huesos de la cabeza. Aquí tiene otro experimento divertido que demuestra que los sonidos se transmiten bien a través de los huesos del cráneo. Ate usted una cuchara sopera en la mitad de una cuerda, de modo que ésta última tenga los dos extremos libres. Estos extremos apriételos con los dedos a sus oídos cerrados e inclinando el cuerpo hacia adelante, para que la cuchara pueda balancearse sin dificultad, haga que ésta choque con cualquier cuerpo sólido. Oirá usted un sonido bajo, como si al lado mismo de su oído sonara una campana. El experimento resulta todavía mejor si en vez de una cuchara se toma algo más pesado.

Una sombra horrible

¿Quieres ver algo extraordinario? - me preguntó mi hermano mayor una tarde-. Ven conmigo a la habitación de al lado. La habitación estaba a oscuras. Mi hermano cogió una vela y nos fuimos. Yo iba delante muy decidido, abrí la puerta con audacia y entré el primero en la habitación haciendo alarde de valor. Pero de repente me quedé pasmado: desde la pared me miraba un monstruo absurdo. Era plano, como una sombra, pero me miraba con los ojos desencajados.

Lo reconozco, me acobardé bastante. Y seguramente hubiera echado a correr, si no hubiese oído a mi espalda una carcajada de mi hermano.

Me volví, y comprendí de qué se trataba: el espejo que había colgado en la pared, estaba totalmente tapado con una hoja de papel, en la cual habían recortado unos ojos, una nariz y una boca, y mi hermano dirigía hacia él la luz de la vela de modo que la reflexión de estas partes del espejo cayeran precisamente sobre mi sombra.

Pasé una gran vergüenza: me había asustado de mi propia sombra.

Cuando después quise gastarles la misma broma a mis camaradas, me convencí de que no era tan fácil colocar el espejo de la forma conveniente. Tuve que entrenarme no poco antes de dominar este arte.

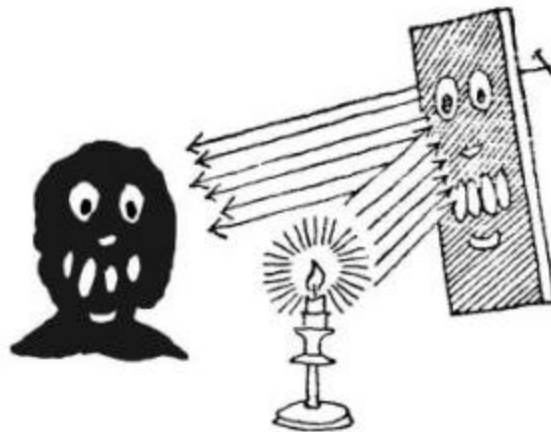


Figura 47

Los rayos de luz se reflejan en el espejo según unas reglas determinadas, a saber: el ángulo que forman con el espejo al encontrarse con él, es igual al que forman después de reflejarse. Cuando conocí esta regla ya no fue difícil darme cuenta de cómo había que colocar la vela con respecto al espejo para que las manchas claras fueran a caer precisamente en los sitios necesarios de la sombra.

Medir la intensidad de la luz.

Una vela colocada a doble distancia da una luz más débil. Pero, ¿cuántas veces más débil?

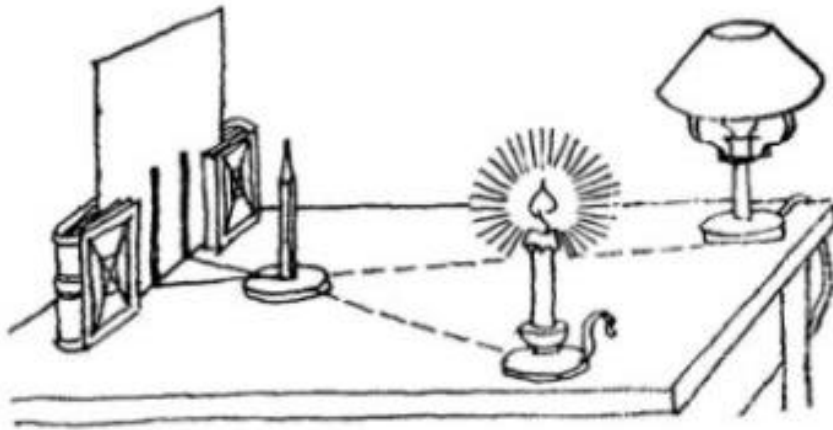


Figura 48

¿Dos veces? No, si pone usted dos velas a doble distancia no darán la misma luz que una a la distancia inicial. Para conseguir la misma iluminación que antes, a doble distancia hay que poner no dos, sino dos por dos, es decir, cuatro velas. A una distancia triple habrá que poner no tres, sino tres por tres, es decir, nueve velas, y así sucesivamente. Esto demuestra que a doble distancia la intensidad de la luz se debilita en cuatro veces, a triple, en nueve, a cuádruplo, en 16, a quíntuplo, en 5×5 , es decir, en 25 veces, etc.

Esta es la ley de la disminución de la intensidad de la luz con la distancia. Y al mismo tiempo diremos que la ley de disminución de la intensidad del sonido es idéntica: a una distancia séxtupla, el sonido se debilita no en seis, sino en 36 veces².

Conociendo esta ley podemos aplicarla para comparar entre sí la brillantez de dos lámparas o, en general, de dos fuentes de luz de distinta intensidad. Supongamos, por ejemplo, que usted desea saber con cuántas veces más intensidad brilla su lámpara que una vela ordinaria; en otras palabras, quiere determinar cuántas velas ordinarias serían necesarias para sustituir dicha lámpara y obtener la misma iluminación.

Para esto ponga usted la lámpara y una vela encendida en un extremo de la mesa, y en el otro coloque verticalmente (sujetándolo, por ejemplo, entre las páginas de unos libros) una hoja de cartulina blanca. Delante de esta hoja, no lejos de ella, sitúe, también verticalmente, un palito cualquiera, por ejemplo, un lápiz. Este lápiz proyectará sobre el cartón dos sombras: una, debida a la lámpara, y otra, debida a la vela. La densidad de estas dos sombras, en general, será distinta, porque una de ellas proviene de la lámpara brillante, y la otra, de la pálida vela. Aproximando esta última podrá conseguir que ambas sombras sean igual de negras. Esto significará que ahora la intensidad con que alumbra la lámpara es igual precisamente a la intensidad con que lo hace la vela. Pero la lámpara se encuentra más lejos de la cartulina iluminada por ella que la vela; mida usted cuántas veces está más lejos y podrá calcular cuántas veces brilla más la lámpara que la vela. Si, por ejemplo, la lámpara está tres veces más lejos de la cartulina que la vela, su brillo será 3 y 3, es decir, nueve veces mayor que el de esta última. Por qué esto es así se comprende fácilmente si se recuerda lo que dice la ley de la debilitación de la intensidad de la luz.

Otro procedimiento de comparar la intensidad de la luz de dos focos consista en utilizar una mancha de grasa en un papel. Esta mancha parece clara, si está iluminada por detrás, y

² Esto explica por qué, en el teatro, el cuchicheo de su vecino le impide a usted oír la voz fuerte del actor en escena. Si la escena está 10 veces más lejos de usted que su vecino, la voz del actor se debilitará 100 veces con respecto a como la escucharía si el mismo sonido procediera de la boca de su vecino. Por esto no es extraño que a usted le parezca más débil que el cuchicheo. Por esta misma razón tiene tanta importancia que los alumnos guarden silencio en clase durante las lecciones: la voz del maestro llega a los alumnos (sobre todo a los que están sentados lejos de él) tan debilitada, que incluso un leve cuchicheo del vecino más próximo impide oírlos.

oscura, si lo está por delante. Pero los dos focos que se comparan pueden situarse pon ambos lados de la mancha a unas distancias tales, que ésta parezca que está igualmente iluminada por las dos partes. Entonces no queda más que medir las distancias de la mancha a los focos y repetir los cálculos que hicimos en el caso anterior. Y para comparar simultáneamente las dos partes de la mancha, lo mejor es colocar el papel manchado delante de un espejo; en estas condiciones puede verse una parte directamente y la otra, en el espejo. Cómo hacerlo es cosa que usted mismo resolverá.

Cabeza abajo

La habitación en que entró Iván Ivánovich estaba completamente a oscuras, porque los postigos de las ventanas estaban cerrados, y un rayo de luz que entraba por un agujero practicado en uno de ellos tomaba un color irisado y, al toparse con la pared contraria, dibujaba en ella un abigarrado paisaje de tajados de juncos, árboles y el vestido tendido en el patio, pero todo visto del revés.

GOGOL. «De cómo riñeron Iván Ivánovich y Iván Nikíforovich».

Si en su apartamento o en el de alguno de sus conocidos hay una habitación cuyas ventanas den a la parte del sol, no le será difícil convertirla en un aparato físico que se conoce con el antiquísimo nombre de «cámara oscura». Para esto hay que cerrar la ventana con un tablero, por ejemplo, con una chapa de madera o una hoja de cartón forrada de papel oscuro, y practicar en esta última un pequeño orificio. Un día que haga sol, cierre usted la ventana y la puerta de la habitación, para que quede oscura, y ponga frente al orificio y a cierta distancia de él una hoja de papel grande o una sábana: esto será su «pantalla».

En ella parecerá inmediatamente la imagen disminuida de todo lo que puede verse desde la habitación, si se mira a través del orificio practicado. Las casas, los árboles, la gente, aparecerán en la pantalla con sus colores naturales, pero invertidos: las casas, con el tejado hacia abajo, la gente, cabeza abajo, etc.



Figura 49

¿Qué demuestra este experimento? Que la luz se propaga en líneas rectas: los rayos procedentes de la parte superior del objeto y los procedentes de su parte inferior se cruzan en el orificio del tablero y siguen adelante de tal modo, que los primeros resultarán abajo y los segundos arriba. Si los rayos de luz no fugar rectos, sino que se torcieran o quebraran, resultaría algo completamente distinto. Es interesante el hecho de que la forma del orificio no influye nada en las imágenes que se obtienen. La imagen que se obtiene en la pantalla será la misma si taladra usted en el tablero un orificio redondo o practica uno cuadrado, triangular, hexagonal o de otra forma cualquiera. ¿Ha tenido usted ocasión de ver en la tierra, bajo algún árbol frondoso, unas manchitas claras ovaladas? Pues éstas no son más que imágenes del Sol dibujadas por los rayos que pasan a través de diversos intersticios entre las hojas. Son casi

redondas porque el Sol es redondo, y un poco alargadas, porque inciden oblicuamente sobre la tierra. Ponga usted una hoja de papel de manera que forme un ángulo recto con los rayos de sol y obtendrá en ella manchas completamente redondas. Y durante un eclipse de sol, cuando la oscura esfera de la Luna se aproxima al Sol y lo tapa, convirtiéndolo en una hoz brillante, las manchas redondas de debajo de los árboles se transforman en pequeñas medias lunas.

El aparato con que trabajan los fotógrafos no es otra cosa que una cámara oscura, con la única diferencia de que en su orificio se ha puesto un objetivo para que la imagen resulte más clara y nítida. En la pared posterior de esta cámara se coloca un vidrio esmerilado, en el cual se obtiene la imagen cabeza abajo; el fotógrafo puede observarla únicamente si cubre la cámara y su propia cabeza con un lienzo negro, para que la luz extraña no moleste sus ojos.

Una cámara, semejante hasta cierto punto a ésta, puede hacerla usted mismo. Consiga una caja cerrada alargada y taladre en una de sus paredes un agujero. Quite la pared opuesta al orificio practicado y extienda en su lugar un papel untado en aceite. Este papel hará las veces de vidrio esmerilado. Colocando la caja en la habitación oscura y aplicando su agujero al practicado en la ventana cerrada, verá en su pared posterior una imagen bastante, clara del mundo exterior, invertida, como es natural.

Su cámara tendrá la ventaja de que, con ella no necesitará usted la habitación oscura, y podrá sacarla al aire libre y ponerla en cualquier parte. Lo única que tendrá que hacer escaparse la cabeza, y la cámara, con un lienzo oscuro, para que la luz extraña no le impida distinguir bien la imagen que se obtiene en el papel engrasado.

El alfiler invertido

Acabamos de hablar acerca de la cámara oscura, y de explicar como se hace, pero no hemos dicho una cosa interesante: que cada persona lleva siempre consigo dos pequeñas cámaras oscuras. Estas son nuestros ojos.

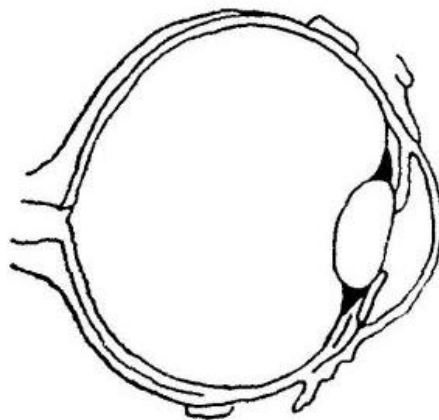


Figura 50

Figúrese usted, el ojo está construido de un modo semejante a la caja que le he propuesto hacer. Lo que se llama «pupila» del ojo no es un circuito negro en él, sino un orificio que conduce a las negras entrañas de nuestro órgano visual. Este orificio está cubierto por fuera de una capa transparente y de una sustancia gelatinosa, también transparente que hay debajo de la primera; por detrás se adapta a la pupila el «cristalino», que tiene forma de lente biconvexa, y todo el interior del ojo, desde detrás del cristalino hasta la pared posterior, en que se dibuja la imagen de los objetos externos, está llena de una sustancia transparente. La forma que tiene nuestro ojo cortado longitudinalmente se representa en la fig. 50. Pero todo esto no impide que el ojo siga siendo una cámara oscura, sólo que perfeccionada, ya que en el ojo se obtienen imágenes más claras y nítidas. Estas imágenes en el fondo del ojo son muy pequeñas: por ejemplo, un poste del telégrafo de 8 metros de altura, visto desde 20 metros de distancia, se

dibuja en el fondo del ojo en forma de una rayita finísima de, aproximadamente, medio centímetro de longitud.

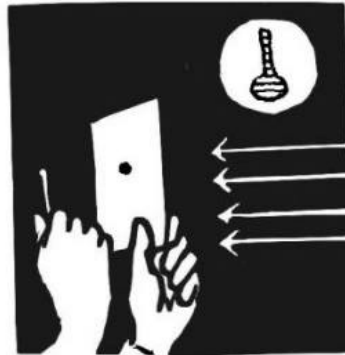


Figura 51

Pero lo más interesante aquí es que, aunque todas las imágenes se forman en el ojo, lo mismo que en la cámara oscura, invertidas, nosotros vemos los objetos derechos. Esta reinversión se produce en virtud de la larga costumbre: nosotros estamos acostumbrados a utilizar nuestros ojos de modo que a cada imagen visual percibida le hacemos tomar su posición natural. Que esto ocurre efectivamente así, puede usted comprobarlo en la experiencia. Procuremos hacer de forma que en el fondo del ojo se forme no una imagen invertida, sino derecha, del objeto. ¿Qué veremos entonces? Como estamos acostumbrados a invertir todas las imágenes, también invertiremos ésta; esto quiere decir que, en este caso, debemos ver no la imagen derecha, sino la invertida. Así es en realidad. El siguiente experimento revela esto con bastante claridad.

Con un alfiler, haga un agujerito a una tarjeta postal y manténgala delante de la ventana o de una lámpara a unos 10 centímetros del ojo derecho; delante de la tarjeta tenga el alfiler de tal modo, que su cabeza se halle frente al agujerito. En estas condiciones verá usted el alfiler como si estuviera detrás del orificio y, lo que es más importante, invertido. La fig. 51 muestra esta vista insólita. Y si desplaza el alfiler un poco hacia la derecha, su ojo verá que se desplaza hacia la izquierda.

La causa de que esto ocurra es que, en este caso, el alfiler se dibuja en el fondo del ojo no en posición invertida, sino derecha. El orificio de la tarjeta desempeña aquí el papel de foco luminoso que proyecta la sombra del alfiler. Esta sombra incide sobre la pupila y su imagen se obtiene no invertida, porque está demasiado próxima a la pupila. En la pared posterior del ojo se obtiene un círculo brillante; ésta es la imagen del orificio de la tarjeta. Y en él se ve la silueta oscura del alfiler, es decir, su sombra en posición derecha. Pero a nosotros nos parece que vemos el alfiler a través del agujerito de la tarjeta, detrás de él (ya que sólo vemos la parte del alfiler que cabe en el orificio) e invertido, porque, debido a la costumbre ya arraigada, le damos la vuelta inconscientemente a todas las imágenes visuales que percibimos.

Encender fuego con hielo

De pequeño me gustaba ver como mi hermano encendía el cigarrillo con un cristal de aumento. Colocaba el cristal bajo los rayos del sol, enfocaba la brillante manchita al extremo del cigarrillo y éste empezaba a echar una columnita azulada de humo, ardía.

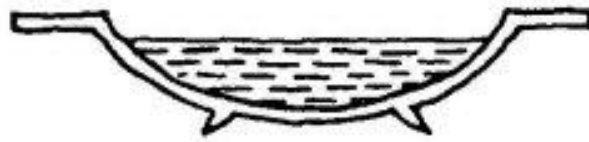


Figura 52

-Pues: sabes -me dijo mi hermano un día de invierno-, el cigarro puede encenderse también con hielo.

-¿Con hielo? -me asombré yo.

-Lo que enciende, como es natural, no el hielo, sino el sol, pero el hielo concentra sus rayos lo mismo que este vidrio.

-¿Y tú quieres hacer un vidrio de hielo, para encender

-De hielo ni yo ni nadie puede hacer un vidrio. Pero una lente de hielo con la que se pueda encender fuego, podemos hacerla.

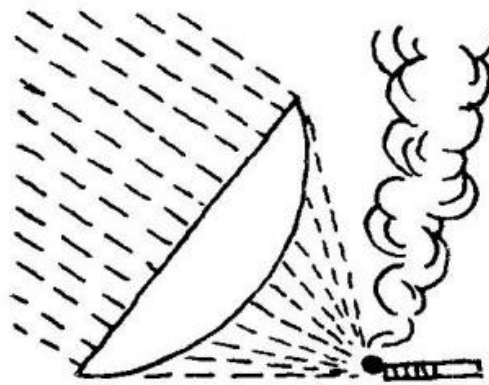


Figura 53

-Y, ¿qué es una lente?

-La forma que le daremos al hielo, como la de este vidrio, parecida a la de una lenteja: redonda, convexa, gruesa en el centro y delgada en los bordes.

-¿Y encenderá?

-Claro que encenderá.

-¡Pero si estará fría!

-Eso no importa. Si quieres, probamos.

Lo primero que hizo mi hermano es decirme que trajera una jofaina. La traje y él la desechó..

-Esta no sirve: ves, tiene el fondo plano. Tiene que tener el fondo curvo.

Cuando traje la otra jofaina, mi hermano echó agua limpia en ella y la puso a que se helase:

-Déjala que se hiele hasta el fondo; entonces tendremos una lente de hielo: por una parte será plana, y por la otra, convexa.

-¿Y tan grande?

-Cuanto más grande sea, mejor: más rayos solares recogerá en un punto.

Al día siguiente por la mañana corrí a ver nuestra jofaina. El agua se había helado en ella hasta el mismo fondo.

-Va a ser una lente estupenda -decía mi hermano, dándole golpecitos con el dedo al hielo-.

Saquémosla de la jofaina.

Esto resultó ser cosa fácil. Mi hermano metió la jofaina helada en otra, que tenía agua caliente, y el hielo se derritió pronto junto a las paredes. Sacamos la jofaina con el hielo al patio y pusimos la lente sobre una tabla.

-Hace buen tiempo -dijo mi hermano, entornando los ojos al sol-. El más a propósito para encender. Ten el cigarro.

Yo sostuve el cigarrillo y mi hermano cogió la lente con ambas manos y la volvió hacia el sol, de modo que él mismo no le daba sombra. Tuvo que hacer no pocas tentativas hasta que consiguió dirigir la marchita brillante de la lente al cigarrillo. Cuando la marchita se detenía en mis manos, yo sentía lo caliente que era. Yo no dudaba que el hielo encendería el cigarrillo. Y, en efecto, cuando la marchita cubrió el extremo del cigarrillo y se mantuvo allí cosa de un minuto, éste empezó a arder y a echar humo azulado.

-Ves, lo hemos encendido con hielo -dijo mi hermano, llevándose a la boca el cigarrillo encendido-. Así puede encenderse una hoguera, sin cerillas, aunque sea en el mismo polo, si es que hay leña.

La aguja magnética

Usted ya sabe lo que hay que hacer para que una aguja flote en la superficie del agua.

Aproveche ahora este arte para hacer un nuevo experimento más interesante.

Consiga un imán, aunque sea un pequeño imán en herradura. Si este imán se acerca a un platillo con agua en el que flote una aguja, ésta se dirigirá dócilmente hacia el correspondiente borde del platillo. La aguja hará esto con mucha más rapidez, si antes de ponerla sobre el agua pasa usted el imán varias veces por ella (debe pasarse uno de los extremos del imán y siempre en la misma dirección, y no en un sentido y en otro). Al hacer esto, la propia aguja se convierte en imán, es decir, se imana, y por esto, cuando está flotando, se dirige incluso a cualquier objeto no magnético de hierro ordinario.

Con una aguja magnética puede hacer usted muchas observaciones interesantes. Abandónela a sí misma, sin atraerla hacia el borde del platillo con ningún hierro o imán. La aguja tomará en el agua una dirección determinada, a saber, la dirección norte-sur, lo mismo que la de la brújula.

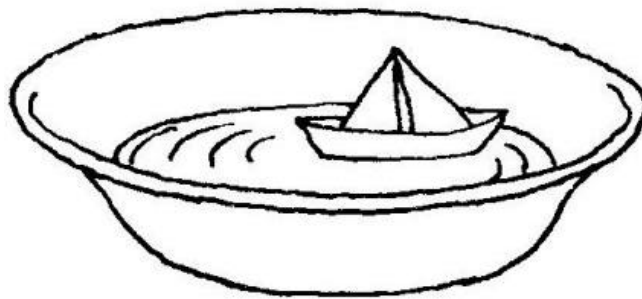


Figura 54

Gire el platillo, y verá que la aguja sigue indicando, como antes, con uno de sus extremos, el norte, y con el otro, el sur. Aproxime a uno de los extremos de la aguja un extremo (polo) del imán y observará que aquél no siempre es atraído por éste. La aguja puede volverse con respecto al imán, para acercarse a él su extremo opuesto. Aquí tenemos un caso de interacción de dos imanes: La regla de esta interacción dice, que los extremos de distinto nombre (norte de un imán y sur de otro) se atraen, y los del mismo nombre (ambos norte o ambos sur) se repelen.

Después de estudiar las peculiaridades de los movimientos de la aguja imanada, haga un pequeño barquito de papel y entre los pliegues de este último esconda una aguja. Así podrá admirar a sus camaradas no enterados, dirigiendo los movimientos del barquito sin tocarlo: éste obedecerá los movimientos de su mano, si, como es natural, tiene usted oculto en ella imán, cuya presencia no sospechen sus amigos.

Teatro magnético

Mejor dicho, no es un teatro, sino un circo, porque en él se presentan bailarines funambúlicos ... recortados de papel.



Figura 55

Ante todo tenemos que construir de cartón el edificio del circo. Después, en la parte baja de la escena tense un alambre, y sobre ella fije un imán en herradura. Ahora ocúpese de los artistas. Se recortan de papel, en distintas posiciones, de acuerdo con el oficio artístico que se les designe, con la única condición imprescindible de que su altura sea igual a la longitud de, la aguja que se pega detrás de ellos, a lo largo de la figura: puede pegarse con dos o tres gotitas de lacre.

Si una figura de éstas se coloca sobre la «cuerda», no sólo no se caerá, sino que permanecerá en posición vertical, atraída por el imán. Tirando ligeramente del alambre, animará usted sus bailarines volatineros, haciendo que se balanceen y den saltitos, sin perder el equilibrio.

Un peine electrizado

Aunque no sepa nada de la ciencia de la electricidad y desconozca hasta las primeras letras de su abecedario, puede hacer una serie de experimentos eléctricos curiosos y, en todo caso, útiles para su futuro estudio de esta admirable fuerza de la naturaleza.

El mejor sitio y tiempo para hacer estos experimentos eléctricos es una habitación caliente en un día de invierno que esté helando. Los experimentos de este tipo sólo salen bien cuando el aire está seco, y el aire caliente en invierno es mucho más seco que en verano a la misma temperatura.

Dicho esto, pasemos a los experimentos. Usted, como es lógico, se habrá pasado alguna vez un peine ordinario por sus cabellos completamente secos. Si ha hecho esto en una habitación caliente y en completo silencio, habrá podido oír el ligero chisporroteo que produce el peine al peinarse. Su peine se electriza al frotar con los cabellos.

Un peine ordinario puede electrizarse no sólo rozándolo con los pelos: si se frota con un paño de lana seco (o un trozo de franela), también adquiere propiedades eléctricas, incluso en

mayor grado. Estas propiedades se ponen de manifiesto de formas muy diversas, y ante todo en la atracción de cuerpos ligeros.

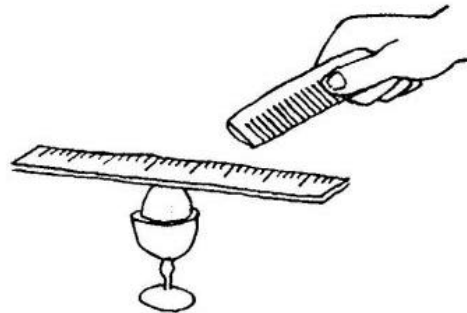


Figura 56

Acerque un peine frotado a unos trocitos de papel, o salvado, a una bolita de médula de saúco, etc., y todos estos pequeños objetos subirán y se adherirán al peine. Haga unos barquitos diminutos de papel liviano y échelos al agua: con un peine electrizado podrá dirigir los movimientos de su flotilla de papel, lo mismo que con una «varilla de virtudes». Puede hacerse un experimento aún más convincente: coloque un huevo en el huevero seco y, sobre él, ponga en equilibrio, horizontalmente, una regla bastante larga. Esta regla, cuando se acerque el peine electrizado a uno de sus extremos, girará con apreciable rapidez. Usted podrá hacer que la regla siga sumisamente al peine: que gire a uno u otro lado y que hasta dé vueltas completas.

Un huevo obediente

Estas propiedades eléctricas puede usted comunicárselas no sólo a un peine común, sino también a otros objetos. Una barra de lacre, frotada con franela o con la manga de una chaqueta, si es de lana, manifestará estas mismas propiedades.



Figura 57

También se electriza un tubito a una barra de vidrio, si se frota con seda: pero el experimento con el vidrio solamente sale bien cuando el aire está muy seco y tanto el vidrio como la seda se la secado bien calentándolos.

He aquí otro experimento divertido de atracción eléctrica. A través de un pequeño orificio, vacíe el contenido de un huevo de gallina: para conseguir esto, lo mejor es soplar dicho contenido por otro orificio practicado en el extremo opuesto. Una vez obtenido el cascarón vacío (los orificios se tapan con cera blanca), póngalo sobre una mesa, tablero o plato grande y, valiéndose de una varilla electrizada, haga que este huevo vacío ruede obedientemente detrás de ella. En un observador que no sepa que el huevo está vacío, este experimento (ideado por el insigne científico Faraday) produce una impresión desconcertante. Un anillo de papel o una pelotita liviana también siguen a la varilla electrizada.

Interacción

La mecánica enseña que una atracción unilateral -y en general una acción unilateral- no puede existir: toda acción tiene su reacción.

Esto quiere decir, que si una varilla electrizada atrae diversos objetos, la propia varilla es atraída por ellos. Para convencerse de que existe esta atracción no hay más que darle movilidad al peine o a la varilla, por ejemplo, colgándolos de un hilo (que es preferible que sea de seda).

Entonces es fácil notar que cualquier objeto no electrizado -su mano, por ejemplo-, atrae al peine, hace que gire, etc.

Esto, volvemos a repetirlo, es una ley general de la naturaleza. Esta ley se manifiesta siempre y en todas partes: toda acción es la interacción de (los cuerpos que actúan el uno sobre el otro en sentido contrario).

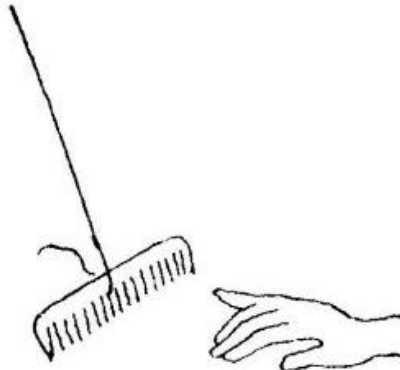


Figura 58

Una acción unilateral, no acompañada de la reacción de otro cuerpo, sobre el cual está dirigida, no existe nunca en la naturaleza.

Repulsión eléctrica

Volvamos al experimento con el peine electrizado colgado. Vimos que era atraído por cualquier cuerpo no electrizado. Resulta interesante probar cómo actuará sobre él otro objeto también electrizado.

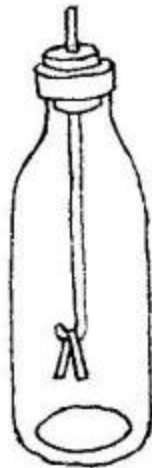


Figura 59

La experiencia le convencerá de que esta acción mutua de dos cuerpos electrizados puede ser diversa. Si al peine electrizado acerca una varilla de vidrio también electrizada, ambos objetos se atraerán entre sí. Pero si aproxima al peine una varilla de lacre electrizada u otro peine, la interacción se manifiesta en forma de repulsión.

La ley física que abarca este tipo de fenómenos, dice: las electricidades de signos distintos se atraen, y las de signos iguales se repelen. Son electricidades de igual signo las de los plásticos y el lacre (esta electricidad se llama resinosa o negativa), y de signo contrario, la electricidad resinosa y la electricidad vítrea (positiva). Las antiguas denominaciones de electricidad «resinosa» y «vítrea» ya no se usan, han sido desplazadas totalmente por las de electricidad «negativa» y «positiva».

En la repulsión de los objetos electrizados con electricidad de igual signo se basa la construcción de un aparato muy simple, que sirve para descubrir la presencia de la electricidad, llamado electroscopio. El sufijo «scopio» procede del griego «*skopein*» y significa «observar» o «examinar»; por este mismo modelo se forman las palabras < telescopio», «microscopio» y otras.

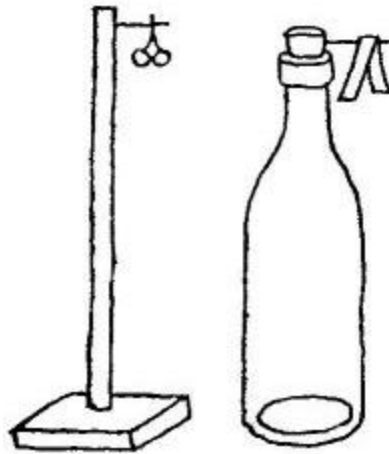


Figura 60

Usted mismo puede hacer este sencillo aparato. Por el centro de un redondel de cartón o de un corcho, que puedan servir de tapa a la boca de un tarro, se hace pasar una varilla; parte de ella debe sobresalir por arriba. Al extremo inferior de esta varilla se fijan con cera dos tiras de papel de estaño o de papel de fumar. Hecho esto, se pone el corcho o el redondel de cartón en la boca del frasco, se lacra a ella, y el electroscopio está listo para ser utilizado. Si acerca ahora al extremo saliente de la varilla un objeto electrizado, su electricidad se comunica a las dos tiras; ambas se electrizan simultáneamente y, por esta razón, se separan, debido a la repulsión mutua. La separación de las hojillas indica - que el objeto que se puso en contacto con la varilla del electroscopio estaba electrizado.

Si el arte de construir no se le da bien, puede hacer un electroscopio más sencillo: no será tan cómodo ni tan sensible, pero, a pesar de esto, servirá. Cuelgue de un palito de madera dos bolitas de médula de saúco, atadas con unos hilos, de modo que, al colgar, se toquen. Esto es el electroscopio: tocando una de las bolitas con el objeto que se prueba, verá usted que la otra bolita se desvía hacia un lado, si el objeto estaba electrizado.

Finalmente, en la figura puede ver usted otro tipo de electroscopio simplificado: de un alfiler hincado en el tapón de una botella se cuelga una tira de papel de estaño doblada por la mitad. Tocando el alfiler con un objeto electrizado, hará usted que las tiras se separen una de otra.

Una de las peculiaridades de la electricidad

Valiéndose de un aparato improvisado fácil de hacer, podrá usted comprobar una peculiaridad interesante y muy importante de la electricidad: ésta se concentra únicamente en la superficie del objeto, es más, solamente en sus partes convexas o salientes.

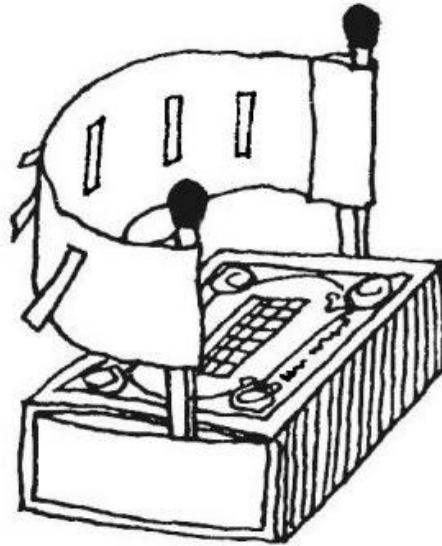


Figura 61

Con una gota de lacre, pegue usted una cerilla, en posición vertical, a una caja de cerillas; haga dos soportes de este tipo. Después, corte usted una tira de papel cuya anchura sea igual aproximadamente a la longitud de una cerilla, y cuya longitud sea de unas tres cerillas. Los extremos de la tira de papel enróllelos en forma de tubito, para que por ellos pueda meter las cerillas de los soportes. A esta tira de papel péguele a cada lado tres o cuatro tiritas estrechas de papel de fumar fino (fig. 61) y móntela en los soportes antedichos.

Con este aparato podemos hacer ahora unos experimentos. Tensemos la tira de papel y toquémosla con una varilla de lacre electrizada: el papel y todas las tiritas pegadas a él se electrizan simultáneamente; esto se manifiesta en que las tiritas de papel de fumar se levantan por ambos lados de la tira de papel. Coloque ahora los soportes de tal modo, que la tira se curve, y vuelva a electrizarla: las tiritas de papel de fumar sólo se levantarán en la parte convexa de la tira, en la parte cóncava seguirán colgando como antes. ¿Qué demuestra esto?

Que la electricidad se concentra únicamente en la parte convexa. Déle a la tira de papel la forma de S y podrá convencerse una vez más de que la electricidad sólo manifiesta su presencia en la parte convexa del papel.