



Muriel Mandel

Muriel Mandel

# FISICA RECREATIVA



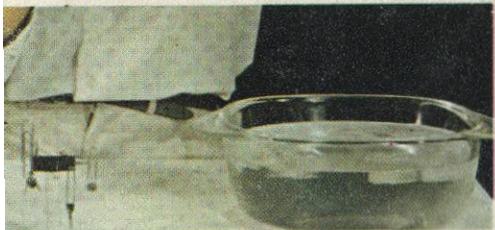
FISICA RECREATIVA



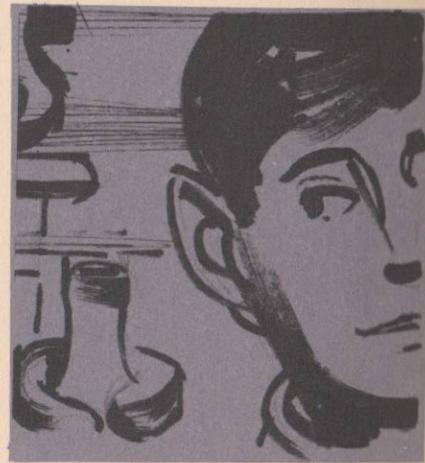
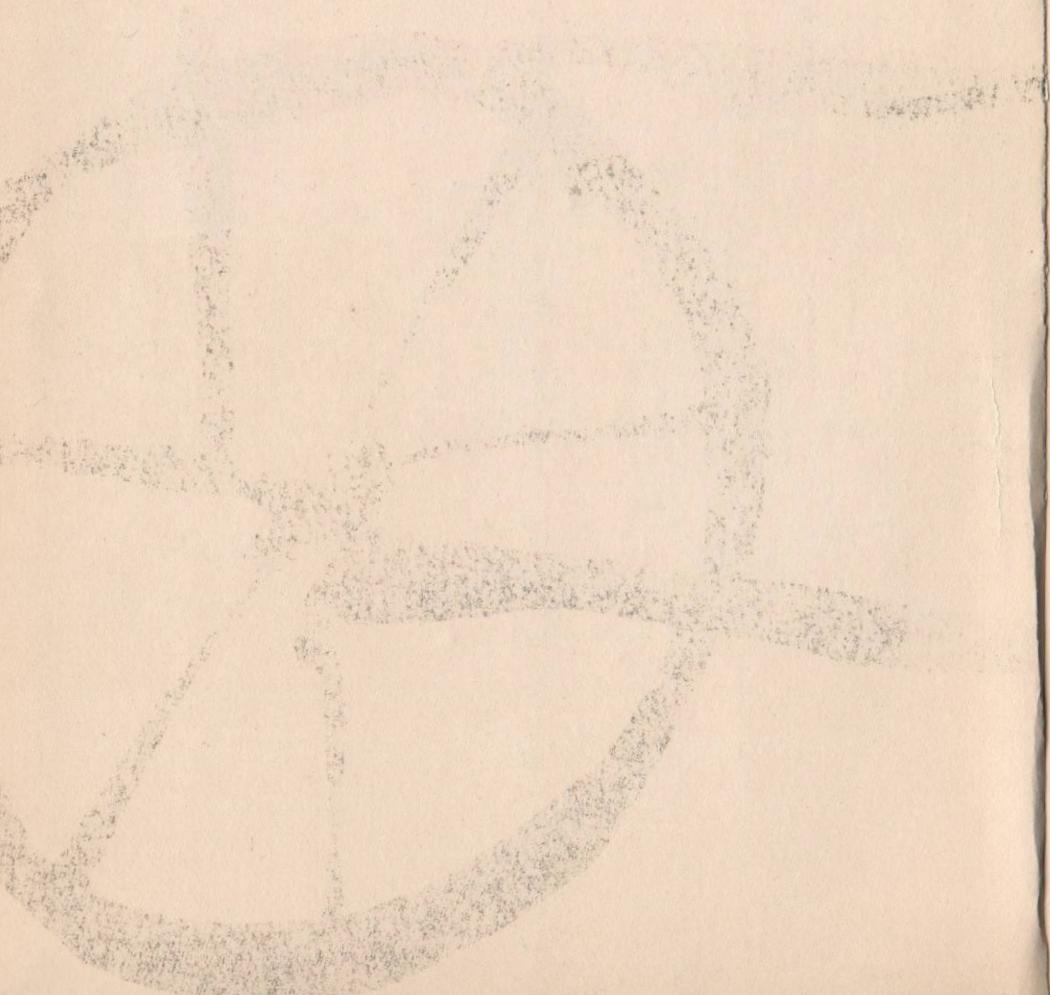
santillana



ENCICLOPEDIA  
de las AFICIONES







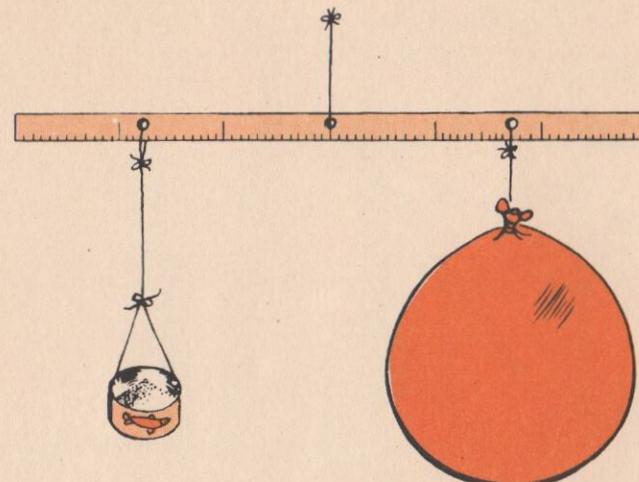
A CADA CUAL LE  
ARRASTRA SU AFICION

Virgilio

**ENCICLOPEDIA  
DE LAS AFICIONES**

**LA INTELIGENCIA CREA  
LA MANO REALIZA**

# física recreativa

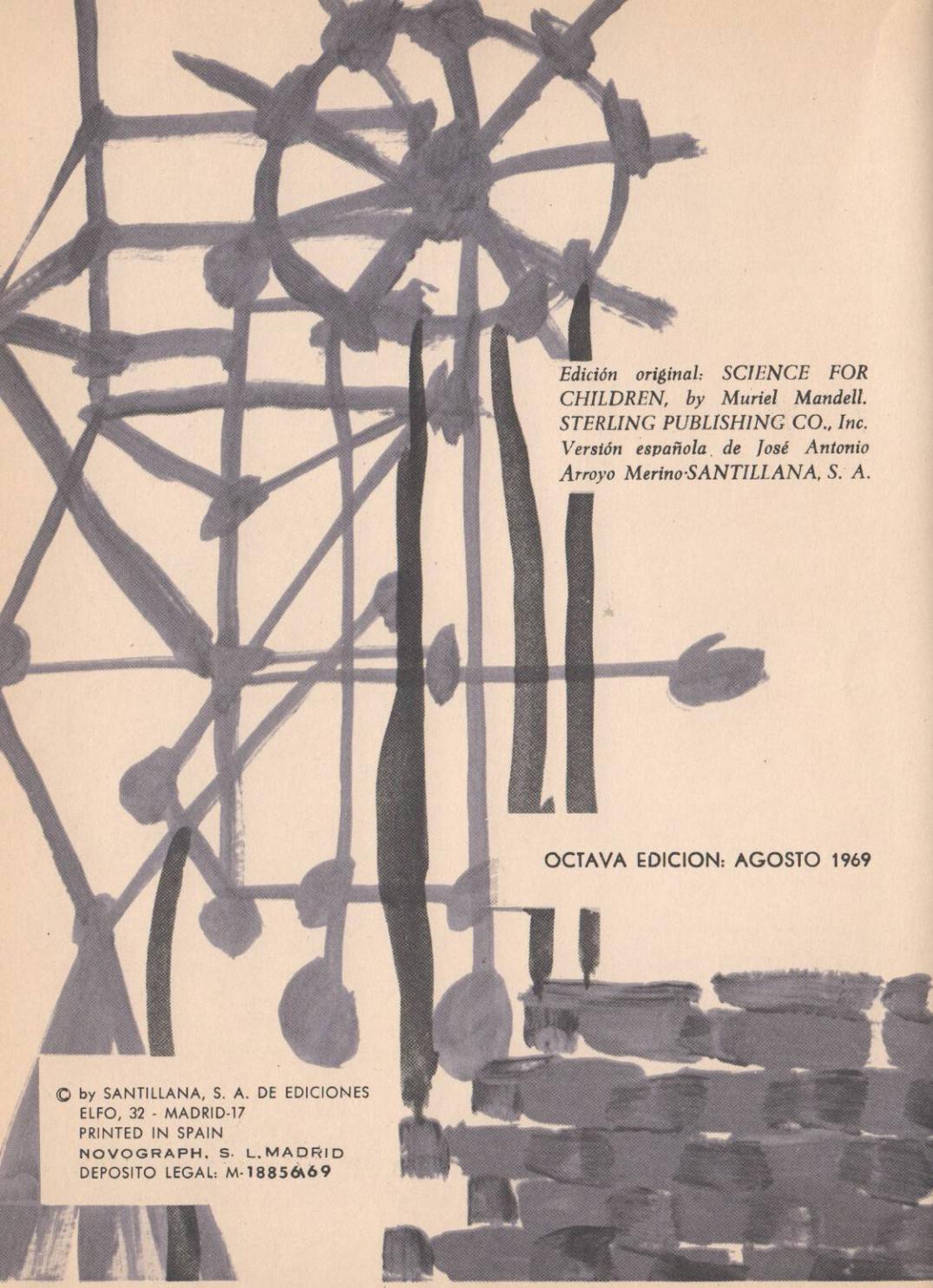


Muriel Mandel

8.º EDICION

Edición especial  
para el Ministerio de  
Educación y Ciencia

**santillana**

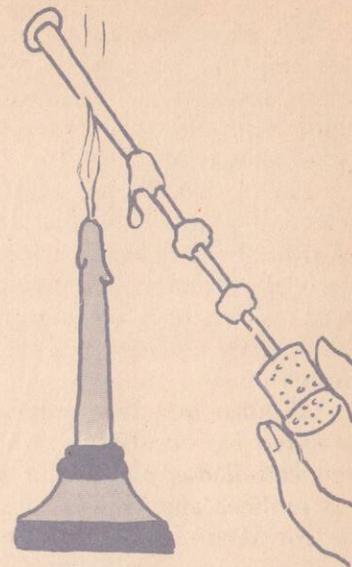


Edición original: *SCIENCE FOR CHILDREN*, by Muriel Mandell.  
STERLING PUBLISHING CO., Inc.  
Versión española de José Antonio Arroyo Merino-SANTILLANA, S. A.

OCTAVA EDICIÓN: AGOSTO 1969

© by SANTILLANA, S. A. DE EDICIONES  
ELFO, 32 - MADRID-17  
PRINTED IN SPAIN  
NOVOGRAPH, S. L. MADRID  
DEPOSITO LEGAL: M-1885669

## introducción



La Ciencia es una constante pregunta al mundo circundante. El científico trata de encontrar, por todos los medios, las preguntas que la Ciencia va haciendo, procurando satisfacerlas adecuadamente; con su pensamiento, elaborando teorías y, con su acción, realizando experimentos que las confirmen.

En el mundo de la Física, hoy tan amplio e incitante, están planteadas algunas de las cuestiones más interesantes de nuestro mundo, y a las cuales, centenares de hombres de ciencia tratan de responder satisfactoriamente en un quehacer apasionante de nuevas teorías y grandes experimentos.

Tú, a escala más reducida, también tienes la posibilidad de sentirte como ellos y elaborar tus preguntas, a las que puedes contestar con una serie de experimentos sencillos, que en este libro puedes encontrar.

No es necesario, para ello, una especial instalación ni un costoso material de laboratorio. Solamente necesitas disponer de un pequeño espacio libre en cualquier habitación de tu casa, y preparar tu material buscando entre los utensilios más frecuentes en ella. Alguna vez, como en los experimentos sobre electricidad, necesitarás algún material especial, como las baterías o pilas secas, pero que estarán a tu alcance con un pequeño desembolso.

Los experimentos no ofrecen ningún peligro. En ninguno de ellos debes emplear la corriente eléctrica, eliminando así la posibilidad de cualquier accidente. En cuanto a los experimentos sobre el calor, si tú no estás habituado a manejar el fuego, puedes solicitar la ayuda de alguna persona mayor.

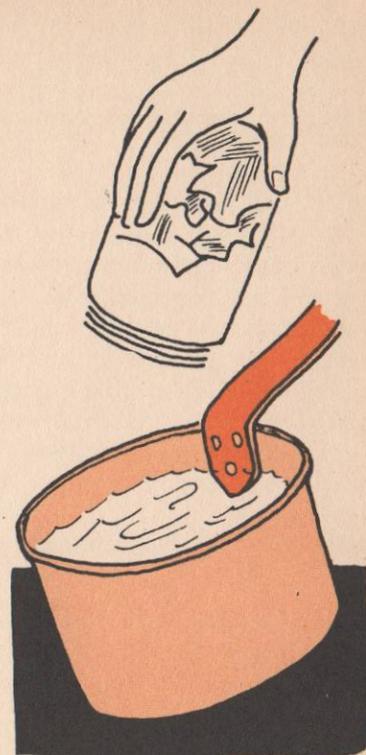
Puede ocurrir que algún experimento falle. No te desanimes y repítelo una y otra vez, hasta que resulte perfectamente. Ten en cuenta que el fracaso es muchas veces compañero inseparable del experimentador, pero el verdadero científico debe, en su camino tras la verdad, usar de gran paciencia y fortalecer su voluntad. Además, en ocasiones, es tan instructivo el fracaso como el éxito para llegar a encontrar el porqué de las cosas.

El libro que te ofrecemos está dividido en siete capítulos, que comprenden las cuestiones más fundamentales de la Física elemental, y que son estudiadas por medio de sencillas experiencias. Te aconsejamos que las realices siguiendo el orden expuesto, ya que aunque cada capítulo es independiente de los demás, el método también cuenta.

Los experimentos no contienen ningún truco espectacular para asombrar a tus amigos. Piensa que ellos pueden hacerlos también. Principalmente van dirigidos a proporcionarte una serie de experiencias sobre principios más teóricos, que puedes encontrar ampliamente expuestos en otros textos.

Sin embargo confiamos en que al final convendrás con nosotros en que el mundo de la realidad es generalmente más apasionante que el mundo de la fantasía.

## el aire



### ¿El aire ocupa espacio?

En un vaso grande u otro recipiente de cristal semejante introduce un pañuelo o una pelota de papel, apretándolo contra el fondo de modo que no se caiga al dar la vuelta al vaso.

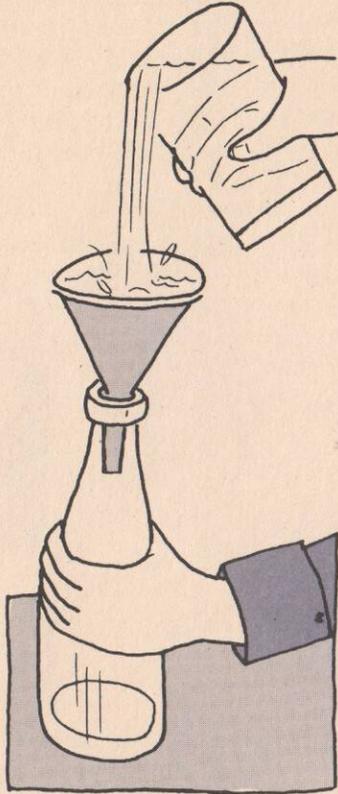
Llena un cazo de agua hasta cerca del borde y lleva sobre él el vaso con el pañuelo, previamente invertido. A continuación lo introduces en el agua con la boca hacia dentro del líquido y lo mantienes en esa posición durante uno o dos minutos. Al cabo de este tiempo retira el vaso y saca el pañuelo o la pelota de papel, según lo que tú hayas empleado.

**Observa que el pañuelo está seco.**

**Explicación:** El vaso «vacío» sólo lo está aparentemente. En realidad está lleno de aire, por lo que el agua no puede llenarlo, y el pañuelo

permanece seco. El aire, por lo tanto, ocupa espacio que no puede ser llenado con otro cuerpo.

El aire es un gas (mejor una mezcla de varios gases) y no presenta forma o tamaño propios, pero sí puede llenar cualquier espacio.



### ¿Puedes llenar una botella vacía?

Coloca un embudo en el cuello de una botella vacía y rellena bien el espacio que queda entre ambos con arcilla o cera fundida, de manera que por allí no pueda salir nada de aire.

Después llena de agua el embudo y observa lo que ocurre.

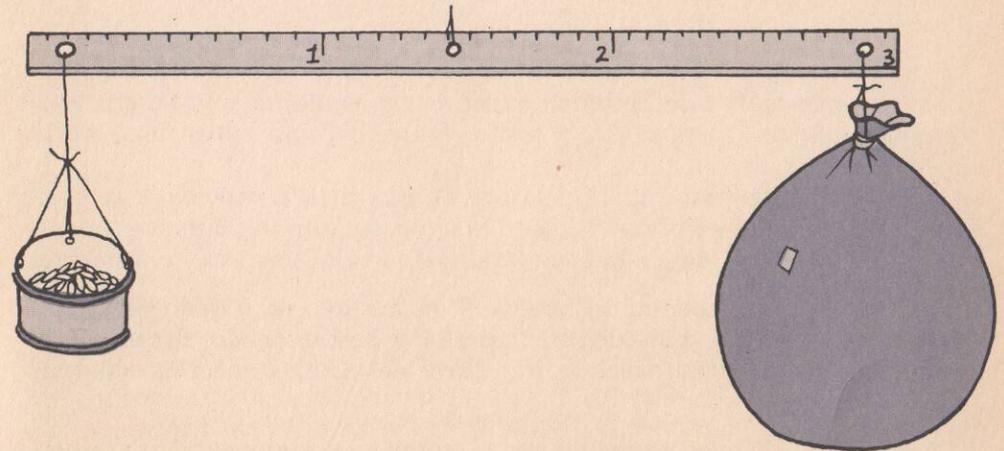
A continuación de esta observación quita la arcilla o cera del cuello de la botella y realiza de nuevo la operación.

**Observa que** mientras la cera o arcilla tapa el espacio existente entre el embudo y el cuello de la botella, el agua no penetra en ella o lo hace a borbotones pequeños, sin formar un chorro continuo. Cuando, retirando la cera o la arcilla, dejas libre el espacio para la salida del aire de la botella, el agua del embudo entra fácilmente.

**Explicación:** La arcilla o la cera cierran herméticamente el cuello de la botella por la parte externa del embudo, y al penetrar el agua en el interior impide la salida del aire, que no puede escapar nada más que a través del chorro de agua, cosa muy difícil. Como el aire ocupa su parte del espacio en el interior de la botella impide la entrada del agua, que tú no puedes llenar. Solamente cuando retiras la cera o la arcilla el aire tiene una salida, y el agua pasará a ocupar el espacio del interior de la botella. Esta es una segunda demostración de cómo el aire ocupa una parte del espacio, aunque a veces aparezca como vacío a nuestros ojos.

### ¿Tiene peso el aire?

Prepara un listón de madera de un metro de largo, tres centímetros de ancho y medio centímetro de grueso. Taladra dos orificios en cada extremo, de manera que estén perfectamente centrados y a la misma distancia de cada borde. Practica un tercer orificio en el centro del listón



y suspéndele por él con una cuerda fina o un alambre, de manera que quede en equilibrio y en posición perfectamente horizontal.

Coge un globo de goma de gran tamaño y bien lleno de aire (procura que éste no se escape cerrando bien su entrada), cuélgalo de uno de los extremos del listón, pasando una cuerda por el correspondiente orificio terminal. Para equilibrar de nuevo el listón suspende del otro extremo un pequeño recipiente (muy ligero) que puedas llenar más o menos de arena, arroz, etc. (observa el dibujo). Una vez conseguido el nuevo equilibrio deja que escape el aire contenido en el globo.

**Observa que** el conjunto se desequilibra, de manera que el platillo resulta más pesado que el globo vacío.

**Explicación:** Al escapar el aire del globo, éste resulta más ligero que cuando estaba lleno. Esta diferencia de peso demuestra que el aire que ocupaba el interior del globo es pesado.

Al nivel del mar, el aire tiene un peso de 1.293 gramos por metro cúbico. (Si puedes disponer de un cajón que tenga un metro de arista en sus tres dimensiones podrás tener una idea muy exacta del volumen que ocupan 1.293 gramos de aire). En la cumbre de una montaña, el aire se hace menos denso y, por consiguiente, pesa menos.

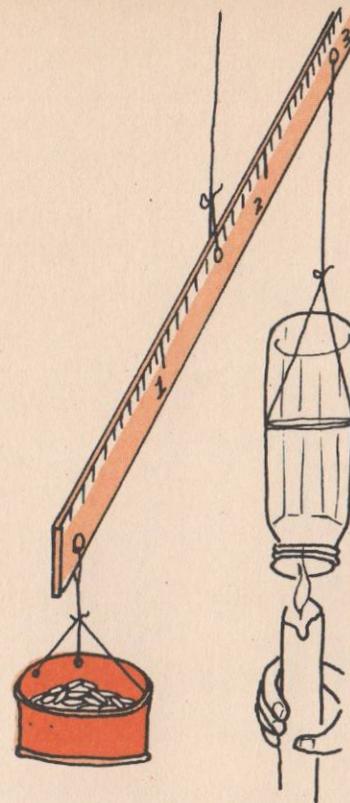
## ¿Pesa más el aire frío que el caliente?

Con el dispositivo del anterior experimento equilibra una botella mediana colgada con la boca hacia abajo. Emplea, como antes, un platillo con arena o arroz.

Una vez el conjunto equilibrado acerca una vela encendida a la boca de la botella aparentemente vacía y calienta su interior durante un minuto. A continuación retira la llama y equilibra el dispositivo nuevamente.

**Observa que** al calentar la botella el dispositivo se desequilibra, elevándose el brazo del que cuelga la botella y descendiendo el otro. Para restablecer el equilibrio debes retirar parte del arroz o la arena del platillo.

**Explicación:** El aire contenido en la botella pesa menos al ser calentado y, por lo tanto, se rompe el equilibrio de tu aparato.



## Comportamiento del aire caliente

Prepara dos recipientes de boca ancha y de igual tamaño. Uno de ellos lo metes en agua muy caliente, y el otro, en agua fría. Déjalos un cierto tiempo y en seguida los retiras y los secas cuidadosa pero rápidamente. Con ello dispondrás de un recipiente caliente y otro frío.

A continuación coloca el recipiente caliente debajo del frío, uniendo sus bocas e introduciendo una cartulina entre ambos de modo que el aire contenido en ellos esté separado por el momento. En el frasco caliente echa una bocanada de humo de cigarro, de modo que lo llene totalmente. Ahora retira la cartulina sin separar los frascos.



**Observa que** el humo asciende rápidamente del frasco caliente (inferior al frío (superior).

**Explicación:** El humo asciende porque el aire caliente, más ligero, le hace elevarse y ocupar el espacio del aire del recipiente frío, que, más pesado, descende para ocupar la parte más baja.

Repite ahora el experimento con el recipiente caliente encima del frío. ¿Qué ocurrirá ahora?

## ¿Qué es el viento?

Espolvorea un poco de polvos de talco sobre un trozo de tela. Dispón una lámpara sobre la mesa y, estando aún apagada, sacude el trozo de tela cerca de ella y observa lo que ocurre con el talco.

Enciende la lámpara, que en pocos minutos estará muy caliente, y vuelve a sacudir otra vez la tela con polvos de talco.



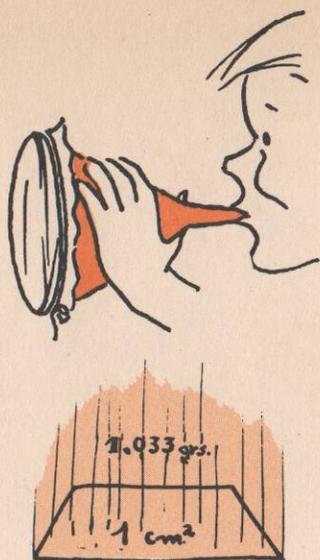
**Observa que** antes de encender la lámpara el polvo de talco cae lentamente, depositándose sobre la mesa o el suelo. Una vez la lámpara encendida y caliente, el polvo asciende en el aire.

**Explicación:** Al calentarse el aire por la acción de la lámpara, pesa menos y, por tanto, asciende, arrastrando con él al polvo de talco. Por el contrario, el aire frío descende y tiende a ocupar el lugar dejado por el aire caliente más ligero.

Este movimiento del aire, ascendiendo el más caliente y descendiendo el más frío, se produce constantemente a nuestro alrededor. Es lo que se llama viento.

## El aire presiona en todas direcciones

Toma un embudo y cubre la boca ancha con un trozo de goma fina de un globo, atándola fuertemente con un bramante fino.



Por el otro extremo absorbe con la boca un poco de aire del embudo y observa lo que ocurre con la goma. Vuelve el embudo hacia abajo y absorbe otra vez. Ahora realiza la misma operación, pero con el embudo hacia arriba.

**Observa que** cuando tú absorbes el aire la goma es empujada hacia el interior del embudo, y lo mismo sucede cualquiera que sea la dirección en que coloques el embudo.

**Explicación:** Al absorber aire del interior del embudo se produce un desequilibrio entre el empuje del aire exterior e interior sobre la goma. El empuje del aire exterior es entonces más grande que el del interior, y la goma es deformada hacia dentro. Este fenómeno se produce en todas las direcciones que coloques el embudo, porque el empuje del aire es igual en todas ellas.

Este empuje (o presión) tiene un valor de 1.033 gramos por centímetro cuadrado al nivel del mar. (Observa el dibujo sobre el que presionan 1.033 gramos sobre un centímetro cuadrado.)

### ¿Puede impedir la presión del aire que caiga el agua de un vaso?

Llena un vaso o recipiente de boca ancha de agua hasta el borde. Coloca sobre él un disco o cuadrado de cartulina fuerte y, con cuidado,



invierte el vaso, haciendo la operación sobre una fuente o sobre el lavabo. Una vez invertido el vaso retira la mano que sujeta la cartulina.

**Observa que** el agua no se cae del vaso hasta que no llegue a empar totalmente la cartulina.

**Explicación:** El agua se mantiene en el vaso, porque la presión del aire sobre la superficie de cartulina es mayor que la presión interior del agua contra la misma superficie.

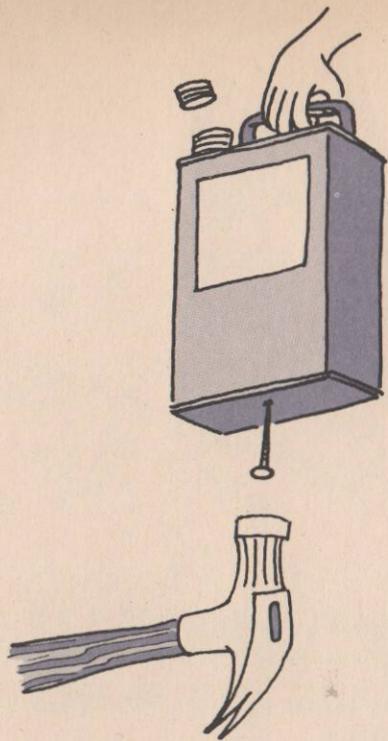
Si la primera vez falla tu experimento prueba de nuevo. Esta vez llena el vaso y procura que el agua llegue hasta el mismo borde y que al colocar la cartulina no se introduzca ninguna burbuja de aire. Opera con especial cuidado al invertir el vaso.

### El bidón sorpresa

En un pequeño bidón, que tenga un tapón a rosca, practica un orificio en la parte inferior. Puedes hacerlo con un punzón o con un simple clavo y un martillo.

Llena el bidón con agua y tápalo rápidamente, observando lo que pasa. Después quita el tapón.

**Observa que** mientras el tapón permanece en su lugar el agua no sale por el orificio del fondo del bidón. Cuando lo retiras, el agua sale libremente.



**Explicación:** El aire produce una presión más grande que la del agua sobre la superficie del orificio, por lo que el agua no puede salir. Cuando se quita el tapón, la presión del aire se produce en la parte superior, por lo que, unida al propio peso del agua, hace que ésta salga por el orificio inferior.

## Una pipeta casera

Toma medio vaso de agua y coloréala con un poco de anilina. A continuación introduce en el líquido una paja de refrescos y absorbe por el otro extremo un poco de agua, que penetrará en la paja. Rápidamente, pon un dedo en el extremo superior de la paja, tapándola cuidadosamente, y retírala del vaso. Después retira el dedo.

**Observa que** mientras el dedo tapa el extremo superior de la paja, parte del líquido permanece dentro de ella sin caer al vaso. Cuando retiras el dedo, el agua cae.

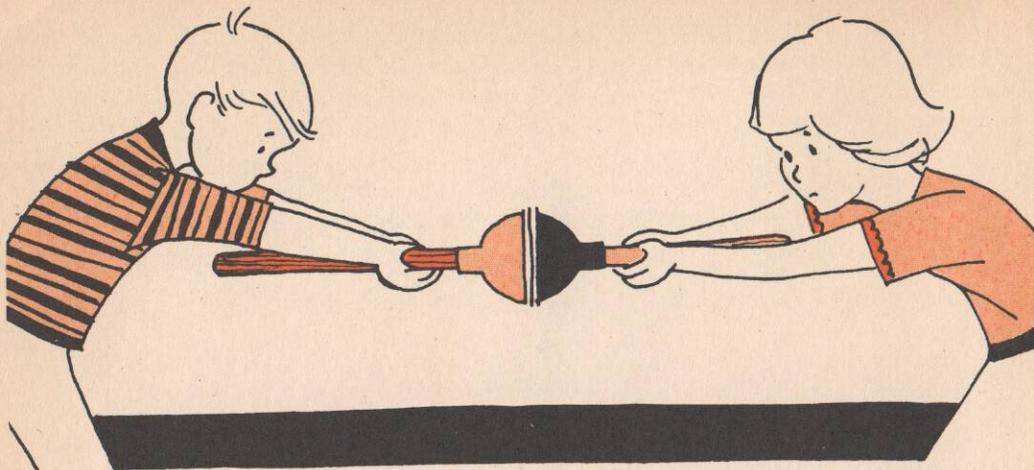
**Explicación:** El dedo impide que la presión atmosférica se ejerza sobre la parte superior de la paja, por lo que solamente actúa en el extremo inferior, equilibrando así el peso del líquido interior e impidiendo que caiga. Cuando retiras el dedo, la presión se ejerce también en la parte superior de la paja, y de este modo el agua cae fuera de ella. Este es el procedimiento que se sigue en el laboratorio para trasladar de un recipiente a otro pequeñas cantidades de líquidos. El aparato se llama pipeta.



## La fuerza de la succión

Para este experimento necesitas dos desatracadores de ventosa de goma. Si en tu casa sólo hay uno puedes pedir a un amigo ayuda para la experiencia, aportando el de su casa. Procura que los dos utensilios sean del mismo diámetro.

Los desatracadores deben colocarse el uno frente al otro, y después debéis presionar fuerte en dirección de la zona de unión, de manera que el aire contenido en las dos ventosas sea expulsado. Trata ahora de separar los dos aparatos tirando de ellos con fuerza. Puede ayudarte tu amigo también en ello.



**Observa que debe hacerse un gran esfuerzo para separar los dos desatracadores.**

Una segunda parte de la experiencia es presionar con un desatracador sobre un baldosín u otro cuerpo semejante de superficie muy lisa.

**Observa que el baldosín es llevado por el desatracador sin que se caiga.**

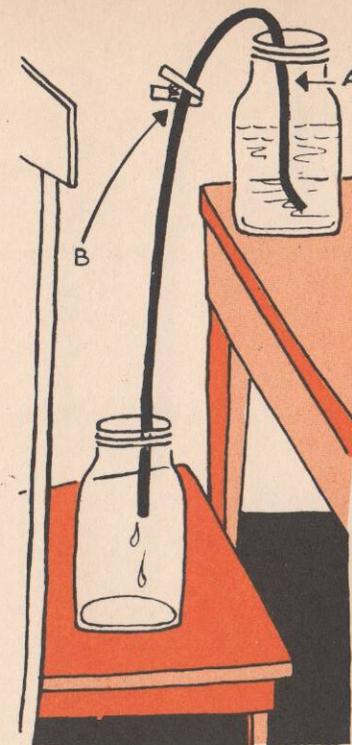
**Explicación:** Al expulsar el aire contenido entre las dos ventosas de los desatracadores se produce en su interior una depresión y, por tanto, sobre la superficie externa actuará, con toda la fuerza que ya conoces, la presión atmosférica, impidiendo la separación de los dos aparatos.

Con este experimento puedes conocer el gran poder que la succión ejerce sobre los cuerpos, como en el ejemplo del baldosín.

Trata de aplicar el experimento a una tela metálica muy fina. ¿Por qué no es llevada por el desatracador?

## El sifón

Coloca sobre la mesa un tarro de cristal casi lleno de agua, y otro igual, pero vacío, sobre la silla. Toma un tubo de goma y llénalo de agua, impidiendo que se vacíe; bien tapando con los dedos ambos extremos o sujetándolos con unas pinzas. Introduce a continuación uno de los extremos del tubo en el vaso lleno de agua, y el otro, en el recipiente vacío. Por último deja correr libremente el agua en el tubo. Toma nota de lo que ocurre.



**Observa que el agua corre libremente por el tubo y hace pasar el agua del tarro superior al inferior. El agua pasará así de un recipiente a otro, siempre que el nivel del agua, en el primero, sea superior al del segundo.**

**Explicación:** La gravedad (atracción que ejerce la Tierra sobre todos los cuerpos) es la causa de que el agua, al salir del tubo, produzca una depresión en su interior (en B del dibujo), y siendo la presión atmosférica más grande en el tarro superior hará que el líquido pase por el tubo hasta el otro vaso.

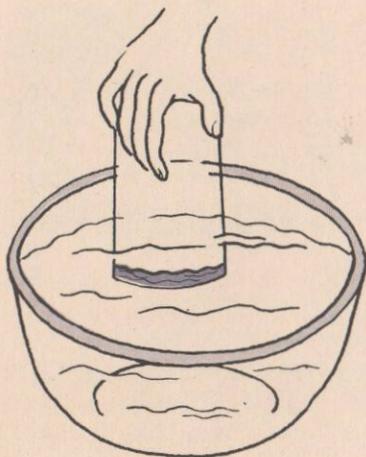
El sifón es un aparato muy sencillo y muy empleado para trasladar líquidos de un recipiente a otro, empleando para ello la acción combinada de la presión atmosférica y la gravedad.

Puedes probar a hacer funcionar el sifón sin llenar el tubo de agua. ¿Da resultado?

## La compresión del aire

Llena un tazón bastante hondo de agua y trata de introducir en ella, hasta el máximo, un vaso con la boca hacia abajo.

**Observa que** el vaso no llega a penetrar totalmente en el agua si procuras que no escape ninguna burbuja de aire.



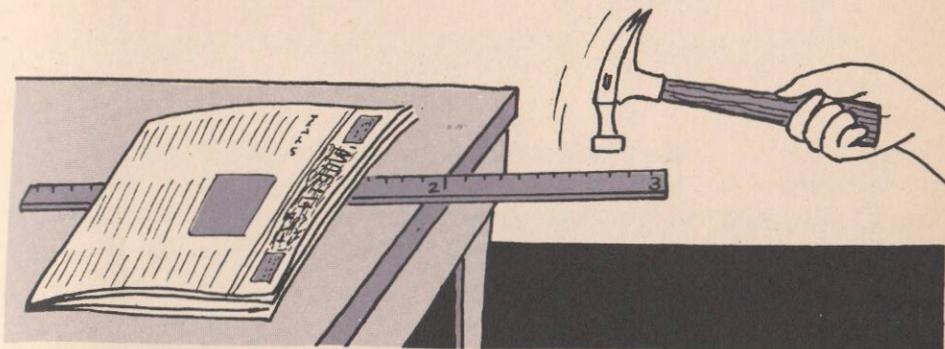
**Explicación:** El agua comprime al aire en un pequeño espacio, dentro del vaso. Las moléculas de los diversos gases que forman el aire se acercan unas a otras, reduciendo las distancias que las separan normalmente, es decir, se comprimen. La expansión de este aire comprimido produce energía, y muchas máquinas funcionan según este principio.

## El extraño comportamiento de un bastón

Toma un bastón (también puede ser un palo o un listón fuerte de madera) de un metro aproximadamente de largo y colócalo sobre la mesa de manera que sobresalga del borde de ésta una cuarta parte de su longitud total. Golpea fuertemente el bastón por el extremo libre y observa cómo el otro se levanta rápidamente, basculando sobre el borde de la mesa.

Ahora vuelve a repetir la experiencia, pero cuidando de colocar sobre el bastón unas hojas de papel de periódico. Alisa las hojas cuidadosamente, haciendo resbalar tus manos desde la parte que cubre al bastón hacia los bordes del papel.

Golpea nuevamente la parte libre del bastón. El golpe debe ser breve e intenso.



**Observa que** el bastón no se mueve ahora, y si el golpe es suficientemente fuerte puede romperse.

**Explicación:** Al alisar el papel se hace presión sobre la mesa, de manera que el aire que hay debajo de las hojas es expulsado. La presión atmosférica que se ejerce sobre toda la superficie del papel impide que el bastón se mueva, por ser, en general, superior a la que haces al golpear el otro extremo.



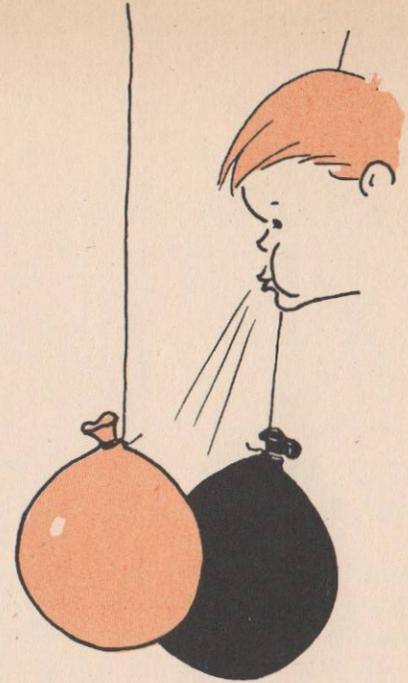
## ¿Qué cae más de prisa?

Toma dos trozos de papel corriente del mismo tamaño y forma. Uno de los trozos debes arrugarlo hasta formar una pelota y el otro debes alisarlo bien. Coge un trozo en cada mano y levanta los brazos todo lo que puedas, dejándolos caer al mismo tiempo.

**Observa que** llega antes al suelo la bola de papel que el otro trozo bien alisado. (El efecto es más patente cuanto mayor es la altura de la que caen.)

**Explicación:** El aire ofrece una cierta resistencia al avance de los cuerpos en su seno. Esta resistencia depende en gran parte de la forma de los objetos en movimiento, y especialmente de la superficie que presentan. Un cuerpo de gran superficie, como la hoja de papel, se moverá con dificultad en el aire, mientras que la pelota de papel, que ofrece una superficie menor, caerá más rápidamente.

Los aviones, trenes y automóviles se construyen con una forma especial, aerodinámica, que presenta la menor superficie posible al choque con la masa de aire y, de esta manera, encontrar la mínima resistencia, compatible con su velocidad.



## Las sorpresas de la presión atmosférica

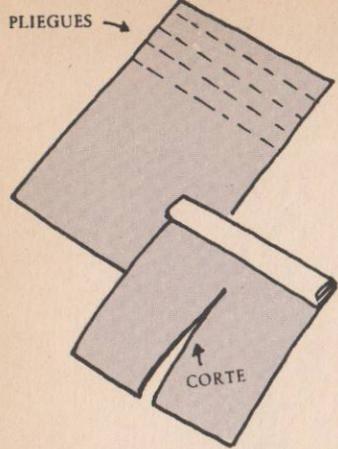
1. Coloca dos libros del mismo tamaño, con los lomos hacia arriba, y separados por una distancia de 10 a 12 centímetros. Sobre los libros, a modo de un puente, pon una hoja de papel. A continuación sopla con fuerza en el espacio comprendido entre los libros y la hoja de papel.

**Observa que** el papel trata de hundirse entre los libros en lugar de abombarse hacia fuera.

2. Cuelga dos globos llenos de aire, de manera que queden separados unos cinco centímetros, y sopla fuertemente entre ambos.

**Observa que** los globos, en lugar de separarse, tratan de unirse mientras tú soplas.

**Explicación:** La corriente de aire que produces al soplar entre los libros o los globos hace que disminuya la presión atmosférica en el espacio mencionado; depresión que trae, por consiguiente, el extraño efecto que se produce en el papel o en los globos. Este fenómeno, aquí tan sencillo, es el que permite que los aviones se eleven del suelo y vuelen libremente en el espacio.



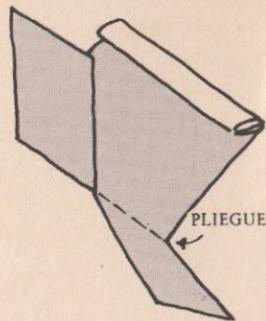
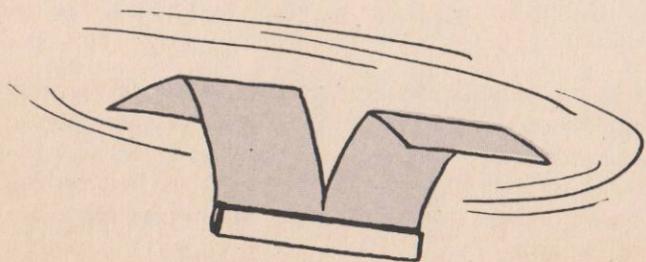
## El helicóptero de papel

Corta una hoja de papel, de modo que tenga catorce centímetros de larga y cuatro de ancha. Sosteniendo la hoja a lo largo practica una serie de pliegues (diez o doce) de medio centímetro cada uno, partiendo de uno de los extremos del papel (observa la figura). Ahora, por el otro extremo, da un corte a lo largo de seis centímetros de profundidad, cuidando de que el corte sea bien centrado en el papel. Estas dos mitades obtenidas debes plegarlas una hacia un lado, y la otra, hacia el opuesto, a modo de unas pequeñas aletas.

Sosteniendo el helicóptero con la mano por una de las aletas, levántalo por encima de la cabeza y déjalo caer.

**Observa que** el helicóptero gira velozmente y cae en la vertical, casi exacta, del punto en que le has dejado libre.

**Explicación:** La corriente de aire que pasa por las alas es la causa de que éstas giren. Si el motor de un helicóptero se para en el aire, las paletas seguirán batiendo, sin que el aparato se pare en su vuelo.



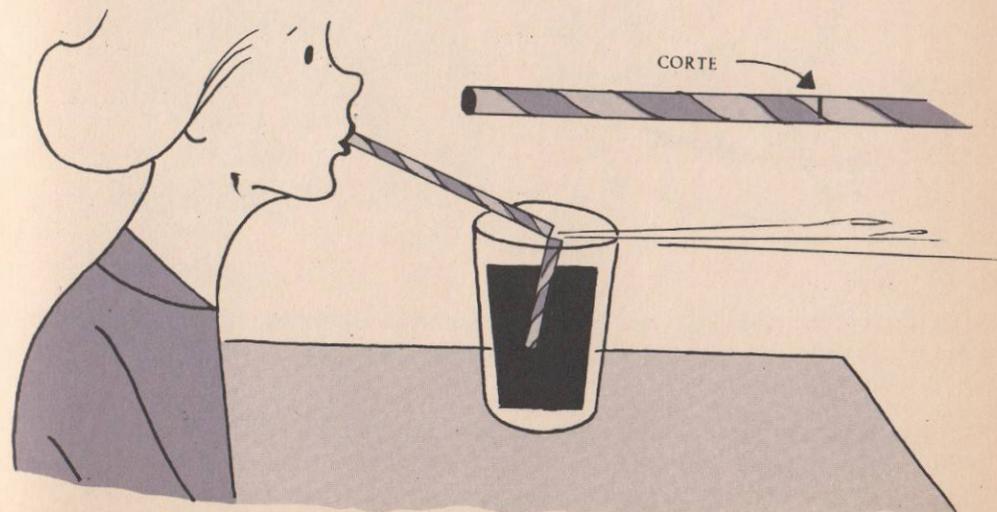
## El pulverizador

En una paja de refrescos practica una sección incompleta hacia una tercera parte de su longitud. Dobra la paja en ángulo recto por el corte e introduce la parte más corta en un vaso de agua. Procura que el corte no esté a más de un centímetro sobre la superficie del agua del vaso. Ahora sopla muy fuerte por el otro extremo de la paja.

**Observa que** el agua del vaso penetra en la paja hasta llegar a la parte seccionada, donde será expulsada violentamente, en forma de una nube de diminutas gotitas, como en un pulverizador.

**Explicación:** La corriente de aire que llega a la parte superior de la paja seccionada produce en esta zona una cierta depresión. Como la presión del aire situado sobre el agua del vaso es la normal, empujará a ésta de modo que penetrará en la parte más corta de la paja, hasta alcanzar la zona seccionada. En esta sección, el choque de la corriente de aire dispersará el agua en pequeñas gotitas.

Ahora ya conoces el funcionamiento de los perfumadores, de los pulverizadores de insecticidas y otros muchos aparatos de uso corriente, cuyo mecanismo es el mismo que el estudiado en este experimento.

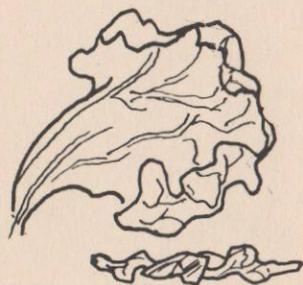
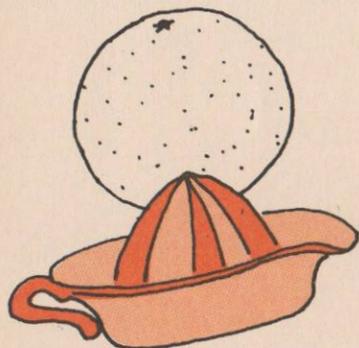


## el agua

### El agua en los alimentos

Pela con cuidado una patata o una manzana. Exprime una naranja o prensa fuertemente un poco de carne fresca. Deja una lechuga expuesta a la acción del aire libre.

**Observa que** la patata o la manzana pierden su frescura rápidamente, disminuyendo su tamaño, igual que ocurre con la lechuga, que se marchita y se arrugan sus hojas. Este fenómeno se debe a la evaporación



del agua contenida en los tejidos vegetales. También observarás cómo de la naranja, y hasta de la carne, sale una cierta cantidad de jugo, que contiene una buena parte de agua.

**Explicación:** La mayoría de nuestros alimentos contienen unas grandes cantidades de agua. Las patatas tienen tres cuartas partes de agua. Los vegetales verdes, como la lechuga, llegan a tener hasta un 95 por 100

de dicho líquido. La carne de vaca es agua en sus tres quintas partes. En los seres vivos, hombres y animales, hay de 60 a 70 por 100 de agua. Como consecuencia, el agua es fundamentalmente necesaria para la vida.

Una aplicación práctica de este hecho es la desecación de los alimentos cuando quieren guardarse durante un cierto tiempo, y aprovechando para su almacenamiento la disminución de volumen que experimentan al ser extraída el agua que contienen.

### El agua en la atmósfera

Toma un vaso bastante alto y llénalo de cubitos de hielo, completándolo con agua fría. Añade unas gotas de tinte vegetal. Déjalo permanecer un cierto tiempo a la acción del aire.

**Observa que** el vaso, que en principio es totalmente transparente, aparece al cabo de un rato empañado por la parte exterior a causa de la formación de gotitas de agua.



**Explicación:** Las gotitas del exterior no están coloreadas, como ocurre con el agua del interior del vaso; por lo tanto, no proceden de éste. El agua procede del aire, está en forma de vapor de agua en la atmósfera, y este vapor de agua se condensa, es decir, pasa al estado líquido cuando tropieza con la superficie helada del vaso lleno de hielo fundente.

En la atmósfera, las partículas de vapor de agua son arrastradas por el aire al enfriarse éste y descender de nivel como consecuencia de este enfriamiento (ver experimentos sobre el calor), pasando de este modo el vapor de agua del estado gaseoso al estado líquido. Este cambio de estado se llama condensación.

Las nubes se forman cuando grandes cantidades de pequeñas gotitas de agua se unen en partículas mayores al enfriarse el aire. Si tales partículas llegan a ser tan pesadas que no pueden ser contenidas en la atmósfera, caen a la tierra en forma de lluvia o nieve.



## La evaporación del agua

1. Toma dos recipientes de cristal (dos vasos, por ejemplo) y llénalos con la misma cantidad de agua. Tapa bien uno de ellos y deja ambos sobre la mesa durante una noche.

**Observa que** a la mañana siguiente hay menos cantidad de agua en el recipiente abierto que en el cerrado.

**Explicación:** Si la temperatura de la habitación es suficiente, las moléculas o pequeñas partículas de agua pueden alcanzar tal grado de libertad dentro del líquido que pueden salir de su masa y volar en el aire. Cuando el recipiente permanece destapado, este fenómeno es el que produce la disminución del líquido que contiene. Una parte del agua, por lo tanto, toma la forma de un gas invisible que escapa al aire libremente. Este proceso se denomina evaporación.

Esto te explica por qué los charcos desaparecen después que la lluvia cesa.

2. Coloca la misma cantidad de agua en una fuente amplia y poco profunda y en un vaso alto y estrecho. Déjalos una noche en reposo y sin tapparlos. Al día siguiente vuelve a medir el agua contenida en cada recipiente.

**Observa que** hay menos agua en la fuente ancha que en el vaso.

**Explicación:** La evaporación del agua se produce solamente en la superficie del líquido. Cuanto mayor sea ésta, mayor será, por consiguiente, la evaporación.

Ahora ya puedes explicarte por qué los charcos grandes y poco profundos se secan antes que los pequeños, pero más hondos.

3. Toma dos pañuelos mojados y cuélgalos a secar suficientemente separados. Uno de ellos debes abanicarlo constantemente, mientras que el otro debe secarse sin ninguna otra ayuda.

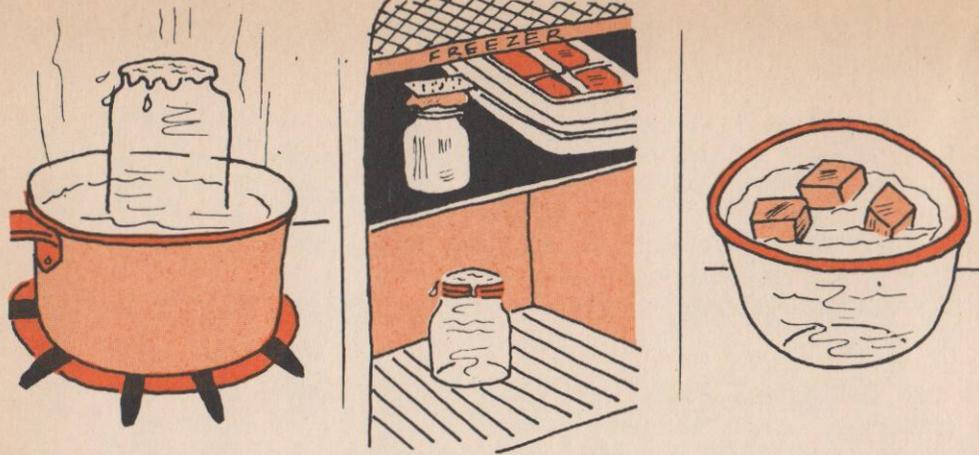
**Observa que** el pañuelo abanicado se seca antes que el otro, sobre el que no se ejerce ninguna acción.

**Explicación:** La corriente de aire que produce el abanico hace que se renueve el que existe en la superficie del pañuelo, muy cargado de humedad, sustituyéndose con aire más seco. La corriente de aire, en resumen, favorece la evaporación, y ésta es una de las razones por las que la ropa se seca antes en un día ventoso.

4. Llena dos fuentes anchas con agua. Coloca una al sol o sobre un radiador y la otra a la sombra o en otro lugar frío semejante.

**Observa que** la fuente expuesta al calor se seca antes que la otra.

**Explicación:** El calentamiento del agua produce una mayor movilidad de sus moléculas, que escapan más rápidamente. Cuando la evaporación se produce a gran velocidad, el fenómeno se denomina ebullición. (Para más datos sobre la evaporación y el calor, ver la página 33.)



## Historia del volumen del agua

### 1. El calor produce la dilatación del agua.

Llena un tarro de agua hasta el mismo borde. Caliéntalo suavemente al baño de María, dentro de un cazo amplio y lleno hasta la mitad de agua.

**Observa que** el agua se desborda fuera del tarro.

**Explicación:** El agua, como los demás cuerpos, ocupa un volumen más grande al ser calentada. Las moléculas chocan unas contra otras más velozmente y se escapan del recipiente.

### 2. El agua se contrae a cuatro grados centígrados.

Llena un tarro de agua hasta el borde y enfríalo en la nevera sin que el agua llegue a solidificarse.

**Observa que** el volumen de agua disminuye un poco y no alcanza el mismo borde del tarro.

**Explicación:** El agua se va contrayendo cuando se enfría lentamente, perdiendo volumen hasta la temperatura de cuatro grados, a la cual ocupa el mínimo espacio. Las moléculas se mueven más lentamente y, por consiguiente, se unen más estrechamente.

### 3. El agua vuelve a dilatarse cuando se hiela.

Llena de agua, hasta el borde, un tarro de boca ancha y tápalo cuidadosamente con una cartulina. Colócalo en la nevera hasta que el agua llegue a helarse.

**Observa que** la cartulina es empujada fuera del tarro.

**Explicación:** Cuando el agua se enfría desde los cuatro grados centígrados hasta los cero grados centígrados vuelve a dilatarse, ocupando un espacio mayor. Es uno de los pocos cuerpos que tienen este extraño comportamiento.

Si el tarro es cerrado fuertemente puede llegar a romperse cuando se hiela el agua en su interior. A veces habrás observado u oído decir que las cañerías revientan cuando se hielan en invierno.

### 4. El hielo es más ligero que el agua.

Para la experiencia coloca unos cubitos de hielo en un recipiente ancho lleno de agua.

**Observa que** los cubitos de hielo flotan y no se hunden, aunque tú los empujes.

**Explicación:** Al dilatarse el agua, como resultado de la congelación, el hielo es más ligero que el agua y, por tanto, ocupa un volumen mayor, flotando sobre ella. El aumento de volumen es de 11/10.

Este hecho hace que la capa de hielo que cubre un lago o estanque flote sobre el agua, favoreciendo así la acción de los rayos solares, que la funden más rápidamente. También se impide la congelación de toda la masa líquida, protegiendo la vida de los peces y otros animales acuáticos que quedan bajo la capa helada.

## ¿El agua es pura?

Coloca cinco cucharadas grandes de agua corriente en una pequeña fuente y déjala allí hasta que se evapore totalmente.

**Observa que** en la fuente queda un pequeño residuo sólido que el agua ha dejado al evaporarse.

**Explicación:** El residuo está formado por sustancias minerales que el agua ha ido disolviendo al correr por el suelo.



Observa el interior de una tetera vieja. Verás como hay un anillo oscuro que se ha ido formando por la acumulación de sustancias minerales contenidas en el agua.

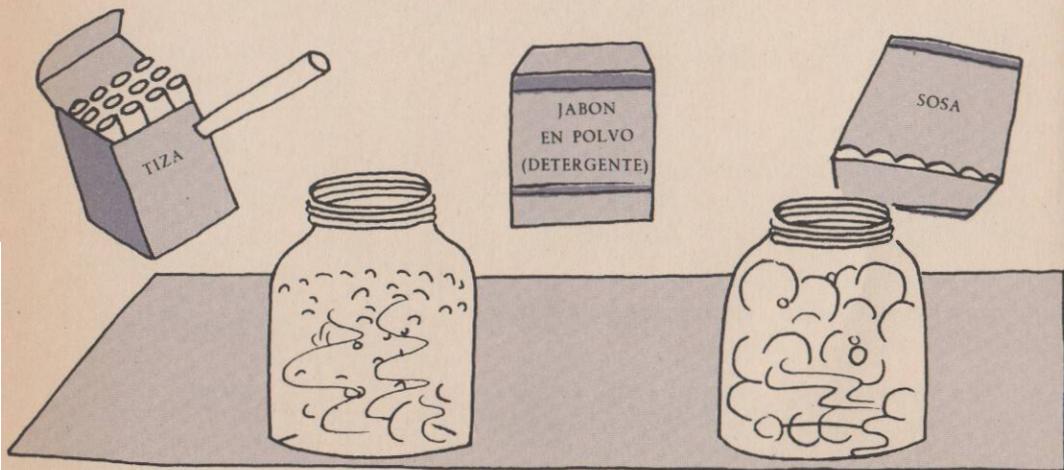
Repite el experimento con agua de lluvia recogida directamente. ¿Contendrá también sustancias minerales?

## ¿Qué es el agua «gorda» o «dura»?

Machaca cuidadosamente un trozo de tiza, utilizando, por ejemplo, un mortero corriente. Añade el polvo obtenido a un recipiente lleno de agua, removiendo bien la mezcla y filtrándola por medio de un pañuelo fino, usado como filtro. Vierte la mitad del líquido obtenido en un tarro, añadiendo una cucharada de sosa o bórax. El resto del líquido lo viertes en otro tarro, y a continuación añades a ambos recipientes la misma cantidad de jabón en polvo. Agítalos fuertemente durante el mismo tiempo.

**Observa que se produce más espuma en el recipiente donde has añadido la sosa o el bórax.**

**Explicación:** Al añadir la tiza en polvo has transformado el agua corriente en «dura» o «gorda». La sosa o el bórax vuelven a ablandar el agua del recipiente donde tú echas estas sustancias, y por ello se produce más espuma que en el otro tarro, que sigue siendo «dura» y, por tanto, no disuelve bien el jabón, produciendo poca o ninguna espuma.



¿Hay en tu casa agua «gorda»? Puedes hacer una prueba, comparando el comportamiento del agua corriente de tu casa con agua preparada, con mayor o menor cantidad de polvo de tiza, en relación con la producción de espuma. Cuando las aguas producen mucha espuma, se dice que son potables y contienen muy poca cantidad de sales en disolución.

## El agua como disolvente

Llena un vaso de agua hasta el borde. Añade sal, removiendo cuidadosamente con una cucharilla. Observa cuánta sal puedes añadir al agua sin que ésta se derrame.

**Observa que si el experimento lo realizas con cuidado, puedes llegar a añadir todo un salero, sin que el agua se vierta.**

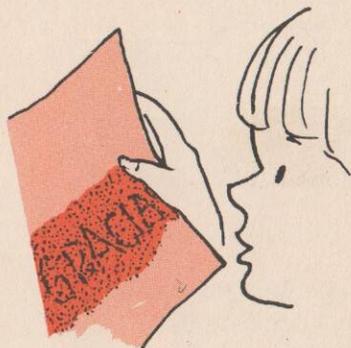
**Explicación:** El fenómeno que se produce al añadir la sal y mezclarse con el agua, se llama disolución. Las moléculas de sal se desprenden unas de otras y van llenando los espacios existentes entre las moléculas de agua. Esta es la razón por la cual no aumenta el volumen y el agua no se vierte.

## Tinta invisible

Mezcla dos cucharadas de sal con una cantidad igual de agua fría, y remueve bien la disolución.

Moja en la mezcla una pluma limpia o un palillo fino, y escribe tu mensaje en una hoja de papel blanco. Al principio, tu escrito puede ser leído, pero, poco a poco, la «tinta» se va secando y la escritura desaparece.

Después de bien seco el papel, frota la parte escrita con un lápiz blando.



**Observa que** tu mensaje vuelve a ser claramente visible.

**Explicación:** El agua se evapora de la disolución, dejando el residuo de pequeñas partículas de sal adheridas al papel. Estas pequeñas partículas hacen que el papel, en la parte escrita, no sea totalmente liso, sino que tenga pequeños accidentes, que, por su tamaño, no pueden ser vistos a simple vista. Cuando frota el lápiz sobre el escrito, quedan pequeñas partículas de la mina retenidas por los accidentes de sal, y la escritura se hace nuevamente patente.

## Fabricación de un cristal

En una taza pequeña llena de agua tibia, añade azúcar hasta que el agua no pueda disolver más cantidad. Esto se logrará cuando hayas añadido un cuarto de taza de azúcar, aproximadamente. Entonces cuelga un bramante, que quede introducido en la disolución, y deja la taza en reposo durante una semana.

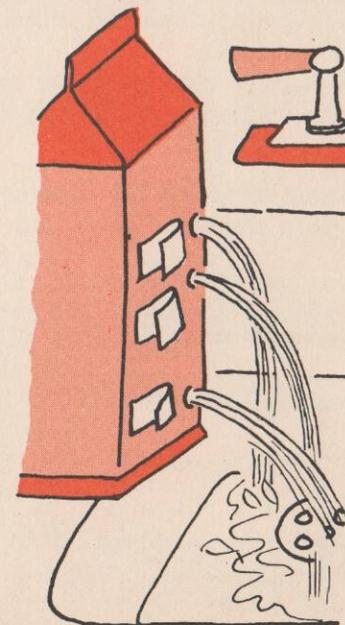


**Observa que,** al cabo de ese tiempo, aparece un cristal de azúcar rodeando el bramante.

**Explicación:** El agua se evapora en el aire y deja un cristal de azúcar sobre el bramante.

## La presión del agua

Toma un bidón vacío y perfora uno de sus costados con varios pequeños orificios hechos a diferente altura. Tapa los orificios con una tira de esparadrapo o celofán adhesivo, llenando a continuación el bidón de



agua hasta el borde. Coloca el bidón en lugar adecuado, para que el agua no caiga al suelo, y retira rápidamente la cinta adhesiva.

**Observa que** el agua sale por los orificios en forma de pequeños chorros, que alcanzan mayor distancia cuando están a menor altura sobre el bidón.

**Explicación:** El agua ejerce una mayor presión sobre la parte inferior del bidón, ya que las sucesivas capas de líquido aumentan su peso según se escalonan a mayor o menor altura. El agua, igual que el aire, ejerce una presión sobre las paredes y el fondo de los recipientes que la contienen.

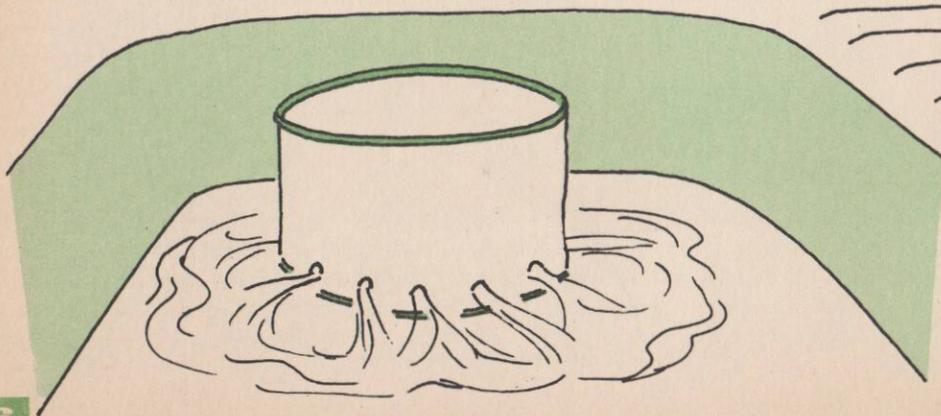
La presión del agua, como tu experimento demuestra, depende de la profundidad de cada capa. Muchas ciudades disponen, para el suministro del agua, de grandes depósitos a los que se eleva el agua por medio de bombas. Esto se hace para dar al agua suficiente fuerza para que pueda correr por las tuberías situadas bajo el suelo, y alcanzar todos los puntos de la ciudad.

### ¿Por qué corre el agua?

Coge una lata redonda y bastante grande. Practica una serie de orificios a la misma altura (unos dos centímetros) alrededor de la lata. Cubre los orificios con una cinta adhesiva.

Ahora, llena la lata de agua y colócala en el centro de una capa de hojas de papel de periódico, situadas en la bañera o lugar semejante. Retira la cinta adhesiva.

**Observa que** el agua sale en pequeños chorros y alcanza la misma distancia, formando un círculo alrededor de la lata.



**Explicación:** La presión es la misma para idéntica altura, y se produce igualmente en todas direcciones, como se demuestra en la experiencia.

### Presión, forma y tamaño

Toma dos botes de distinto tamaño, uno muy grande y otro más pequeño. Practica un orificio del mismo diámetro en cada bote y a la misma altura, cubriéndolos con una tira adhesiva.

Llena los botes de agua, procurando que alcance la misma altura en cada uno. Naturalmente, en el bote grande tendrás que echar mayor cantidad de agua que en el pequeño, aunque la altura sea la misma.

Coloca los botes al borde de la bañera, y quita la cinta adhesiva.



**Observa que** los chorros de agua producidos alcanzan la misma distancia en los dos botes.

**Explicación:** La presión del agua en cada orificio no depende de la forma ni del tamaño del recipiente, sino de la altura que el líquido alcanza en cada uno.

## Los vasos comunicantes

Prepara un dispositivo (observa la figura) que esté compuesto de un embudo de cristal unido a un tubo de goma de 70 a 80 centímetros. y que termine en otro tubo estrecho, también de cristal. Este último debe quedar sujeto a un soporte de madera, para que puedas operar libremente con el embudo.

Ahora, vierte agua por el embudo, y continúa la operación hasta que veas aparecer el agua en el tubo de cristal.

**Observa que** el nivel de agua, en el embudo y en el tubo, es el mismo.

**Explicación:** La misma presión se ejerce en ambos recipientes, porque la altura del agua es la misma y, por consiguiente, la altura que alcance el agua en uno y otro.

Prueba a elevar o bajar el embudo, observando qué ocurre a su vez en el tubo de cristal.



## Medida de la presión del agua

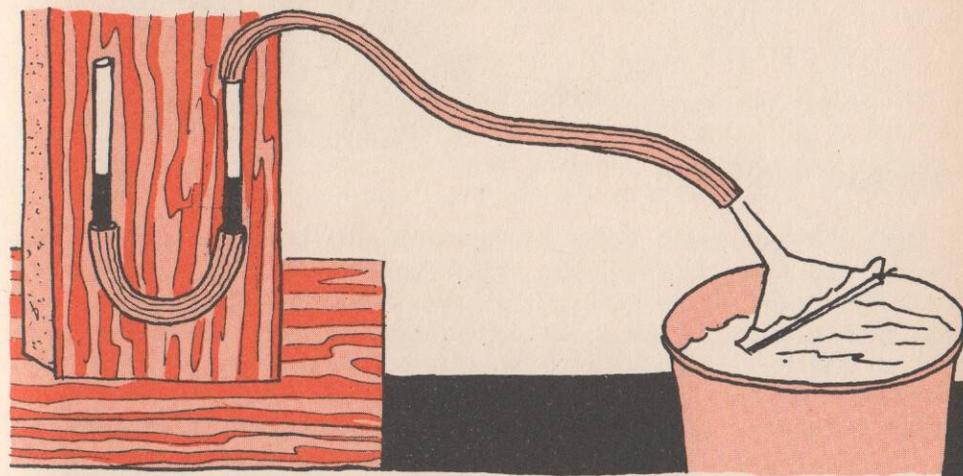
Monta tu aparato uniendo dos tubos, de vidrio o plástico transparente, por medio de un tubo de goma, de manera que formen dos ramas, una

abierta, y otra unida a otro tubo de goma más largo, al que acoplarás un embudo.

Empleando cinta adhesiva, puedes colocar los tubos sobre una tabla de madera, como indica la figura.

Prepara una pequeña cantidad de agua, coloreándola con tinte vegetal, y llena con ella los tubos en U, hasta que el agua alcance el mismo nivel en ambas ramas y sin que pase de la mitad de su altura.

El embudo, unido al tubo largo, debes cubrirlo con un trozo de goma



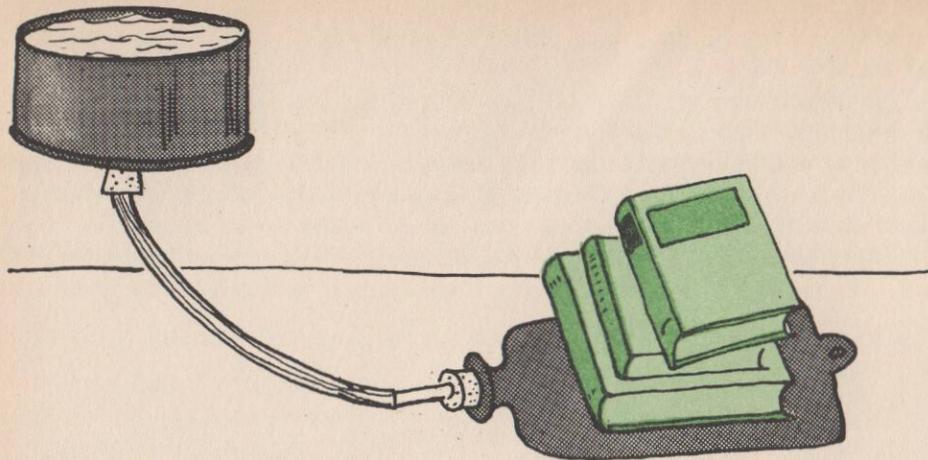
fina (de un globo, por ejemplo), de manera que quede muy estirada y, luego, atada fuertemente con un bramante, no dejando escapar nada de aire.

Este conjunto de tubos forma un manómetro, es decir, un aparato destinado a medir la presión.

Llena un cubo de agua hasta el borde e introduce en él tu embudo, primero justamente debajo de la superficie del agua; luego, a nivel medio, y por último, junto al fondo.

**Observa que** el agua coloreada del manómetro desciende en la rama unida al tubo largo, y asciende en la rama abierta. Este movimiento es tanto más acusado cuanto mayor sea la profundidad a que tú introduces el embudo en el cubo de agua.

Con este manómetro sencillo, tú puedes comparar la presión del agua a diversos niveles, en distintos recipientes, e incluso, si tienes posibilidad de ello, comparar la presión del agua con la de otros líquidos.



## La prensa hidráulica

Para el experimento, debes proveerte de una bolsa de goma, de las que se usan para agua caliente, sustituyendo su tapón a rosca por un corcho perforado y atravesado por un tubo de vidrio o plástico fino. También debes preparar una lata bastante grande, en cuyo fondo debes practicar un orificio, cerrado por otro tapón de corcho perforado, e igualmente atravesado por otro tubo de vidrio. Ambos tubos deben ser, por último, unidos por uno de goma de un metro de longitud, aproximadamente.

Una vez preparado el material, llena de agua la bolsa de goma, y tápala con el corcho perforado, acoplando el tubo de goma en la forma ya descrita. A continuación, deja la bolsa en el suelo y presiona suavemente sobre ella, de manera que el agua llene todo el tubo de goma, hasta la lata. Por último, llena la lata de agua hasta el borde.

Para comprobar el trabajo que realiza la «prensa hidráulica» fabricada de este modo, coloca sobre la bolsa una serie de libros gruesos u otros objetos que cumplan la misma finalidad y, a continuación, levanta la lata todo lo que permita la longitud del tubo de goma.

**Observa que,** al elevar la lata, los libros se levantan a su vez.

**Explicación:** La presión hidráulica aumenta en el extremo del tubo de goma, en razón directa a la altura a la cual elevas la lata, y el aumento de presión se transmite por igual en todas direcciones del líquido contenido en la bolsa, por lo que los libros son levantados fácilmente.

Tal es el fundamento de la prensa hidráulica. En el freno de los automóviles se emplea aceite en lugar de agua, para obtener el mismo resultado.

## Tú «pesas» menos que el agua

Toma un muelle de acero, o una tira de goma fuerte, y une uno de sus extremos por medio de un clavo a una tabla, procurando que esté a una cierta altura. El otro extremo debes atarlo al cuello de una botella pequeña llena de agua. Una vez hecho esto, deja la botella colgando libremente, y observa hasta dónde se estira el muelle en reposo.

Después toma un cubo, llénalo de agua, e introduce en él la botella, observando ahora qué ocurre con el muelle o la tira de goma.

**Observa que** el muelle se estira ahora bastante menos que antes.

**Explicación:** La botella parece pesar menos al ser introducida en el agua, porque ésta ejerce un empuje de abajo a arriba sobre la botella. El valor del empuje, para cualquier objeto flotante, es igual al peso del volumen de agua desalojado al ser introducido en el líquido.



## El frasco flotador

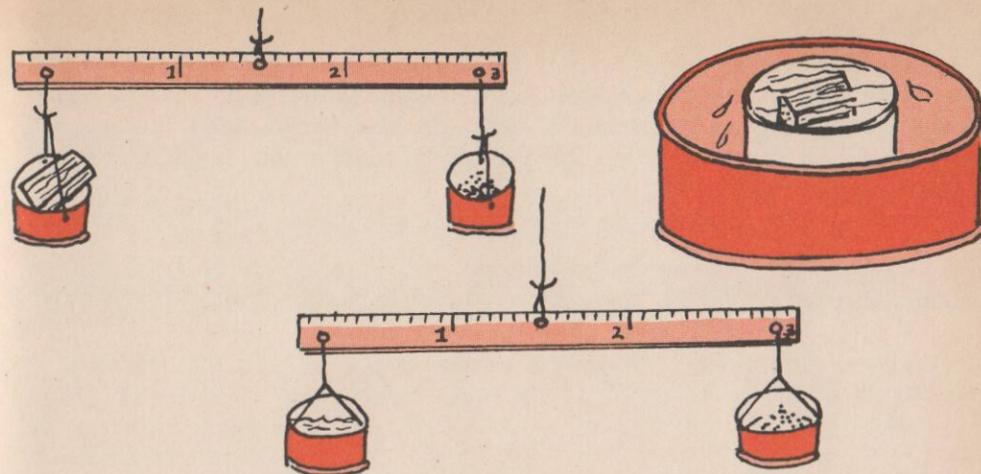
Toma un frasco pequeño (uno de alguna medicina, por ejemplo), tápalo por medio de un tapón y colócalo en un recipiente de cristal, lleno de

agua. Observa lo que ocurre. Después, retira el frasco, llénalo hasta la mitad de agua y vuelve a colocarlo en el recipiente, tomando nota de lo que pasa. Por último, llena el frasco totalmente de agua y devuélvelo al recipiente, repitiendo la observación.

**Observa que** el frasco vacío flota perfectamente; pero, según lo vas llenando de agua, va descendiendo en el recipiente, cayendo al fondo cuando es llenado totalmente.

**Explicación:** Los cuerpos flotan en el agua (o en otro líquido cualquiera) cuando son más ligeros que el peso del agua que desalojan. En el experimento, el frasco va aumentando su peso, sin variar el volumen de agua desalojada, por lo que poco a poco se va hundiendo en el recipiente.

Observa el comportamiento de objetos (botones, por ejemplo) de diversas sustancias, como madera, plástico, metal, etc. ¿Cuáles flotan?



## La balanza hidrostática

Ante todo debes preparar la balanza ya empleada en experimentos anteriores. Pesa en ella una lata redonda, bastante grande, con un trozo de madera compacta dentro. (No hace falta tomar nota del peso, sino simplemente equilibrar la balanza, como ya se hizo anteriormente.) Retira la lata de la balanza, saca el taco de madera y coloca en su lugar otra lata más pequeña, bien llena de agua hasta el borde. Dentro de la lata pequeña coloca otra vez el taco de madera, de modo que el agua desbordará, cayendo en la lata grande. Cuando ya no caiga más agua, retira la lata pequeña con el taco de madera y vuelve a colocar la grande en la balanza.

**Observa que** el peso del agua que ha caído en la lata grande equilibra perfectamente el peso del taco de madera anteriormente pesado.

**Explicación:** Un objeto flotante desaloja una cantidad de agua equivalente a su propio peso. Los barcos se mantienen sobre el agua porque la cantidad de agua desalojada por ellos pesa mucho más que los propios barcos.

## El frasco submarino

Llena de agua un gran tarro de cristal, de manera que el líquido llegue casi al borde. A continuación toma un frasquito de pequeño tamaño y de boca estrecha, llenándolo de agua hasta la mitad.

Coloca el frasco en el tarro grande con la boca hacia abajo. Si ves que flota demasiado procura con los dedos introducir algo más de agua, hasta que apenas se mantenga a flote. En este punto, tapa la boca del tarro con una goma de balón, bien estirada, sujetándola fuertemente por medio de un bramante.

Presiona con la palma de la mano sobre la goma y después retírala.

**Observa que** cuando haces presión sobre la goma el frasquito se hunde. Cuando retiras las manos vuelve a elevarse en el interior del tarro.



**Explicación:** Cuando presionas sobre la goma, el aire contenido en el tarro presiona a su vez sobre el agua, pero como ésta no puede comprimirse, se introduce en el frasquito, haciendo que el aire que queda en su interior ocupe un espacio más pequeño. Esto produce un aumento de peso en el frasquito, que le obliga a hundirse. Al quitar las manos, el aire del frasquito vuelve a expandirse, expulsando el agua de su interior, y al perder nuevamente peso se eleva en el líquido.

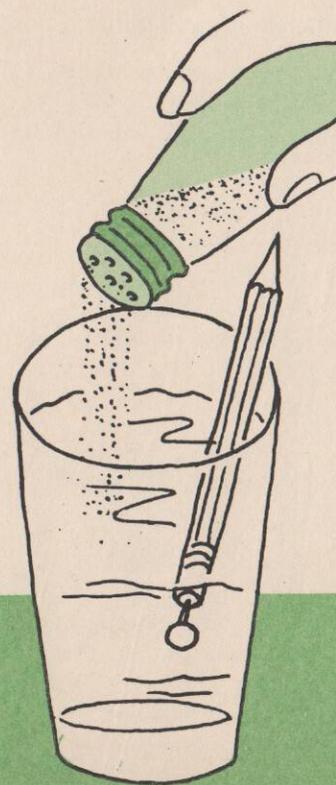
## El huevo flotante

Llena un vaso de agua corriente e introduce en él un huevo fresco. Observa lo que sucede. Ahora retira el huevo del agua y añade a ésta una cierta cantidad de sal, removiendo bien hasta que se disuelva totalmente. Introduce otra vez el huevo en el vaso y repite la observación.

**Observa que** en el agua corriente el huevo se hunde totalmente. Por el contrario, en el agua salada flota sin hundirse.

**Explicación:** Cuanto más denso es un líquido produce un mayor empuje sobre los cuerpos introducidos en él. El agua corriente es menos densa que el agua salada, y de ahí que el comportamiento del huevo sea diferente en una u otra.

Ahora ya sabes por qué razón los cuerpos flotan mejor en el agua del mar, facilitando, entre otras cosas, la natación.



## Tensión superficial

1. Empleando una tira de cartulina o un tenedor, coloca cuidadosamente una aguja bien horizontalmente sobre la superficie de un vaso de agua. Después retira muy despacio el tenedor o la cartulina.

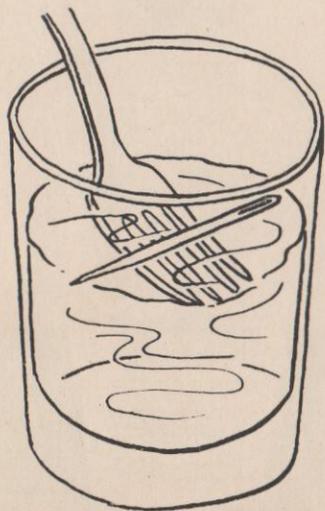
**Observa que** la aguja quedará flotando sobre la superficie del agua.

**Explicación:** La aguja es más pesada que la cantidad de agua que desaloja, y sería lógico que se hunda. No obstante, queda flotando porque la superficie del agua tiene un comportamiento igual que una finísima piel que estuviera sobre ella. Ello es debido a que el agua, cuando está en contacto con el aire, sus moléculas se unen más en la superficie, debido a la atracción que ejercen sobre ellas las moléculas que están debajo, formando como una fina película superficial.

2. Sumerge en el agua un trozo de jabón, cuidando no tocar a la aguja flotante.

**Observa que** la aguja se hunde inmediatamente.

**Explicación:** El jabón reduce el efecto de la tensión superficial en el agua. Es la razón por la que se emplea el jabón para la limpieza, ya que al rebajar la tensión superficial permite que el agua llegue a mojar las superficies grasientas.

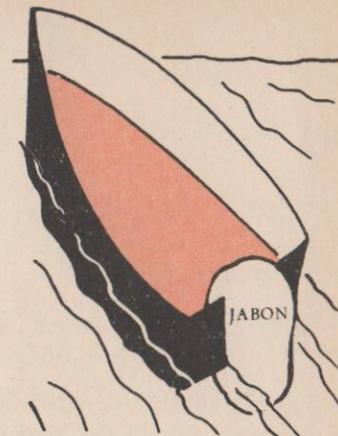


## El barco de jabón

Construye un barco de cartulina, practicando una muesca en la popa, de manera que puedas colocar en ella un pedacito de jabón.

A continuación coloca el barco en la bañera u otro gran recipiente con agua y verás cómo el barco navega, propulsado por el jabón, que actúa de «combustible».

El barco continuará su navegación, mientras el jabón no reduzca en su totalidad la tensión del recipiente.



## El colador extraño

En un colador pequeño (uno de té, por ejemplo) echa un poco de aceite de manera que cubra totalmente la superficie de alambre. Coloca el colador, así preparado, sobre un recipiente o sobre el propio fregadero y vierte cuidadosamente agua en su interior.

**Observa que** el colador se va llenando. El agua empuja a través de la malla de alambre, pero sin conseguir pasar por ella.

**Explicación:** La tensión superficial (a modo de una piel invisible) impide que el agua se salga del colador. Si tocas con el dedo una parte cualquiera del mismo verás cómo se vacía rápidamente, porque se rompe la tensión superficial del agua, que va no queda retenida.

## Una hucha sorprendente

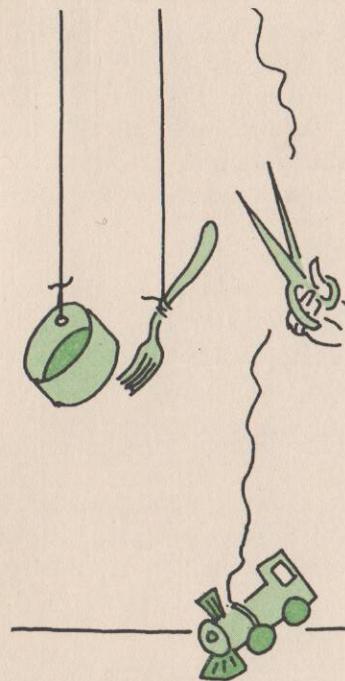
Coloca dentro de una fuente un tarro o vaso lleno de agua hasta el borde. Cuidadosamente, ve echando dentro monedas, que debes coger por los bordes.

**Observa que** puedes introducir un número de monedas verdaderamente sorprendente antes de que el agua se derrame fuera del vaso.

**Explicación:** La tensión superficial permite que el agua sobresalga del propio borde del recipiente, sin que se vierta, por lo que el número de monedas que echas puede ser muy grande.



## la energía mecánica y las máquinas



Todo el Universo está en movimiento. Observa al Sol correr a través del cielo, el tren atravesando velozmente la campiña, la pelota que salta constantemente durante un partido. Mira cómo giran las ruedas de un automóvil, cómo vuela un avión o cómo un simple clavo penetra en la madera. Son diferentes ejemplos de un mismo fenómeno físico: el movimiento.

La ciencia (una parte de la Física) que estudia el movimiento se llama Mecánica.

### ¿Por qué los cuerpos caen?

Suspende por medio de varios bramantes diferentes cosas: un bote, un tenedor o un juguete. Déjalos en reposo y, después, corta cada bramante.

**Observa que** todos los objetos que has colgado caen inexorablemente.

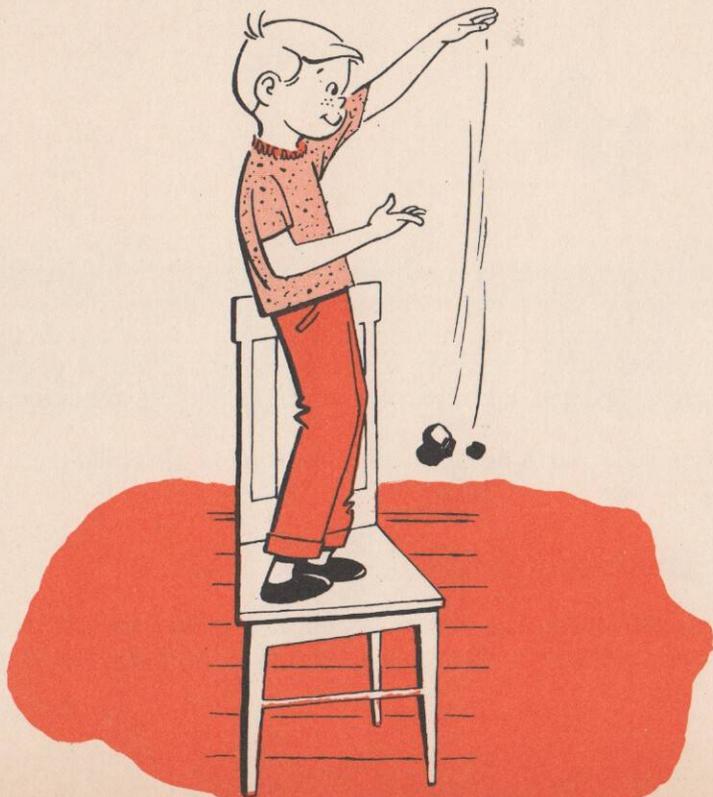
**Explicación:** La fuerza que hace que todos los cuerpos caigan al suelo se denomina gravedad. Se dirige siempre hacia el centro de la Tierra.

La gravedad, unas veces nos ayuda y otras veces trabaja en contra nuestra. Así permite que el hombre vuele en el espacio; pero al mismo tiempo hace más difícil que pueda enviarse un cohete hacia la Luna. Comprueba que es mucho más fácil bajar una escalera que subirla. Es menor el esfuerzo que realizamos al bajar porque seguimos la dirección de la gravedad, mientras que al subir el esfuerzo es mucho mayor, porque debemos vencerla.

### ¿Cuál llega antes al suelo?

Subido sobre la mesa o sobre una silla alta, deja caer al suelo dos objetos de diferente peso, uno muy pesado y otro más ligero.

**Observa que** ambos llegan al suelo al mismo tiempo.



**Explicación:** El peso de los cuerpos no afecta para nada a la velocidad con que caen en el espacio.

Sin embargo, nosotros tenemos la sensación de que una pluma cae más despacio que una piedra y que un hombre, con un paracaídas, cae lentamente en el aire. Esto es debido a la forma de los cuerpos, que sí tiene relación con la velocidad con que caen en el espacio. La pluma, y especialmente el paracaídas, ofrecen una gran superficie, y por ello encuentran la resistencia del aire que se opone a su caída. La piedra tiene menor superficie, por lo que el aire se opone mucho menos a que caiga.

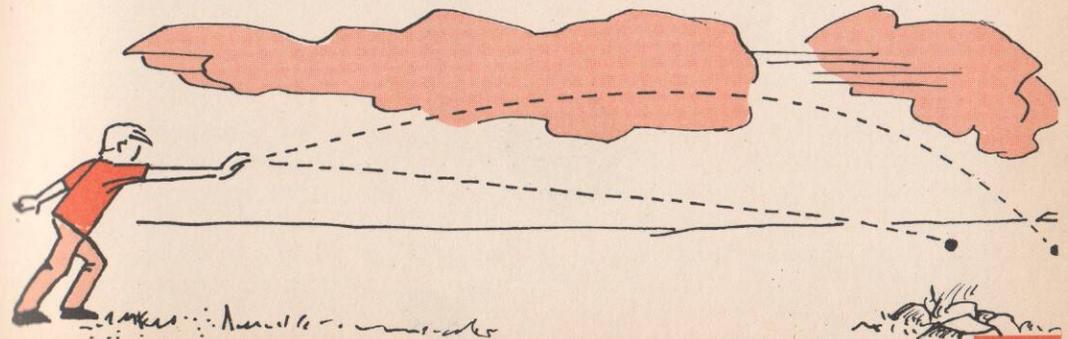
### ¿Cómo lanzar una pelota?

Coge una pelota y lánzala paralelamente al suelo, tan lejos como puedas. Señala el lugar de caída. Ahora, con la misma fuerza, lanza la pelota un poco hacia arriba.

**Observa que** en el segundo lanzamiento la pelota llega más lejos que en el primero.

**Explicación:** La pelota lanzada hacia arriba recorre una mayor distancia antes de caer al suelo. Podemos decir que dispone de mayor tiempo para ir por el aire antes de su caída.

Si dos pelotas son lanzadas en la misma dirección por dos muchachos de la misma altura caerán al suelo en el mismo tiempo. Esto es siempre cierto, si uno de los muchachos no impulsa la pelota con mayor energía. Su pelota llegará al punto de caída en el mismo tiempo que la del otro muchacho, pero irá más lejos, ya que la gravedad terrestre es la misma para ambas pelotas, pero la mayor energía aplicada a una de ellas le permitirá recorrer un camino más largo antes de que llegue al suelo.

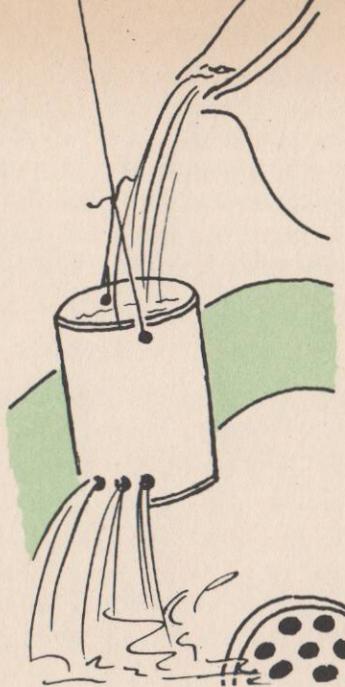
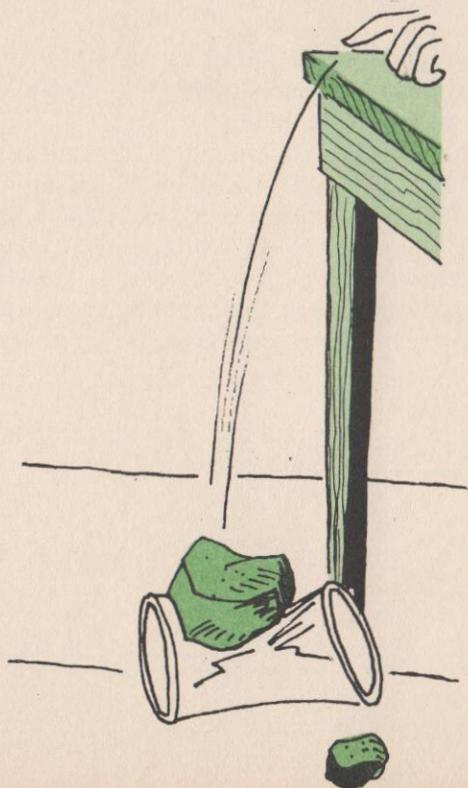


## La caída de un cuerpo produce trabajo

Sobre una mesa coloca dos piedras, una pequeña y otra de buen tamaño. En el suelo, junto a la mesa, pon una lata de paredes finas o una caja de cartón. Lleva las piedras, una tras otra, al borde de la mesa y deja que caigan sobre la lata o la caja.

**Observa que** la piedra pequeña apenas produce una huella en la lata o no deforma la caja, mientras que la grande produce una gran abolladura en la lata y puede aplastar la caja.

**Explicación:** La piedra grande tiene una mayor cantidad de energía, que en este caso está en relación con su peso. Al hacer el experimento habrás observado que hay que hacer un mayor esfuerzo para colocar la piedra grande sobre la mesa que para poner la pequeña. Esta energía, llamada potencial, se desencadena totalmente cuando cae la piedra y, por tanto, la grande llega a la lata produciendo un mayor impacto que la pequeña, que no dispone de tanta energía.



## El bidón reactor

Con un clavo y un martillo practica una serie de orificios (cuatro en este caso) a unos dos centímetros del fondo de un bidón, procurando que estén situados en línea recta y separados por medio centímetro.

A continuación debes hacer otros dos orificios, situados en la parte superior del recipiente, de manera que puedas pasar por ellos un trozo de alambre, que sirva de asa para colgarlo. El bidón, así preparado, puedes suspenderlo mediante un bramante fuerte del brazo de la ducha, de forma que el agua que después necesitarás vierta en la bañera.

Una vez el bidón colgado y en reposo, echa agua en el bidón y toma nota de lo que ocurre.

**Observa que** el agua sale con fuerza por los orificios, impulsando al mismo tiempo el bidón en dirección opuesta.

**Explicación:** En la Física hay una ley que dice que a toda acción se opone una reacción. Como el agua sale por los orificios produciendo una fuerza (acción), a ella debe oponerse otra igual y contraria (reacción) que es precisamente el movimiento del bidón.

Cuando paseas en una lancha, el remo empuja al agua hacia atrás, por lo que el bote se mueve hacia adelante.

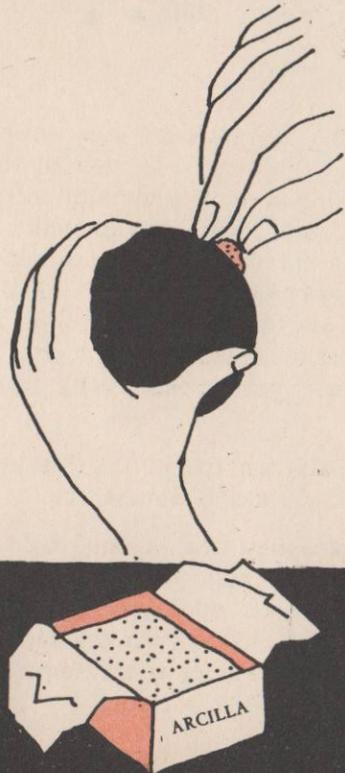
Si coges un globo y lo llenas de aire, dejándolo escapar a continuación y soltándolo de las manos, verás cómo el globo se mueve en dirección contraria a la de la salida del aire.

Esta ley mecánica es la que permite el funcionamiento de los cohetes y de los reactores. Los gases calientes del motor son obligados a salir con gran fuerza, en determinada dirección, lo que produce el deslizamiento del aparato en dirección contraria y a gran velocidad.

## Centro de gravedad

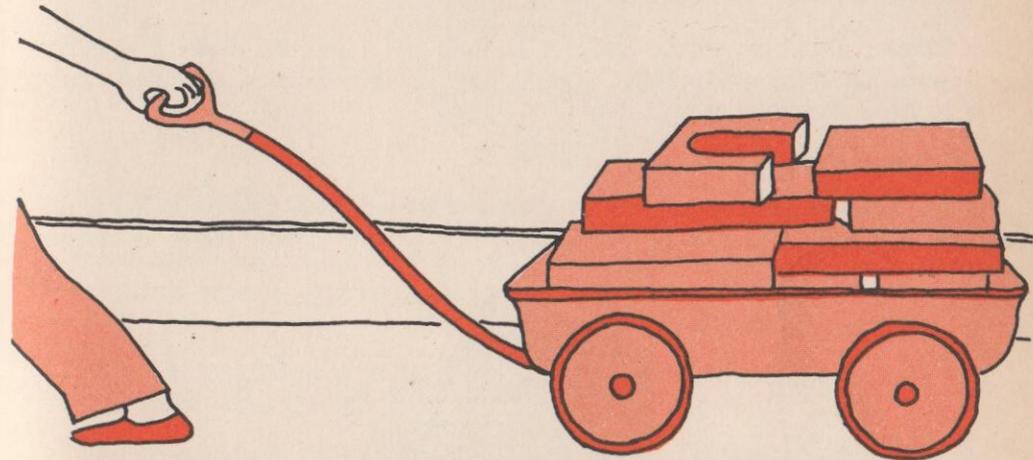
Toma una bola de madera o una pelota maciza y déjala correr sobre una superficie lisa cualquiera. Observa lo que pasa. Ahora introduce en la pelota un grueso clavo y repite la prueba varias veces.

**Observa que** en las primeras pruebas la pelota se detiene en cualquier posición, pero cuando introduces el clavo la posición en que se detiene ya no es indiferente, sino que lo hace siempre de manera que la cabeza del clavo quede tocando el suelo. (Puedes lastrar también la pelota con un poco de arcilla pegada en un punto.)



**Explicación:** Un objeto actúa mecánicamente, como si toda su masa estuviera concentrada en un punto. Este punto se llama centro de gravedad. Se localiza en la parte donde el cuerpo es más pesado, donde se concentra la mayor parte de su masa. Un objeto se mueve, de manera que tiene la tendencia a que su centro de gravedad quede situado a la menor altura posible.

En el caso de la pelota (una esfera), el centro de gravedad coincide con su centro geométrico. Si se mueve sobre una superficie, se detiene en cualquier posición, porque el centro de gravedad no varía su distancia del suelo. Cuando la pelota es lastrada (por el clavo o la arcilla) se cambia la posición del centro de gravedad, y como la masa añadida es más pesada, en algún punto de la misma deberá encontrarse el nuevo centro, y por ello la pelota se detiene siempre en la misma posición. Lo que permite que el centro de gravedad quede lo más bajo posible.



## El efecto de la inercia

En un patín o en un carro de juguete coloca cuantos ladrillos puedas llevar. Comienza a arrastrarlo, primero lentamente, y, tras un cierto tiempo de marcha, páralo. A continuación vuelve a ponerlo en marcha, pero ahora rápidamente, parándolo tras un tiempo, igualmente con rapidez.

**Observa que** cuesta más trabajo hacer que arranque el vehículo que mantenerlo en movimiento. También verás que cuanto más rápidamente quieras hacer el arranque, tanta mayor fuerza debes aplicar, e igualmente, un gran esfuerzo deberás hacer para pararlo rápidamente, cuando marcha con cierta velocidad.

**Explicación:** Debe aplicarse un mayor esfuerzo para poner en marcha un móvil o para pararlo que para conservar su movimiento. Los cuerpos tienden a conservar el estado de reposo o movimiento en que se encuentran. Esta propiedad se llama inercia.

Si dibujas una línea sobre el suelo y tratas de recorrerla, corriendo y parando alternativamente, verás que eres capaz de hacer que tus pies paren en seco, pero tu cuerpo se inclinará hacia delante, tratando de mantener el movimiento.

Los efectos de la inercia se manifiestan en el movimiento que experimenta el cuerpo cuando se viaja en un vehículo y éste frena violentamente. El cuerpo se lanza hacia delante, precisamente en la dirección del movimiento que trata de mantener.

## Otro fenómeno de la inercia

Coloca un libro pesado sobre una hoja de papel, de manera que no la cubra totalmente y puedas cogerla por un extremo con facilidad. Tira de la hoja de papel rápidamente.

**Observa que** el libro no se mueve.

**Explicación:** Por causa de la inercia es más fácil mover la hoja de papel que el libro, que es más inerte, por lo que queda sobre la mesa.



## El gran milagro de la rueda

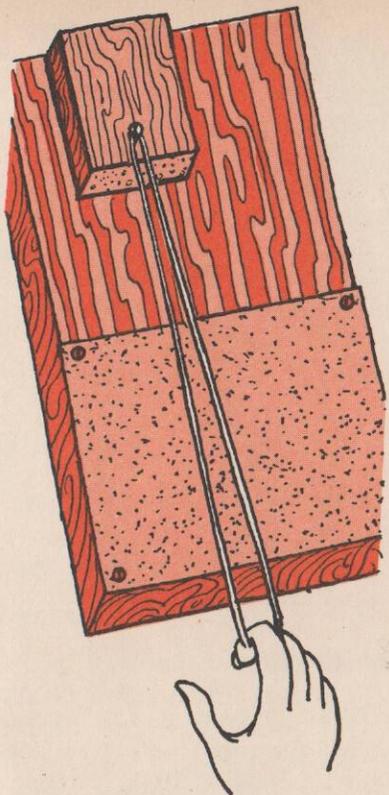
Pide prestado un barril de aceite o un tonel pequeño. Colócalo sobre una de sus bases y empujalo para que se mueva sobre un cierto trayecto. A continuación, apóyalo sobre un costado y ruédalo el mismo espacio.

**Observa que** aunque el barril continúa pesando lo mismo es mucho más fácil rodarlo que empujarlo.

**Explicación:** Hay dos tipos de rozamiento en el experimento que has realizado. El rozamiento de deslizamiento y el de rodadura. En el primero, la superficie de contacto es muy amplia, y las rugosidades de ambas dificultan extraordinariamente el movimiento. En la rodadura se disminuye la superficie de contacto y el rozamiento se hace mínimo, por lo que el esfuerzo necesario para mover el cuerpo también se hace menor. Es el gran milagro de la rueda.

## ¿Qué es el rozamiento?

Sobre una tabla bien pulimentada clava un pliego de papel de lija de grano grueso. Toma un taco grande de madera y, sobre una de sus caras, clava una tachuela de manera que pueda sostener una anilla de goma.



Coloca el taco de madera en un extremo de la tabla por la parte pulimentada y tira de la goma de manera que el taco se deslice sobre la tabla. Observa cuánto se estira la anilla de goma. Ahora desliza el taco sobre la parte cubierta por el papel de lija y repite la observación.

**Observa que** la goma se estira mucho más cuando pasas el taco de madera sobre el papel de lija, lo cual indica que debes hacer un mayor esfuerzo para arrastrarlo.

**Explicación:** Cuando dos objetos se ponen en contacto y se trata de deslizar uno sobre el otro se produce una cierta resistencia. Las superficies de contacto no están perfectamente pulimentadas (una superficie que podemos considerar muy perfecta y lisa es la de un espejo), por lo que presentan pequeñísimas rugosidades y asperezas que, al encajarse unas con otras, dificultan grandemente el deslizamiento. Esta resistencia al movimiento, que se produce entre dos superficies en contacto, se llama rozamiento.

El mayor o menor rozamiento depende de la naturaleza de las superficies en contacto y de la presión que los objetos realizan unos sobre otros. Si las superficies son ásperas, no pulimentadas, el rozamiento será mayor. Igualmente, si los cuerpos deslizantes son muy pesados, harán que aumente el rozamiento.

Sin embargo, el rozamiento es necesario y hasta imprescindible para el movimiento. Por eso los neumáticos de los automóviles tienen unos entrantes y salientes que impiden que el vehículo, al llegar a cierta velocidad, patine sobre la carretera o gire sobre sí mismo. Por eso también, durante las nevadas o cuando la pista se hiela, es obligado el empleo de cadenas, que aumentan el rozamiento de los neumáticos.

El exceso de rozamiento, por otra parte, produce un despilfarro de energía y un calentamiento innecesario o perjudicial de ciertas piezas que se desgastan indebidamente.



## ¿Qué hacen los lubricantes?

Corta dos tablas de madera de unos 20 centímetros de largo por 15 de ancho y trata de deslizarlas una sobre otra. A continuación frota las tablas con jabón o con una buena cantidad de grasa y vuelve a deslizarlas.

**Observa que** las tablas se deslizan más fácilmente después de haber sido enjabonadas o engrasadas.

**Explicación:** El jabón llena todas las irregularidades de la superficie de las tablas, formando una leve capa sobre ellas. Ahora el deslizamiento, prácticamente, no se produce sobre la madera, sino sobre dos finas películas de jabón (o grasa), que tienen un menor rozamiento, lo que facilita el movimiento. Es un lubricante.

El agua puede hacer también, en determinados casos, el mismo efecto de lubricar una superficie lisa. Por ejemplo, al patinar sobre el hielo, el patín funde, al rozar con la superficie helada, una pequeña parte de ésta, y el agua formada hace que el patinador se deslice realmente sobre una fina película líquida que facilita grandemente el deslizamiento.

En las máquinas se emplea la grasa (unos aceites especiales) como lubricante, y que hace el mismo efecto que el jabón sobre las tablas de madera. La grasa pulimenta las superficies deslizantes, eliminando las asperezas y haciéndolas más suaves. Se emplean principalmente porque no se secan fácilmente y se conservan mucho tiempo sobre las piezas lubricadas, cosa que no ocurre con el jabón.

Ahora ya sabes por qué unas gotas de aceite sobre las bisagras de una puerta evitan que chirríe.

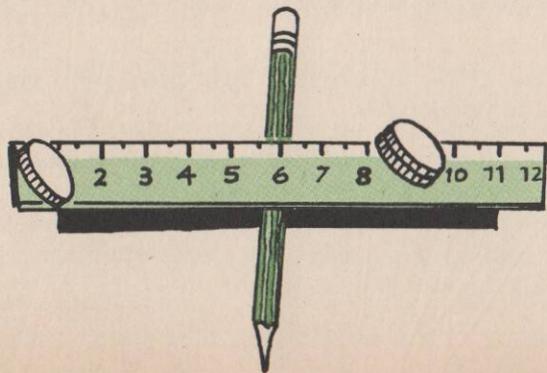
## Las máquinas

El hombre facilita su trabajo mecánico por medio de unos instrumentos a los que ha llamado máquinas. La máquina no produce trabajo por sí misma, sino que aprovecha la energía que recibe, directa o indirectamente, del hombre, transformándola en otra más susceptible de ser aprovechada en forma de trabajo útil.

Todas las complicadas máquinas actuales proceden, o son combinaciones ingeniosas, de otras máquinas más simples y que se han venido empleando desde hace millares de años. Estas máquinas son: la palanca, la rueda y el eje, la polea, el plano inclinado, la cuña y el tornillo.

## Ejemplo de palancas

Coloca un lápiz exagonal sobre la mesa y sobre él equilibra una reglilla de veinte centímetros, para lo cual debes apoyarla sobre el lápiz en su punto medio, es decir, por la marca de los diez centímetros.



Ahora coloca una moneda en cada extremo de la regla y observa lo que ocurre. Después añade otra moneda igual a las anteriores, sobre la que está colocada en la señal de los veinte centímetros. ¿Qué ocurre? Por último, estas dos monedas aproxímalas, deslizando sobre la regla, hacia el lápiz.

**Observa que** las dos monedas (de doble peso que la que está sola) equilibran la regla al llegar a la marca de los quince centímetros. Al aproximar las dos monedas al punto de equilibrio sobre el lápiz, una moneda es capaz de equilibrar un peso doble del suyo propio.

**Explicación:** El fenómeno observado en el experimento es el mismo que ocurre en un balancín, en el que pueden columpiarse dos personas de pesos muy diferentes, si la persona más pesada se coloca más cerca del centro que la otra y a distancias convenientes.

Si en lugar del lápiz del experimento empleas la regla, colgándola de su punto medio a modo de balanza, puedes obtener el mismo resultado con las monedas.

Esto te indica que tanto el balancín como la balanza son **palancas**. Una palanca es simplemente una barra rígida, capaz de girar sobre un punto de apoyo denominado fulcro. En el experimento, la regla es la barra rígida y el lápiz es el fulcro. Hay tres tipos de palanca, según que el punto de apoyo se sitúe en el centro o en un extremo y en función de las fuerzas (potencia y resistencia) que actúan sobre la barra.

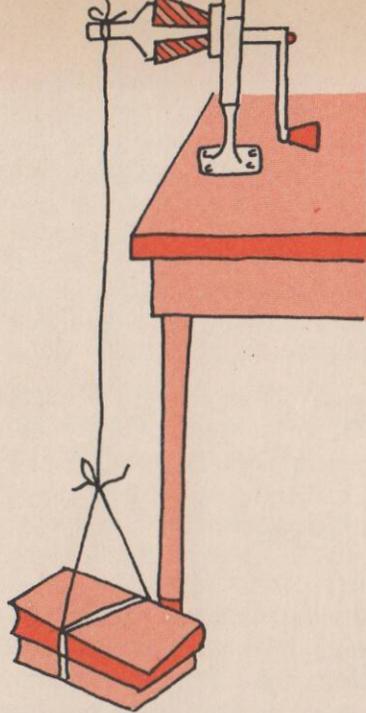
La palanca es la máquina más simple, pero es una de las más empleadas. Tú, seguramente, sabes ya que los remos, los cascanueces y las tijeras son ejemplos de palancas. En el hombre, los dedos, los brazos y las piernas son realmente palancas. Igualmente lo son el tenedor, el cuchillo, la escoba o la pala. ¿Conoces más ejemplos de palancas?

## La rueda y su eje

Si dispones de un afilalápices de mesa, quítale el depósito de virutas. Ata un bramante a su eje, según te muestra la figura, dejando el otro extremo libre. Ahora sujeta varios libros a este otro extremo y gira la manivela de manera que el bramante se enrolle sobre el eje del afilalápices, hasta que los libros lleguen a estar al nivel de la mesa.

A continuación realiza la tarea de elevar los libros a mano, tirando simplemente del bramante.

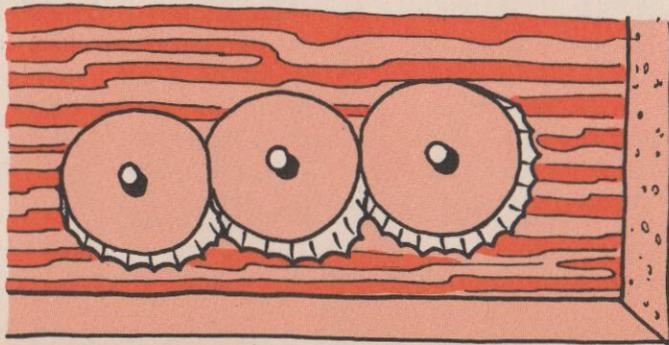
**Observa que** realizarás un esfuerzo mucho menor cuando los elevas por medio del afilalápices que cuando los elevas a mano.



**Explicación:** El afilalápices es en este caso una rueda y su eje, y que ayuda a elevar objetos hasta una cierta altura. También es más conocido por el nombre de **torno**. Se trata, realmente, de una palanca que se mueve en sentido circular.

## Las cápsulas-engranajes

Toma tres cápsulas de las que se emplean para cerrar botellas, procurando que no estén deformadas. Perfora cada una de ellas por su centro con un clavo. Colócalas sobre una tabla, clavadas por sus res-



pectivos orificios y de manera que los dientes de cada una de ellas encajen en los entrantes de la contigua.

Gira una de las cápsulas con la mano, o empleando un lápiz, y toma nota de lo que pasa con las otras.

**Observa que** cuando das vueltas a una cápsula las otras dos también giran.

**Explicación:** Los dientes de cada cápsula actúan del mismo modo que los de un engranaje respecto a la cápsula contigua. Observarás que cada cápsula gira en sentido contrario a la adyacente. Cuando la central gira en el mismo sentido que las agujas de un reloj, las laterales giran en sentido contrario. Los engranajes, por esta causa, son empleados para cambiar la dirección del giro de unos ejes o volantes determinados en una máquina.

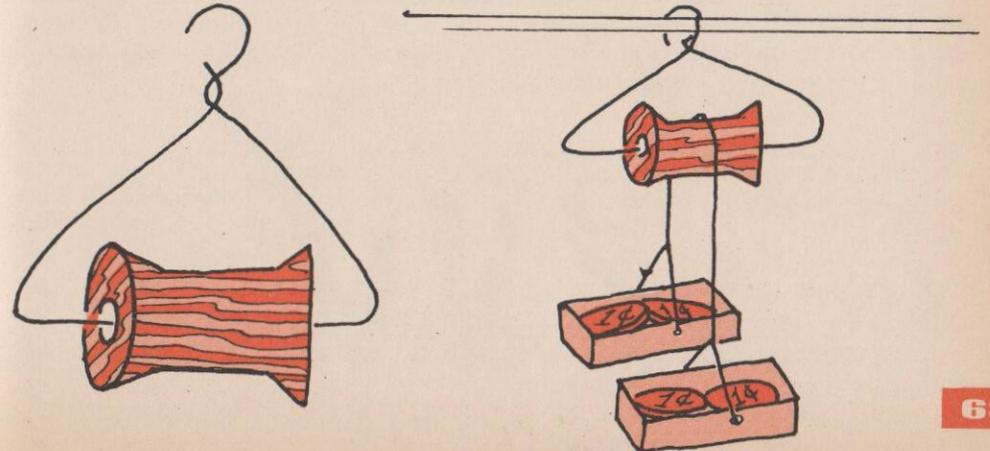
Los engranajes se emplean también para obtener en una máquina una fuerza o una velocidad mayor o menor, según los casos. La velocidad se incrementa cuando un engranaje pequeño es girado por otro más grande. La fuerza aumenta cuando un engranaje grande es movido por otro más pequeño.

Los engranajes son una aplicación ingeniosa de las propiedades del torno, ya que en el experimento las cápsulas no son otra cosa que unos pequeños tornos de corta longitud.

Observa cómo funcionan las ruedecillas dentadas de un reloj despertador o cómo trabajan los engranajes de una bicicleta, conectados por una cadena en este caso.

## Funcionamiento de la polea

Prepara, siguiendo las directrices de la figura, un carrete vacío atravesado por un alambre resistente, doblándolo después de manera que



forme un pequeño gancho, que servirá para colgar esta polea de un soporte adecuado.

Una vez colgada la polea pasa por su garganta un bramante de varios decímetros de largo, y cada extremo lo atas a sendas cajas pequeñas. En cada caja puedes poner monedas o perdigones, arena, etc. Añade más peso a una de las cajitas, hasta que puedas de este modo elevar la otra.

Cuando las dos cajitas son equilibradas, tira de una de ellas de modo que descienda cinco centímetros. ¿Qué ocurre con la otra?

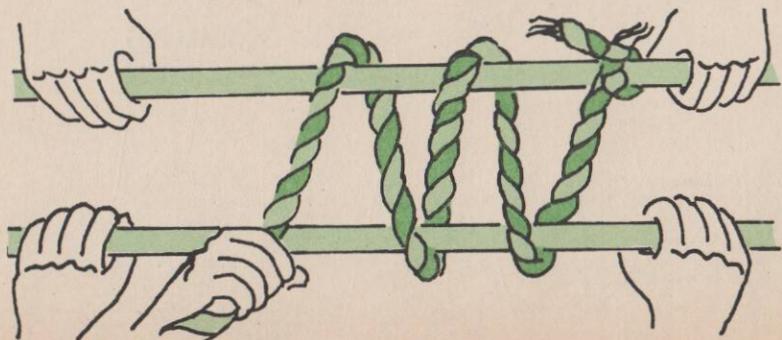
**Observa que** para equilibrar las cajas se necesitan pesos iguales. Si tú empujas hacia abajo una de ellas cinco centímetros, la otra se eleva esa misma distancia.

**Explicación:** El aparato que tú has montado es una **polea fija**. Su trabajo consiste en un cambio de dirección, haciendo que cuando tú tiras de un extremo de la cuerda hacia abajo, el otro extremo se eleva, permitiendo el levantamiento de ciertos pesos. Sencillamente, el trabajo que tú realizas a favor de la gravedad, la polea lo aprovecha para elevar un peso en sentido contrario.

La polea te sirve para izar las banderas hasta lo alto de sus mástiles. Otra aplicación más compleja es la de los ascensores, que emplean un juego de poleas para elevarnos.

## La polea compuesta

Para este experimento debes pedir la ayuda de dos amigos o de tus padres. Una vez conseguida, prepara dos bastones fuertes y pide a cada uno de tus ayudantes que cojan uno de ellos, de modo que los sostengan paralelamente a una corta distancia (un metro, por ejemplo). Ahora coge una cuerda fuerte, ata uno de tus extremos a uno de los bastones y pásala de uno a otro, de modo que cada vuelta vaya quedando separada en la forma indicada por la figura. Da cuatro o cinco vueltas a la cuerda y, una vez preparado el dispositivo, pide a tus ayudantes que sosten-

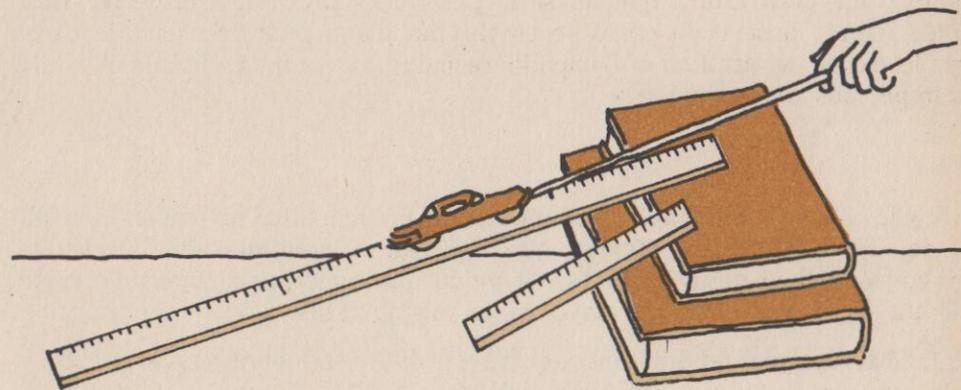


gan los bastones con fuerza, para que no se junten, y, a tu vez, tira del extremo libre de la cuerda.

**Observa que** eres capaz de unir los dos bastones, venciendo la resistencia de dos personas, incluso en el caso de que sean más fuertes que tú.

**Explicación:** El dispositivo que tú has formado funciona a modo de una combinación de poleas o polipasto. La fuerza que aplicas se incrementa por el número de vueltas de la cuerda sobre los bastones, quedando de este modo multiplicada varias veces. Así, una fuerza pequeña, aplicada en el sistema, se incrementa de manera que puede vencer una gran resistencia durante un corto recorrido.

El polipasto se emplea para la descarga de los barcos, y forma en muchos casos parte importante de las grúas, que habrás visto en ocasiones realizando trabajos en las obras de construcción o elevando grandes pesos.



## Algo sobre las rampas

Coloca varios libros sobre la mesa y apoya sobre ellos reglas de distintas longitudes, de manera que formen rampas de diferente inclinación. Si tienes un pequeño automóvil, sujétalo por su parte delantera con una anilla de goma delgada y bien elástica. Si no tienes el juguete puedes emplear un taco de madera de cierto peso. Con uno u otro objeto realiza el experimento haciéndole que suba por cada rampa, observando por cuál de ellas la goma de la cual tiras se estira más o menos.

**Observa que** la goma se estira más cuando el móvil asciende por la regla más corta que por la más larga. Si la altura de los libros lo permite observarás aún que el máximo estiramiento de la goma se logra al hacer subir el objeto directamente hasta encima de los libros, sin usar la rampa.

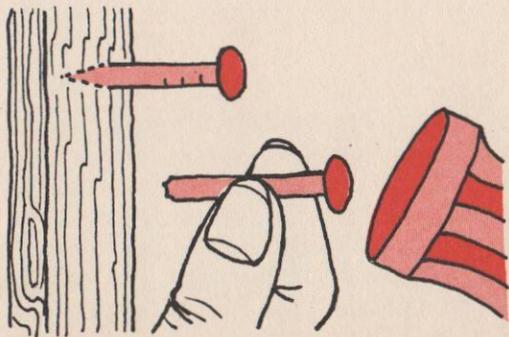
**Explicación:** La rampa es realmente un plano inclinado, que es una máquina simple que permite elevar grandes pesos con un esfuerzo relativamente pequeño, aumentando la longitud del mismo con relación a la altura a que se trata de elevar el peso. En realidad, el plano inclinado ahorra esfuerzo, pero haciendo que el camino recorrido sea mayor. Cuanto más largo es, menor esfuerzo se realiza, pero más distancia se debe recorrer hasta alcanzar una altura determinada.

Históricamente, el plano inclinado tiene gran importancia, porque su empleo permitió a los antiguos egipcios la construcción de las pirámides famosas. Actualmente son planos inclinados las carreteras que se construyen en los flancos de una montaña, ascendiendo lentamente hasta ganar una gran altura que no sería posible alcanzar directamente. También habrás observado cómo se emplea un plano inclinado para la carga y descarga de camiones, haciendo resbalar los grandes bultos por una rampa más o menos larga.

## Cómo actúan las cuñas

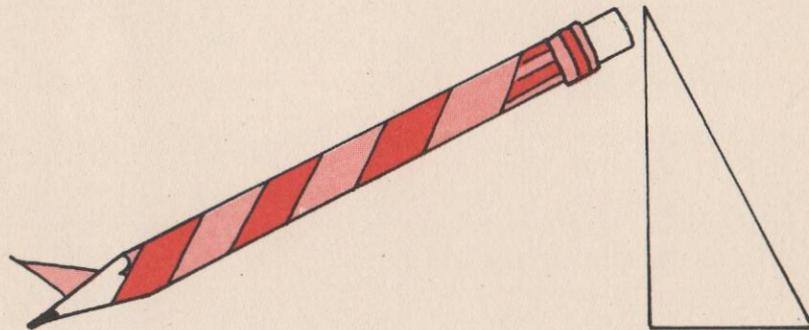
Clava sobre una tabla, valiéndote de un martillo, un clavo bien afilado. Toma nota del esfuerzo que realizas. A continuación, desclávalo, y con una lima quita la punta, de modo que quede una superficie roma. Trata de clavar ahora el clavo en la misma tabla.

**Observa que** tendrás mucha mayor dificultad para clavar el clavo de punta roma que el de punta afilada...



**Explicación:** La punta del clavo es una **cuña**, siempre que esté bien afilada. La cuña consta de dos o cuatro pequeños planos inclinados, unidos uno a otro, que permiten que el clavo penetre con cierta facilidad en la madera, separando sus fibras sin esfuerzo, ya que la potencia del golpe se concentra sobre una superficie muy pequeña.

Los cuchillos, las estacas, las agujas, los alfileres y los cinceles son ejemplos corrientes y sencillos de cuñas.



## El tornillo

Corta un triángulo de papel semejante al que te indica la figura. Apoya el cateto menor sobre un lápiz y da vueltas al papel sobre el mismo, hasta llegar a la punta.

**Observa que** has obtenido un tornillo muy sencillo.

**Explicación:** Un **tornillo** es realmente un plano inclinado arrollado sobre uno de sus catetos. El papel que tú has recortado tiene la forma de un plano inclinado que has ido girando sobre el lápiz.

Tú ya conoces los múltiples empleos de los tornillos, tanto en carpintería o ebanistería como en trabajos con metales, para unir las diferentes piezas. Observa cómo numerosos tipos de frascos o tarros se cierran mediante un dispositivo en forma de tornillo.

La banqueta del piano, la picadora de carne, la hélice de los aviones, el ventilador y el torno de banco, son otros tantos ejemplos de aplicaciones del tornillo.

El calor no tiene forma ni volumen, no ocupa espacio y, por lo tanto, es algo inmaterial. El calor, como la luz o la electricidad, es una forma de la energía. El calor es capaz de producir trabajo, transformándose en energía mecánica. Si en un cuerpo cualquiera, sus moléculas adquieren una mayor cantidad de energía, de manera que puedan tener una mayor libertad de movimientos unas sobre otras, alcanzará una temperatura más elevada y llegará a desprender calor.

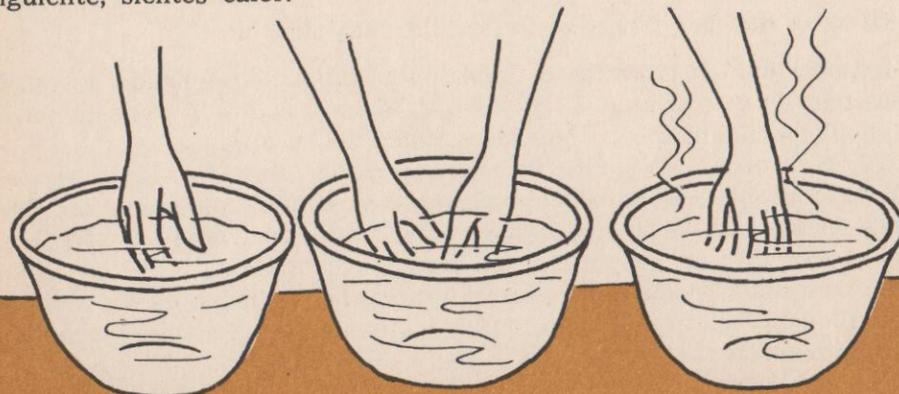
## La relatividad del calor y el frío

Prepara tres recipientes o barreños no muy grandes. Llénalos hasta algo más de la mitad de agua del modo siguiente: el primero, con agua bien caliente; el segundo, con agua templada, y el tercero, con agua fría.

Ahora introduce la mano derecha en el agua caliente y la izquierda en el agua fría, manteniéndolas así durante unos minutos. Entonces, rápidamente, retira las manos de ambos recipientes e introdúcelas juntas en el que contiene agua templada. ¿Qué sientes?

**Observa que** sientes frío en la mano derecha y calor en la izquierda, a pesar de que ahora el agua está a la misma temperatura para ambas.

**Explicación:** Al introducir ambas manos en el recipiente de agua templada ocurre que de tu mano derecha (que ha estado metida en agua caliente) pasa calor al agua y, por tanto, sientes frío, por la pérdida de calor. En tu mano izquierda (que se ha enfriado en el agua fría) hay ahora una ganancia de calor, que pasa del agua templada, y, por consiguiente, sientes calor.



FRIA

TEMPLADA

CALIENTE



## El rozamiento produce calor

1. Toma un clavo y un martillo. Mediante el tacto, observa su temperatura. Ahora clava el clavo, golpeando con fuerza con el martillo. Después de la operación, vuelve a tocarlos.

**Observa que** el martillo y el clavo se han calentado respecto a la primera vez que tomaste su temperatura.

**Explicación:** La energía de tus músculos, transmitida por el movimiento al martillo, se transmite a su vez al clavo, mediante el rozamiento producido por los golpes. La energía mecánica hace que las moléculas del martillo y del clavo puedan moverse más ampliamente, y de ahí su calentamiento.

2. Coloca tus manos sobre tus mejillas y siente su temperatura. A continuación, frota ambas manos juntas varias veces, rápidamente. Vuelve a colocarlas sobre las mejillas y toma nota de su temperatura.

**Observa que,** después del frotamiento, las manos se han calentado mucho más que la primera vez.

**Explicación:** La fricción o rozamiento producidos al frotar tus manos, causa el movimiento de las moléculas, por lo que la temperatura de las manos se eleva.

## La energía radiante produce calor

En un recipiente pequeño, echa un poco de agua fría y colócalo en una ventana soleada. Déjalo allí durante una media hora y, después, toma la temperatura con la mano o, mejor, con el termómetro.

**Observa que** el agua se ha calentado notablemente.

**Explicación:** El Sol envía sobre la Tierra rayos de energía (infrarrojos), que pueden calentar los objetos sobre los que inciden. Es lo que se conoce con el nombre de energía radiante.

## El calor puede ser obtenido de la electricidad

Observa con el tacto la temperatura de una lámpara de mesa apagada. Después, da la luz y, al cabo de unos minutos, vuelve a tocar la bombilla.

**Observa que** la bombilla se calienta rápidamente.

**Explicación:** Parte de la energía eléctrica que pasa por la lámpara, se transforma en calor. Esta transformación se realiza en el filamento existente en la bombilla. Este principio es empleado en las estufas eléctricas, los hornillos, los tostadores de pan, etc. La corriente eléctrica produce grandes cantidades de calor, cuando es obligada a pasar por un conductor arrollado en espiral (resistencia).



## Cómo el calor puede llenar un globo

Toma una botella grande, y coloca en su cuello un globo de goma vacío. Observa que la botella está aparentemente vacía. Ahora pon la botella en agua caliente o también sobre la llama de una vela. (En este caso es conveniente que la llama no caliente directamente el vidrio. Puedes intercalar una tela metálica fina.)

**Observa que** el globo se va hinchando, y hasta puede elevarse en el aire.

**Explicación:** El calor hace que el aire contenido en la botella «vacía» se expanda, aumentando grandemente la energía de las moléculas y,

por consiguiente, las distancias entre las mismas. Al expansionarse, el aire de la botella pasa al interior del globo, hinchando sus paredes elásticas. El calor es, por consecuencia, la causa de que el globo se llene de aire.

¿Qué piensas que ocurrirá al retirar la fuente de calor de la botella? Realiza el experimento a continuación.

## El calor dilata los cuerpos

En el fondo de un bote vacío, practica un agujero con un clavo. Procura que el clavo entre en el agujero suavemente, pero sin excesiva holgura. A continuación, sujeta el clavo con unas pinzas, y caliéntalo a la llama. Trata de introducirlo nuevamente por el agujero.

**Observa que,** después de calentado, el clavo no entra por el agujero.

**Explicación:** El calor produce la dilatación de los cuerpos. Las moléculas del sólido aumentan sus distancias y, por consiguiente, deben ocupar un mayor espacio.

Esto es lo que te explica que los carriles del ferrocarril están separados por unos espacios, para que puedan dilatarse al paso de los trenes o cuando en el verano sufren una gran elevación de temperatura por la acción del sol.



## Funcionamiento del termómetro

Llena un frasco pequeño hasta el borde, con agua coloreada con tinte vegetal o con unas gotas de tinta corriente. Tapa el frasco con un corcho

perforado, en el que debes ajustar un tubo de vidrio de unos 20 centímetros. Marca en el tubo la altura a la que el agua asciende.

A continuación, coloca el frasco en un recipiente con agua bien caliente, o caliéntalo a la llama con las precauciones debidas. Toma nota de lo que ocurre.

Después, enfría el frasco anotando el resultado.

**Observa que** el agua asciende en el interior del tubo cuando se calienta y, por el contrario, desciende cuando enfrías el frasco.

**Explicación:** Los líquidos se dilatan cuando son calentados, y se contraen al enfriarse. Este es el fundamento del termómetro de mercurio.

En el termómetro no se mide directamente la temperatura, sino que se observan los cambios que se producen en la columna de mercurio. Cuando el líquido se calienta por encontrarse en un ambiente de mayor temperatura, la columna se dilata y, por el contrario, si el medio es más frío, el mercurio se contrae y, por consecuencia, la mayor o menor longitud de la columna termométrica es la que proporciona la medida indirecta de la temperatura.

## Cómo el calor cambia un sólido en líquido

1. En un cazo pequeño, coloca unos cubitos de hielo, y caliéntalo.
2. Ahora pon en otro cazo, o recipiente pequeño, un poco de azúcar y somételo al calor.
3. Pon un poco de parafina o un trozo de vela en el recipiente, y caliéntalo a su vez.

**Observa que** los tres diferentes cuerpos sólidos se transforman en líquidos.

**Explicación:** Al calor, los cuerpos sólidos experimentan una movilización de sus moléculas, como ya sabemos. Entonces las moléculas, que en los sólidos están rígidamente unidas, se ponen en movimiento y aumentan de tal modo su libertad, que cambian de estado, pasando a líquidos sin forma propia. Este proceso, o cambio de estado, se llama fusión.

¿Has visto alguna vez películas sobre la obtención del hierro? Habrás visto cómo el metal aparece en forma de un líquido ardiente, que se



vierte en moldes especiales, tomando forma sólida y dando lugar a los llamados lingotes cuando se enfría.

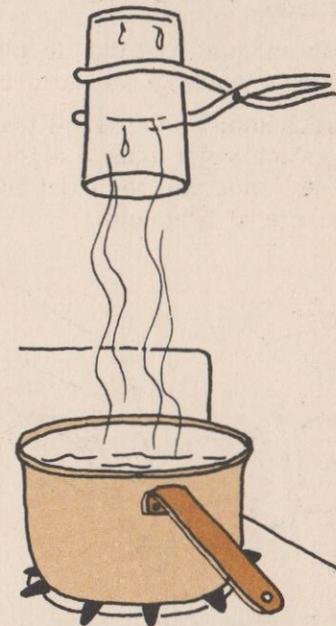
## Otro cambio de estado: un líquido se transforma en gas

Calienta agua en un cazo, midiendo la temperatura, de tiempo en tiempo, con un termómetro.

**Observa que** el agua pasa al estado gaseoso en forma de vapor. Puedes conservar así el agua por tiempo indefinido, pero entonces la temperatura no deberá bajar de los cien grados centígrados.

**Explicación:** En este otro cambio de estado, las moléculas, siempre por la acción del calor, dan un último paso en su movilidad, aumentando su energía interna y alcanzando un grado de libertad máximo, por lo que los gases o vapores no tienen ni forma ni volumen propio. En el agua, el cambio de estado se produce a los cien grados centígrados, y el fenómeno se llama ebullición.

Colocando un vaso de cristal frío sobre el cazo en ebullición, se produce el fenómeno inverso. Las moléculas pierden energía, y se acumulan sobre las paredes interiores del vaso, en forma de pequeñas gotitas de agua. El cambio de estado en este caso se llama condensación.



## La evaporación produce frío

1. Pon una cucharada de agua sobre un plato llano, y otra de alcohol en otro plato idéntico. ¿Cuál se evapora primero?

2. Moja una mano con agua, y la otra con alcohol. Déjalas quietas al aire. ¿Qué mano sientes más fría?

**Observa que** el alcohol se evapora más rápidamente que el agua. En ambas manos sentirás frío, pero la mano mojada en alcohol la sentirás bastante más fría.

**Explicación:** El calor necesario para la evaporación (cambio de estado) lo obtienen ambos líquidos del calor de tus manos. Por eso sientes frío en ambas. Como el alcohol se evapora más rápidamente, deberá absorber una mayor cantidad de calor y, por tanto, la mano humedecida con él la notarás más fría. Los líquidos que se evaporan fácilmente se denominan volátiles.

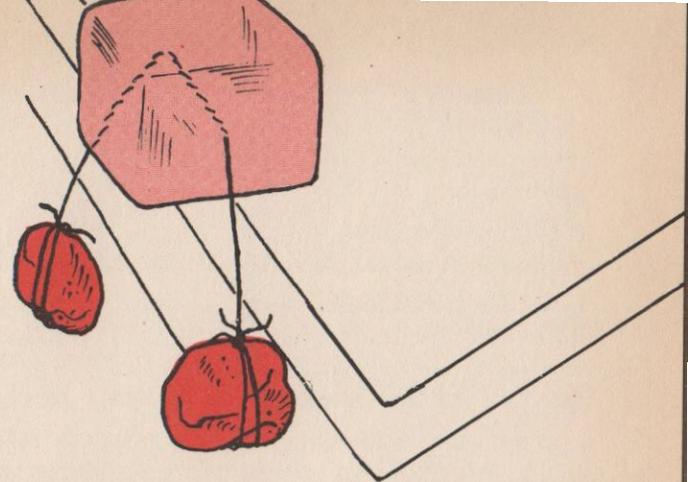
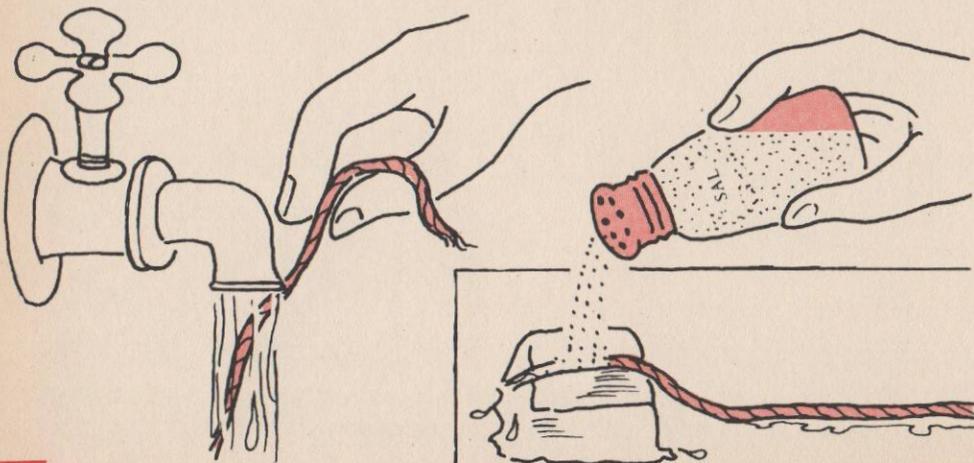
## El bramante mágico

Aplicando tus conocimientos sobre los cambios de estado producidos por el calor, puedes realizar un pequeño juego de «magia».

Moja bien el extremo de un bramante, y colócalo, sin apretarlo, sobre un cubito de hielo. Con un salero, echa un poco de sal sobre el bramante humedecido.

**Observa que,** al cabo de pocos minutos, el cubito se ha soldado al bramante y puedes levantarlo con él.

**Explicación:** Donde la sal tropieza con el hilo, rebaja un poco el punto de congelación del agua a algo menos de cero grados centígrados y, por tanto, se funde un poco del hielo que, al solidificarse después, se une fuertemente al bramante.



## Cómo se unen varios cubos de hielo

1. Con una servilleta de papel, oprime dos o más cubitos de hielo, manteniendo la presión durante varios minutos.

**Observa que,** cuando dejas de presionar sobre los cubitos, éstos aparecen fusionados en un solo bloque.

**Explicación:** La presión sobre el hielo es la causa de que una parte del mismo se funda, por descenso momentáneo de la temperatura de fusión. Una vez que la presión cesa, se produce nuevamente el rehielo, y los cubitos se sueldan.

2. Coloca un gran trozo de hielo sobre la mesa, de forma que sobresalga de su borde una parte de la barra. Ahora toma un alambre fino y cuelga de cada extremo dos piedras, o mejor, dos pesas. Coloca el alambre así preparado sobre la barra de hielo, y déjala así.

**Observa que** el alambre va pasando a través de la barra de hielo, sin romperla, cayendo al fin al suelo.

**Explicación:** La línea de hielo situada directamente debajo del alambre se va fundiendo, porque la presión que se ejerce sobre ella produce el fenómeno del descenso del punto de fusión. Así, esa parte de hielo se funde, pero en cuanto el alambre ha pasado, se restablece la presión anterior y, por tanto, el agua vuelve a congelarse. Este fenómeno se conoce con el nombre de rehielo. Así, la barra queda intacta y permite el paso del alambre a su través.

## Las calorías que el agua absorbe

1. En la cocina, coloca, sobre sendos hornillos, una cazuela grande y otra más pequeña, llenas de agua. Calienta ambas hasta que se produzca la ebullición, midiendo entonces las temperaturas respectivas.

**Observa que** el agua de la cazuela pequeña comienza a hervir mucho antes que la de la grande. Sin embargo, al medir la temperatura, encontrarás que la de ambas, en el momento de la ebullición, es de cien grados centígrados.

**Explicación:** Una mayor cantidad de agua necesita, a su vez, de más calor para alcanzar el punto de ebullición.

2. En las cazuelas del experimento anterior, cuando estén a la misma temperatura, introduces sendos botes con agua fría. Déjalos en su interior durante un cierto tiempo, hasta que hayan perdido gran parte de su calor. Mide con un termómetro la temperatura de cada bote.

**Observa que** el bote situado dentro de la cazuela grande conserva el agua a una temperatura mayor que la del otro.

**Explicación:** En ambas cazuelas, el agua hierve a la misma temperatura de cien grados centígrados; pero en la mayor, el agua se enfría más lentamente y, por ello, es capaz de calentar a mayor temperatura el agua del bote situado en su interior.

La cantidad de calor absorbido se mide en unidades llamadas **calorías**. Esta se define como la cantidad de calor necesaria para que un gramo de agua eleve su temperatura un grado centígrado. (Existe una unidad mayor, la Caloría grande o Kilocaloría, que es igual a mil calorías.)

## ¿Por qué los mangos no son de metal?

1. Introduce una cucharilla de plata en una taza de agua caliente. Después de unos segundos, observa cómo la cucharilla se calienta.

2. Enciende una vela de cera y sitúa unas gotas de cera fundida a lo largo de una aguja de hacer punto metálica. La cera se solidifica y queda en forma de pequeños manguitos cerosos. Pincha la aguja en un corcho de regular tamaño y úsalo como mango para sostenerla a la llama de la vela, que debes aplicar al extremo opuesto de la aguja.

**Observa que** el extremo de la aguja se va calentando y el calor se transmite a lo largo de ella, hasta el punto de que las aplicaciones de cera van siendo fundidas.

**Explicación:** En el primer caso, las moléculas del agua caliente chocan con las de la cucharilla y las transmiten una parte de su energía calorífica. Las moléculas así activadas chocan con las siguientes, y así sucesivamente se van produciendo choques con transmisión de calor, hasta que todas las moléculas quedan al mismo nivel energético. En los metales, esta transmisión del calor se realiza muy fácilmente, y eso explica

el por qué la aguja se calienta a partir de la llama aplicada a un extremo, y va fundiendo las sucesivas gotas de cera adherida sobre ella. Los metales, en consecuencia, son muy buenos conductores del calor.

Las moléculas del corcho son más difíciles de activar por el calor, y no se ponen en movimiento fácilmente ni transmiten a su vez la energía obtenida. Por ello, el corcho y las sustancias que tienen un comportamiento semejante son malas conductoras del calor.

Ahora puedes ya explicarte por qué el chocolate lo tomas en una taza de cerámica o porcelana, en lugar de una de aluminio. También es por ello por lo que las baterías de cocina moderna tienen asas y mangos no metálicos.

## Transmisión del calor en el agua y el aire

1. En un cazo casi lleno de agua echa un puñadito de salvado o pedacitos de papel. Coloca el cazo al fuego y calienta el agua hasta la ebullición.

**Observa que,** según el agua se va calentando, las partículas extrañas y sólidas se van poniendo en movimiento en el interior del líquido. Las partículas se mueven, desde el fondo a la superficie del agua, por el centro del recipiente, y descienden desde la superficie al fondo, a lo largo de sus paredes.

**Explicación:** Cuando un líquido se calienta, se dilata, como ya hemos visto. Esto significa que los líquidos calientes pesan menos (tienen menor



densidad en otras palabras). El calentamiento aligera la parte de agua situada en el centro del recipiente, que se eleva hacia la superficie y arrastra con ella las partículas sólidas. El espacio que deja el agua calentada es ocupado inmediatamente por la parte de agua más fría, que desciende a lo largo de las paredes (que pierden más calor a través del recipiente en contacto con el aire) y se produce, por lo tanto, una corriente continua. Tales corrientes se denominan corrientes de convección.

2. Con un trozo de cartulina y unas tijeras fabrica una especie de molinete y una espiral, según las indicaciones de la figura. Monta cada uno de ellos sobre un alambre, que puedes pinchar en un tapón de corcho. Colócalos a continuación sobre el radiador o sobre una estufa.

**Observa que** el molinete gira y la espiral toma un movimiento de rotación.

**Explicación:** El aire situado encima del radiador se calienta y se pone en movimiento, produciendo unas corrientes convectivas que, al chocar con el molinete o la espiral, los pondrán en movimiento. El viento no es más que aire en movimiento, por causa de las diferentes temperaturas existentes sobre la tierra.

## El calor radiante

Toma una lata de regular tamaño y practica cerca de su borde dos orificios pequeños y situados en lugares opuestos. A continuación, con una vela, ahuma una mitad del interior de la lata, de manera que la parte ahumada contenga uno de los orificios, mientras que el otro debe quedar fuera de ella.

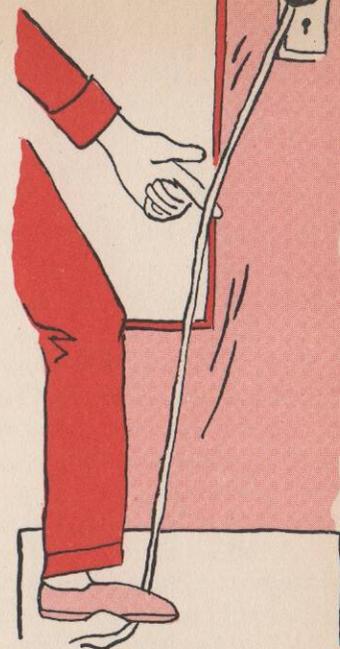
Coge dos cerillas usadas e introdúcelas por los orificios sujetándolas bien mediante unas gotas de cera fundida. Por último enciende una lámpara y sitúala en el interior de la lata, procurando quede bien centrada, para que toda la superficie reciba la misma cantidad de calor.

**Observa que** la parte ennegrecida por el humo de la lata se calienta más rápidamente, como se demuestra, porque la cera del orificio correspondiente se funde antes.

**Explicación:** La superficie ennegrecida absorbe con mayor facilidad el calor radiante de la lámpara. Al mismo tiempo, la parte brillante no absorbe apenas calor, ya que, por reflexión, lo rechaza en dirección a la lámpara. Sólo al cabo de mucho tiempo se logrará que se caliente, pero nunca tanto como la parte negra.

El Sol es el manantial principal de calor radiante, pero, a su vez, muchos otros cuerpos son capaces de radiar el calor absorbido previamente de aquél. ¿Te explicas ahora por qué se llevan trajes negros u oscuros en invierno y claros en verano?

## el sonido



### ¿Cómo se produce el sonido?

1. Sujeta una cuerda al tirador de la puerta y estírala cuanto puedas, pisando el otro extremo para que no se suelte. Ahora púlsala.
2. Pon unos «clips» pequeños o unos alfileres sobre un tambor. (Puedes hacer tu propio tambor, con un bote grande al que puedes atar un papel fuerte bien tensado.) Toca a continuación suavemente el tambor.
3. Sopla ligeramente con pajas de diferentes longitudes.
4. Golpea un tenedor, con cualquier otro utensilio, cerca de tu oído.
5. Sobre el borde de la mesa sujeta el extremo de un cuchillo o una aguja de hacer punto. Levanta el otro extremo y déjale golpear sobre la mesa.

**Observa que,** en cada caso, se escucha un sonido y puedes percibir además cómo un movimiento especial recorre el objeto de un extremo a otro.

**Explicación:** En cada caso de tu experimento produces un sonido que es un movimiento especial de vaivén, es decir, una vibración. Observarás que no se produce una sola vibración, sino un número muy grande de ellas, que se suceden rápidamente y se debilitan en seguida. El número de vibraciones por segundo se denomina frecuencia y depende de la forma, tamaño y naturaleza del cuerpo vibrante.

Nuestro sentido del oído solamente puede percibir sonidos cuando éstos están comprendidos entre 16.000 y 20.000 vibraciones por segundo.

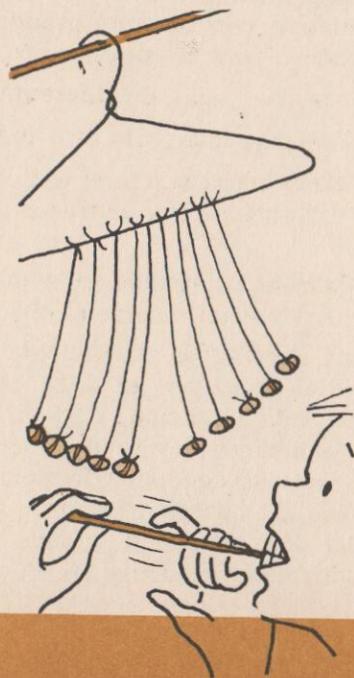
Para los demás sonidos, el oído humano es sordo; pero sabemos que ciertos animales, como algunos insectos, aves, los murciélagos y hasta el perro, pueden percibir una serie de ultrasonidos, que son inaudibles para nuestros oídos. Existen unos silbatos especiales para llamar a los perros, que sólo ellos son capaces de oír, mientras que para nuestros oídos no producen sonido alguno.

## Observa las ondas sonoras

Prepara una serie de cuentas, pequeñas e iguales, de algún collar roto, y sujétalas por medio de hilos de la misma longitud (unos treinta centímetros). Ata todos los hilos, por el extremo libre, a una percha de ropa (a ser posible metálica), de manera que todos los hilos cuelguen próximos y paralelos. Cuelga, a su vez, la percha de algún soporte adecuado y espera a que las cuentas queden en reposo.

A continuación toma una anilla de goma de bastante tamaño, córtala y coge con los dientes uno de sus extremos, y estírala, sujetando con la mano izquierda el otro extremo. Por último, cerca de las cuentas suspendidas, pulsa varias veces la cuerda sonora en que la goma se ha transformado.

**Observa que** la vibración de la cuerda sonora produce una perturbación en la primera cuenta que se moverá, golpeando en su movimiento

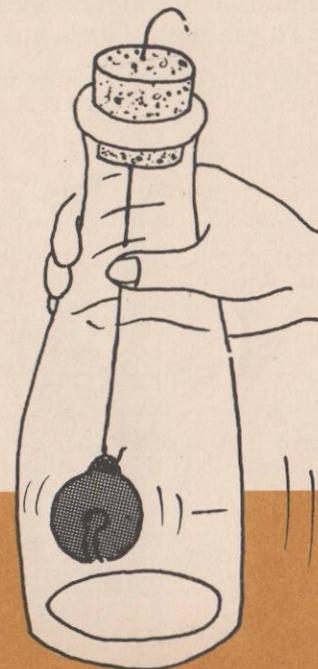


a la segunda cuenta. Esta a la siguiente, y así sucesivamente todas las cuentas se irán poniendo en movimiento, hasta que la energía se vaya debilitando en los sucesivos choques. Si la cuerda sonora es pulsada muy fuerte, el movimiento de las cuentas también será más intenso. Sin embargo, siempre es bastante débil su desplazamiento.

**Explicación:** Este experimento te dará una idea de cómo el sonido se traslada desde el cuerpo vibrante hasta tu oído. Cuando un objeto vibra produce una perturbación en un medio material invisible: el aire. En tal caso, el aire actúa del mismo modo que las cuentas de tu experimento. Sus partículas chocan con las más próximas, éstas con las siguientes, y así sucesivamente, se producen verdaderas ondas sonoras, semejantes a las que se producen sobre la superficie de un estanque tranquilo, cuando se arroja una piedra a las aguas. El final del viaje de las ondas sonoras está en el oído, donde existe una membrana especial, el tímpano sobre la cual las partículas vibrantes chocarán transmitiéndola su energía sonora. El tímpano, a su vez, transmite la perturbación a una cadena de huesecillos y, al fin, llegará al nervio acústico, que llevará la sensación al cerebro, donde se transforma en el sonido que tú oyes.

## ¿Puede viajar el sonido por el espacio?

Para este experimento hay que preparar una botella de las de leche, y un corcho que ajuste perfectamente en ella. Sobre el corcho, por su



parte inferior, cuelga un alambre fino que lleve en su extremo uno o dos cascabeles. La longitud del alambre no debe pasar de las dos terceras partes de la altura de la botella. Tapa la botella con el corcho y agítala de modo que los cascabeles suenen. (Procura que no golpeen las paredes de la botella.) Observa lo que ocurre.

A continuación destapa la botella y echa dentro un pequeño algodón empapado en alcohol. Enciéndelo con cuidado, arrojando dentro una cerilla encendida, y tápalo rápidamente con el corcho, que debe ajustar perfectamente. El algodón, al arder, consumirá una parte del aire interior de la botella, creando en ella un cierto vacío. Suenan ahora los cascabeles.

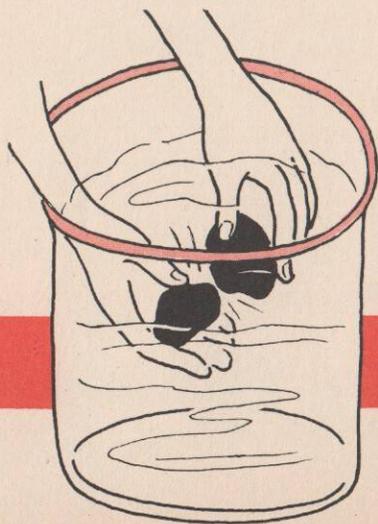
**Observa que** cuando los cascabeles suenan, estando la botella llena de aire, el sonido llega a tu oído perfectamente. Por el contrario, después de practicado el vacío, llega muy debilitado e incluso dejas de oírlo.

**Explicación:** El sonido necesita, para su traslación, de un medio material, sea sólido, líquido o gaseoso. No puede transmitirse en el vacío, porque éste carece de la masa de partículas susceptibles de entrar en vibración sucesiva. Normalmente, el sonido se transmite por medio de ondas sonoras a través del aire. Este es el medio transmisor más frecuente; pero, sin embargo, no es el más efectivo.

### ¿Se transmite el sonido en los líquidos?

Coge dos piedras o dos tacos de madera y golpea uno con otro. Escucha el sonido que producen. A continuación llena un cubo de agua y repite la experiencia, con tus manos dentro del líquido.

**Observa que** el sonido en el agua es más claro y fuerte.



**Explicación:** Los líquidos transmiten el sonido más rápidamente y a mayor distancia que en el aire. En el agua, el sonido se transmite a doble velocidad que en el aire. ¿Has observado que en los días húmedos se escuchan los sonidos con más fuerza y claridad que en los días despejados?

### Cómo se transmite el sonido en un sólido

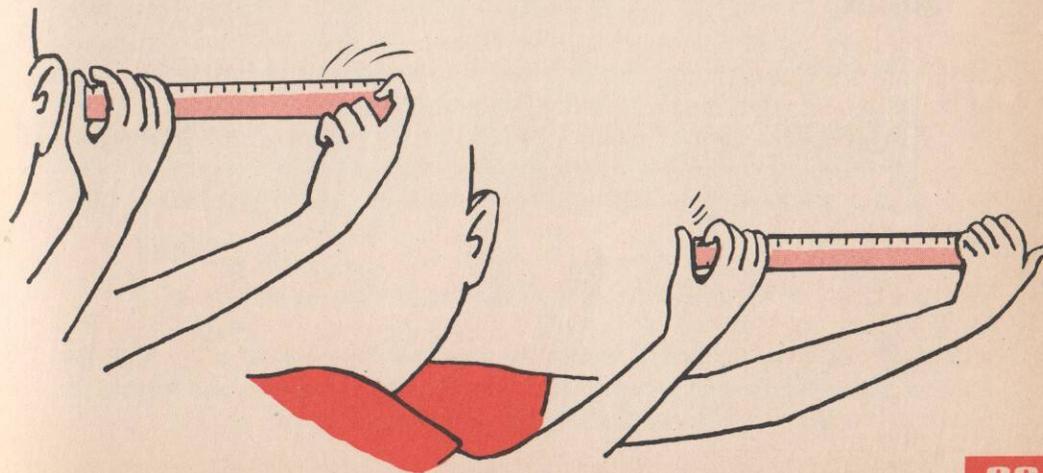
Toma una regla de madera o metal, apoya un extremo en un oído y rasca con el dedo sobre el extremo opuesto. Toma nota de que el sonido te llega muy claro y fuerte. A continuación aleja la regla unos veinte centímetros de tu oído y rasca de nuevo, ahora sobre el extremo próximo, y compara el sonido que recibes.

**Observa que** el sonido es mucho más fuerte cuando es transmitido por el medio sólido que cuando lo recibes a través del aire.

**Explicación:** La mayoría de los sólidos transmiten el sonido mejor que el aire e incluso que el agua. Se supone que la mayor proximidad a que sus moléculas se encuentran hace que la energía vibrante se amortigüe menos y el sonido camine más fácilmente.

Comprueba cómo transmiten los metales el sonido. Pide a un amigo, vecino del piso superior o inferior al tuyo, que golpee un radiador de su casa. Verás cómo lo oyes en la tuya, aplicando tu oído sobre cualquiera de los radiadores. Los metales son tan buenos conductores del sonido que en algunos la velocidad con que camina es dieciséis veces superior a la del aire.

Los indios y los explotadores saben que la tierra conduce el sonido mejor que el aire y escuchan, pegando la oreja al suelo, ruidos que les avisan sobre lo que ocurre incluso a grandes distancias.





## Velocidad del sonido

Cuando se produzca una tormenta próxima al lugar donde resides puedes hacer la siguiente experiencia: cuando veas un relámpago cuenta (con la ayuda de un reloj o un cronómetro) el tiempo que tardas en oír el trueno. Divide el número de segundos obtenido por tres, y el resultado será aproximadamente la distancia en kilómetros que haya desde el centro de la tormenta hasta tu casa.

**Explicación:** El sonido tarda, aproximadamente, tres segundos en recorrer un kilómetro (su velocidad en el aire es de 340 metros por segundo). La luz, por el contrario, camina a una velocidad gigantesca (300.000 kilómetros por segundo), por lo que prácticamente tú ves el relámpago en el mismo momento en que se produce. El trueno es simultáneo al relámpago, pero como las velocidades de la luz y del sonido son tan diferentes, puedes ver la luz mucho antes de que llegue a ti el ruido del trueno.

**Variación:** Si tú estás tan impaciente que no puedes esperar a que se produzca una tormenta tienes la posibilidad de realizar un experimento semejante. Pide a un amigo que golpee un tambor a una cierta distancia de ti, de manera que puedas simultáneamente ver y oír. Cuando veas que tu amigo golpea el tambor cuenta el tiempo (que ahora está muy corto) que tarda el sonido en llegar a tu oído. Observa que hay siempre un intervalo entre el momento en que ves batir sobre el tambor y el que puedes escuchar el golpe.

## El eco

Este experimento puedes realizarlo en el interior de un gran gimnasio o salón de actos y, especialmente, aprovechando alguna excursión campestre por alguna zona montañosa.

Puedes así medir, con cierta aproximación, la distancia que hay entre las dos paredes opuestas de una gran sala o entre el lugar en que te encuentras y un monte cercano.

Para ello colócate frente al obstáculo (pared, edificio, monte, etc.) y envía un fuerte sonido. Por ejemplo, pronunciando un nombre corto, a toda voz, y haciendo bocina con las manos. Cuenta el tiempo que tardas en oír tu voz reflejada o devuelta por el obstáculo. Ese será el tiempo que tarda el sonido en la ida y la vuelta. Divide ese tiempo por dos, y el resultado, a su vez, por tres. El número final que obtengas serán los kilómetros o fracciones de kilómetros a que se encuentra situado el obstáculo escogido.

**Explicación:** Cuando las ondas sonoras llegan a un obstáculo son en su mayor parte reflejadas, regresando por el mismo camino al punto de partida. Este fenómeno, semejante al comportamiento de una pelota en el frontón, se llama reflexión. La onda reflejada, o eco, es escuchada entonces como un sonido diferente del original, si la distancia a que se encuentra el obstáculo es igual o superior a los 17 metros. El oído humano requiere un mínimo de  $1/20$  de segundo, para escuchar separadamente dos sonidos. Por consiguiente, si el sonido camina en el aire con una velocidad de 340 metros por segundo, para que se pueda escuchar el eco, la distancia mínima al obstáculo deberá ser de 17 metros.

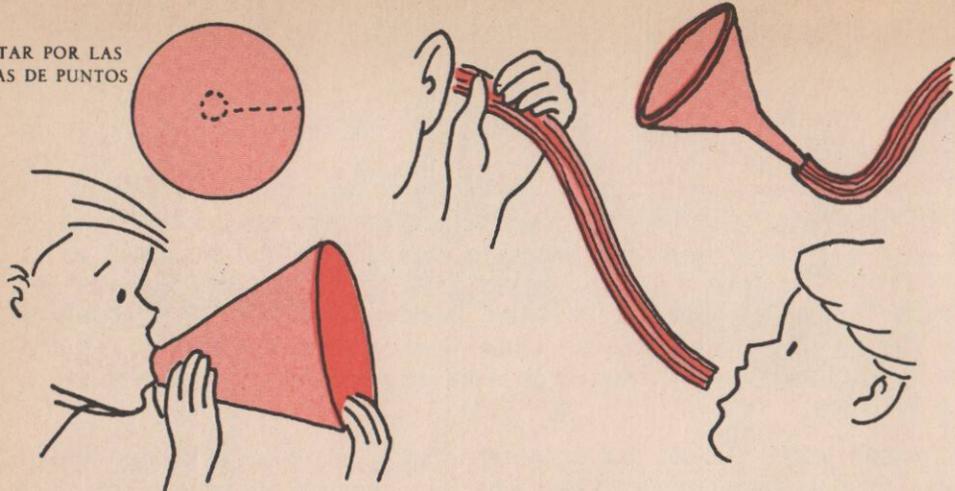
La profundidad de los mares se determina por la sonda acústica, siguiendo un procedimiento semejante, teniendo en cuenta que el sonido se transmite en el agua salada a una velocidad de 1.480 metros por segundo aproximadamente.

## Cómo se dirige el sonido

El sonido se propaga en ondas en todas direcciones a partir del objeto sonoro, pero es posible concentrar la energía acústica en una dirección determinada en vez de que se disperse en el espacio. Con pocos utensilios, muy corrientes, tú puedes estudiar el funcionamiento de algunos de tales aparatos, que son capaces de concentrar el sonido.

### 1. Megáfono

Con un pliego grande de cartulina puedes construir un sencillo megáfono, arrollándolo según las instrucciones de la figura. Pide a alguien que hable por la embocadura mientras tú escuchas a una cierta distancia. Después habla tú por el megáfono, mientras tu amigo escucha tu voz amplificada y dirigida en una dirección determinada.



### 2. Tubo acústico

Todo lo que necesitas para esta experiencia es un tubo largo procedente de una manga de riego de jardín. Esta puede ser un excelente tubo acústico con sólo estar seguro de que no tiene ninguna obturación.

Con un amigo puedes utilizar el tubo acústico, hablando o escuchando por riguroso turno. Observa cómo puedes hablar o escuchar a gran distancia y muy claramente, porque la voz es canalizada por el tubo acústico y la energía sonora se concentra en una misma dirección.

El tubo acústico es todavía empleado en muchos barcos para las comunicaciones a bordo.

### 3. Estetoscopio

Utiliza un tubo de goma de unos decímetros de longitud y únelo por un extremo a un embudo pequeño. El aparato funciona como el estetoscopio de los médicos. Prueba a escuchar de esa manera los latidos de tu propio corazón.

El embudo recoge el sonido que el tubo concentra en dirección a tu oído, pudiendo así escuchar sonidos que son imperceptibles en otro caso.

## Diferencias de sonido. El tono

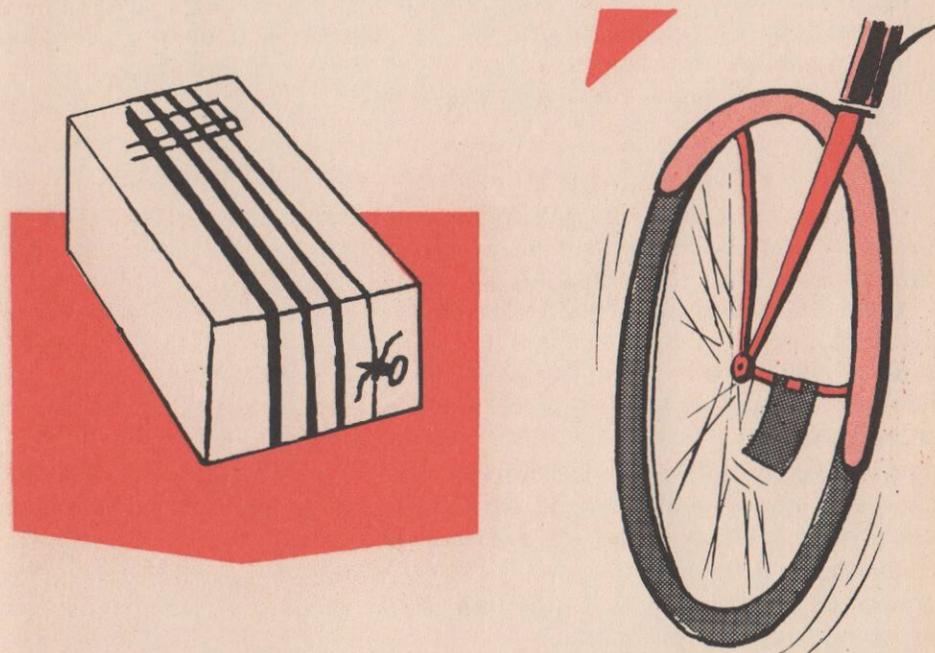
Tono es la mayor o menor altura del sonido. Según su tono, los sonidos son graves o agudos. Depende del número de vibraciones por segundo, siendo graves los sonidos de pequeña frecuencia y agudos los de mayor frecuencia.

1. Coloca una cartulina fuerte en la rueda de una bicicleta, de manera que roce los radios. Gira la rueda, primero lentamente, después más de prisa cada vez. Observa cómo va cambiando el sonido.

2. En un tocadiscos de varias velocidades coloca un disco de 45 r. p. m. y tócalo primero a su velocidad normal, después girándolo a 33, a 78 y, si es posible, a 16 r. p. m. Observa lo que va ocurriendo con el sonido.

**Observa que** cuando la rueda de la bicicleta aumenta su velocidad de rotación el sonido va siendo cada vez más agudo. El mismo fenómeno ocurre con el disco. El sonido se agudiza con las velocidades mayores que la suya y se hace más grave cuando se le gira a velocidades menores.

**Explicación:** Como hemos dicho, el sonido cambia de tono según el número de vibraciones por segundo con que se produzca.



## Las cuerdas sonoras

Toma cuatro anillas de goma de distintos grosores y móntalas rodeando una caja de cartón corriente. Con una pequeña tablita, levanta las gomas, formando un puente cerca del extremo de la caja, según te indica la figura. Ahora tienes una especie de banjo o guitarra hawaiana.

Pulsa cada cuerda y compara los sonidos que producen.

Acorta las cuerdas sonoras, moviendo el puente en la dirección conveniente. ¿El sonido será más grave o más agudo?

En un costado de la caja inserta una pequeña pinza y estira con ella una de las cuerdas cada vez más. Púlsala repetidas veces y escucha el sonido que produce.

**Observa que** la cuerda más fina produce la nota más alta; la más gruesa, la más grave. Acortando cada cuerda, las notas que producen son cada vez más agudas.

**Explicación:** El tono depende en este caso de la tensión, longitud y grosor de cada cuerda sonora.

En general, la menor superficie vibrante está en relación con la velocidad de las vibraciones y, por consiguiente, con la altura del tono. Por ejemplo, la cuerda más fina produce un tono más agudo que otra más gruesa de la misma longitud, porque esta última presenta mayor superficie y produce vibraciones más lentas. En realidad, el número de moléculas que deben ser movidas es mayor y, por tanto, con la misma energía, las vibraciones obtenidas son menos intensas.

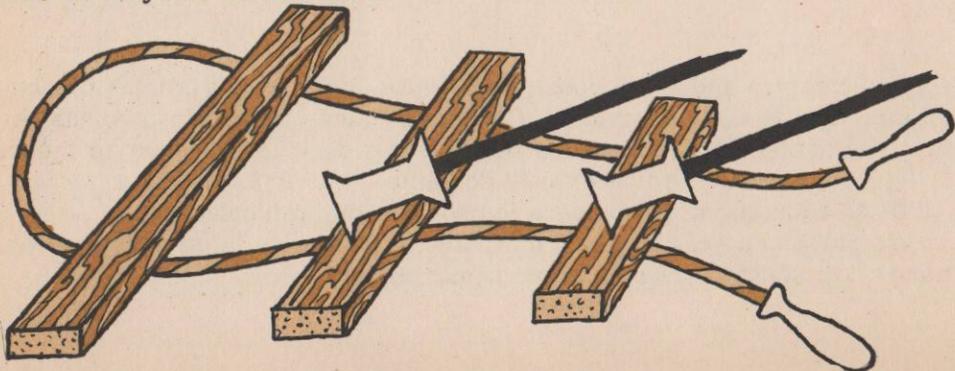
## Sonidos por percusión

Prepara unas tablitas de diferentes longitudes y una cuerda de saltar. También debes disponer unos macitos, contruidos con dos lapiceros y dos carretes vacíos, unidos a aquéllos por sus orificios.

Coloca la cuerda en forma de herradura y dispón las tablitas en orden creciente de tamaños, de manera que las más cortas estén situadas en la parte más estrecha de la herradura, y las más largas, en la parte ensanchada. Además, cada tablita debe sobrepasar la cuerda un cuarto de su longitud a cada lado, de manera que pueda vibrar libremente.

**Observa que** golpeando las tablitas con los mazos se produce un sonido diferente en cada una de ellas. Las más largas producen sonidos más graves; las más cortas los emiten más agudos.

**Explicación:** El tono depende de la frecuencia de las vibraciones. Las tablitas de menor superficie producen mayor número de vibraciones que las de mayores dimensiones.



## El viento produce sonidos

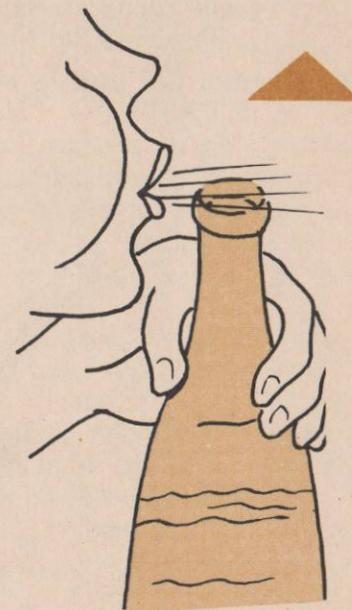
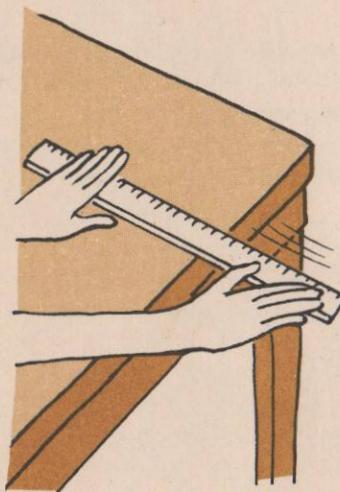
Coge una botella vacía de cuello estrecho y, tomándola con dos dedos solamente, sopla con fuerza a nivel de su boca.

Después, vierte en la botella un poco de agua. Vuelve a soplar. Sigue llenando la botella y soplando alternativamente.

**Observa que,** según se va llenando la botella, el sonido que se produce al soplar se va haciendo más agudo.

**Explicación:** El aire vibra en el interior de la botella. Cuando se va llenando de agua, el espacio para las vibraciones se va reduciendo y, por consecuencia, éstas se hacen más rápidas, por lo cual el sonido resulta más agudo.

El mismo fundamento hace que funcionen los instrumentos de viento, en los que las notas más agudas se producen mediante acortamiento de la columna de aire. En general, los instrumentos grandes producen notas graves, y los más pequeños dan unos sonidos más agudos.



## Intensidad del sonido

La intensidad del sonido depende no de la frecuencia de las vibraciones, sino de la energía con que éstas se producen. Puedes demostrarlo por los siguientes experimentos:

1. Da palmas con las manos: primero, suavemente; después, con más fuerza.

2. Coloca una regla de madera sobre el borde de una mesa. Sujeta uno de sus extremos con fuerza. Levanta el otro extremo y deja que golpee sobre la mesa: primero, suavemente; luego, con mayor intensidad.

**Observa que**, según la energía que tú apliques, el sonido tendrá mayor o menor intensidad.

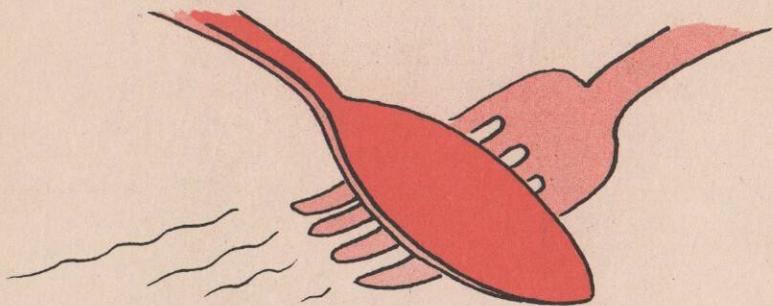
**Explicación:** La mayor energía de una perturbación sonora produce un efecto mayor sobre las moléculas de aire circundante, por lo que el sonido se transmitirá con mayor energía y a mayor distancia.

## Cómo amplificar la intensidad

Golpea rápidamente los dientes de un tenedor, empleando para ello una cuchara. Escucha el sonido que se produce. A continuación apoya el tenedor sobre la mesa y repite la experiencia.

**Observa que** cuando tocas los dientes del tenedor, apoyado sobre la mesa, el sonido es mucho más intenso.

**Explicación:** Los sonidos se amplifican notablemente si otros objetos vibran al unísono con el cuerpo sonoro. Generalmente, el aumento de superficie vibrante produce una mayor intensidad sonora. Por eso, muchos instrumentos musicales tienen amplias bocinas o cajas de resonancia, en las que la intensidad de sus notas se amplifica notablemente.

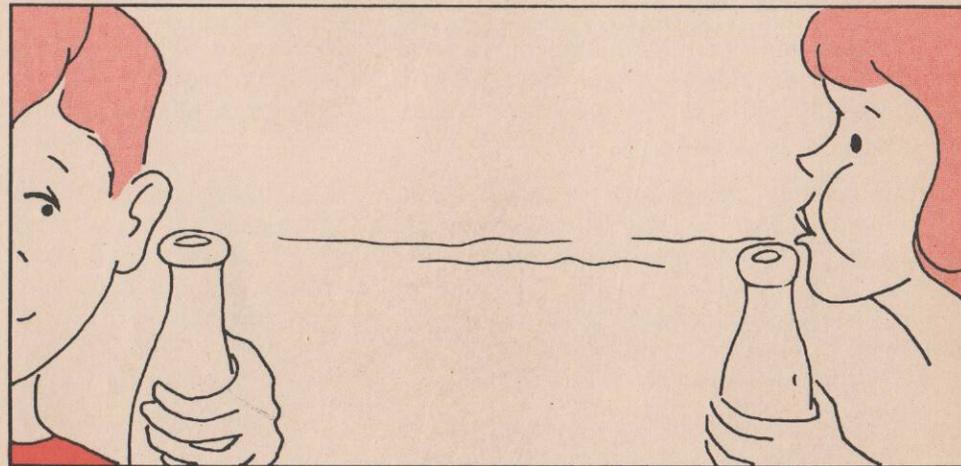


## ¿Qué es la resonancia?

Pide a un amigo que te ayude en el experimento y prepara dos botellas del mismo tamaño y material. Coge tú una, y tu amigo la otra. A continuación coloca una de las botellas junto a tu oído y pide a tu amigo

que sople fuertemente al nivel de la boca de la otra hasta que se produzca una nota bien clara.

**Observa que** tu botella vibra con una nota semejante a la de tu amigo, aunque su sonido sea algo más débil.



**Explicación:** Todo objeto tiene una especial capacidad natural de vibración, dependiente de su naturaleza, su tamaño y su forma. Cuando dos objetos pueden vibrar en la misma frecuencia, uno de ellos hace que el otro produzca el mismo sonido. El fenómeno se conoce con el nombre de resonancia.

Si produces una determinada nota sobre un piano y colocas cerca un violín, éste puede comenzar a vibrar, si la nota del piano coincide con la frecuencia de alguna cuerda del violín.

¿Sabías que los soldados, cuando cruzan un puente, no marchan nunca al paso ordinario? Si sus pasos marcados rítmicamente produjeran una vibración, cuya frecuencia coincidiera con la del puente, podría producirse la rotura del mismo.

## La resonancia en las conchas marinas

Prepara dos botes abiertos por uno solo de sus extremos. Si tienes dos conchas marinas, también pueden intervenir en la experiencia, procurando que sean de diferente tamaño.

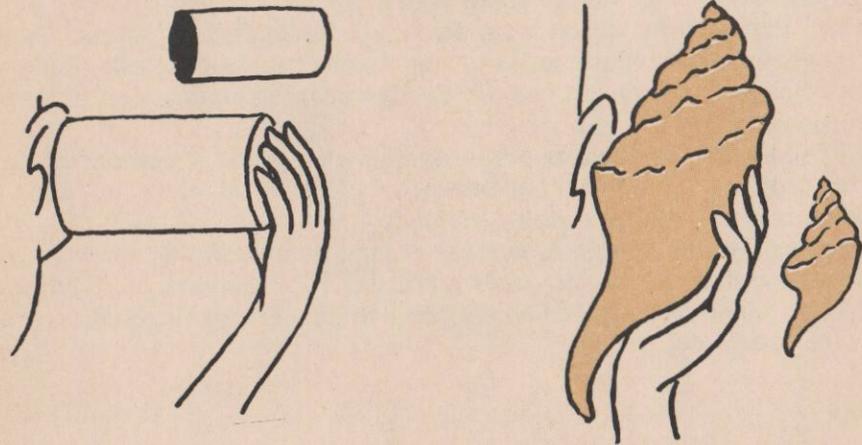
Coge las conchas una tras otra y acerca sus bocas a tu oído. ¿Percibes alguna diferencia de sonido?

A continuación realiza la experiencia con los botes. Primero, uno grande; después, otro pequeño.

Puedes completar el experimento realizándolo en diferentes lugares. Dentro y fuera de casa, en el campo, en una calle ruidosa, en la playa o en la montaña.

**Observa que** escuchas sonidos en la concha grande y en el bote mayor, y, por el contrario, oyes sonidos agudos en la concha pequeña y en el bote menor. Igualmente, los sonidos varían mucho según el lugar donde realices la experiencia.

**Explicación:** Desde luego que las conchas no producen el sonido de «las olas del mar». Lo que tú escuchas en ellas son simples efectos de resonancia, de vibraciones que la concha (o el bote) reproducen por simpatía. El aire contenido en las conchas y en los botes vibra en respuesta a sonidos que se producen en el exterior y que corresponden al tono de aquéllos. El tipo particular de vibración depende del material, de la forma o del aire incluido en el objeto con el que realizas la experiencia.



La luz, igual que el calor y la electricidad, es una forma de la energía y, por consiguiente, todos aquellos fenómenos se encuentran íntimamente relacionados.

Es muy difícil explicar elementalmente la naturaleza de la luz. Las dos teorías más en uso han sido la teoría corpuscular y la ondulatoria. La primera considera que si los átomos de un cuerpo son activados por una forma de la energía, el calor, por ejemplo, son capaces de permitir a sus electrones cambiar de lugar dentro de aquéllos. Al volver los electrones a sus órbitas normales, son desprendidas ciertas cantidades discontinuas de energía luminosa. Estas fracciones de energía se llaman fotones, siendo extremadamente pequeños.

Materializando una línea de fotones, emitidos uno tras otro, tenemos el concepto de rayo de luz, y un conjunto de éstos dan lugar a un haz luminoso.

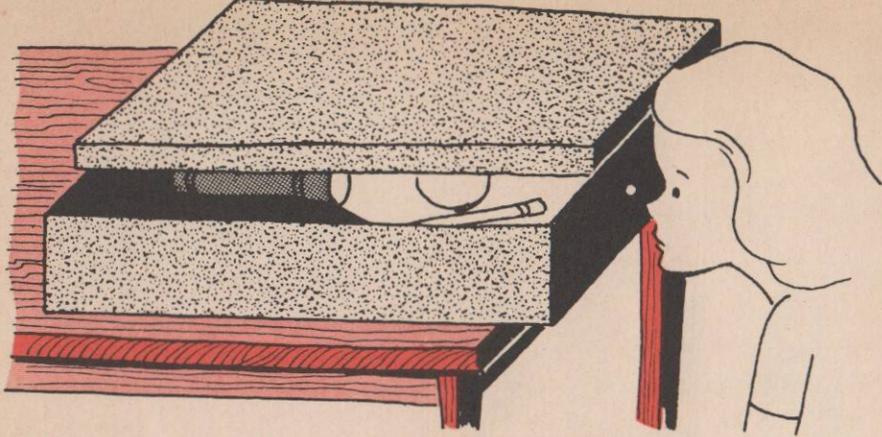
Cuando los fotones son emitidos por un cuerpo luminoso caminan velocísimamente al espacio. Si algunos de ellos llegan a nuestros ojos producen una sensación luminosa. Podemos ver.

La otra teoría dice que la luz es un fenómeno ondulatorio y que se emite en forma de pequeñas ondas o grupos de ondas, semejantes a las olas del mar. Tales ondas son muy pequeñas, y solamente las ondulaciones comprendidas entre ciertos límites son visibles para el ojo humano.

Actualmente, la llamada mecánica ondulatoria ha puesto de acuerdo ambas teorías al demostrar que la luz tiene realmente un doble carácter, corpuscular y ondulatorio, dando así la parte de razón que tenían los defensores de cada una de ellas.

El manantial fundamental de luz, para nosotros, es el Sol. Su luz es llamada luz natural. Hay también numerosos cuerpos luminosos que han sido contruidos por el hombre, dando lugar a la denominada luz artificial. Gracias a ambas clases de luz podemos ver todos los cuerpos.

A diferencia del sonido, la luz puede transmitirse en el vacío, sin necesitar la presencia del aire u otro medio material para su propagación. La velocidad de la luz en el vacío es la máxima posible, y es de unos trescientos mil kilómetros por segundo.



## ¿Podemos ver en la oscuridad?

En el costado de una caja de zapatos, que pueda ser bien cerrada, practica un orificio muy fino. Coloca en el interior algunos objetos, como un lápiz y una pelota. Tapa bien la caja y mira a través del orificio. ¿Puedes ver la pelota y el lápiz?

Quita la tapa de la caja y vuelve a mirar por el agujerito. ¿Ves alguna cosa?

**Observa que** cuando la caja está cerrada no puedes ver ninguno de los objetos colocados en su interior. Por el contrario, cuando levantas la tapa, puedes ver fácilmente la pelota y el lápiz.

**Explicación:** Sin un manantial luminoso (como la luz del sol o la de una lámpara eléctrica) no es posible ver nada, ni la forma ni el color de los objetos.

La luz llega a nuestros ojos procedente de los manantiales luminosos mencionados, que emiten luz natural o artificial. De este modo podemos ver las estrellas, la luz de una lámpara eléctrica, la de una vela encendida, etc. Los demás objetos no luminosos no podemos observarlos directamente, sino cuando son iluminados por la luz procedente de los manantiales luminosos, y que llega a nuestros ojos por reflexión en los otros cuerpos, pudiendo de tal manera percibir tanto su forma como su color.

## La cámara oscura

Para ello puedes emplear una caja de cartón bien cerrada o un envase de cartón cilíndrico de regular tamaño (un bote de cartón para polvos de talco, por ejemplo). En uno de sus extremos practica una abertura de unos seis centímetros cuadrados y cúbrela con un papel fino (de seda o de copia). En el extremo opuesto corta otro orificio del tamaño de un

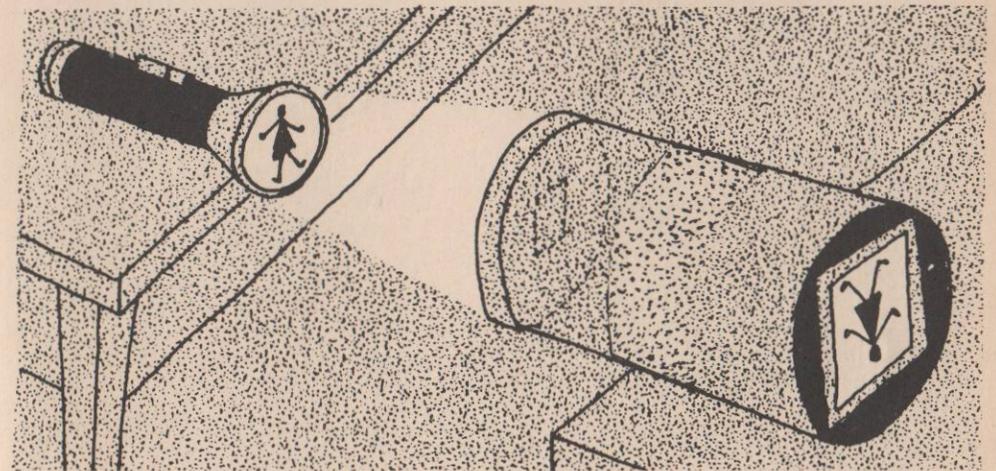
sello de correos normal. Pega una hojita de papel de estaño encima y perforalo por medio de una aguja.

Corta una pequeña muñeca (u otra figura semejante) en una hoja de papel negro y únela por medio de un poco de celofán transparente a una linterna.

Coloca la linterna a unos 50 centímetros del orificio pequeño de la caja (preferiblemente en una habitación oscura) y enciende la linterna. Mira lo que ocurre en el papel de seda.

**Observa que** aparece bien dibujada la imagen de la muñeca, pero invertida respecto a su posición original.

**Explicación:** Los rayos luminosos se propagan desde la linterna a la imagen de la muñeca, como se puede observar en la figura. Este fenómeno es el que se produce en nuestro ojo, que funciona de un modo semejante a la cámara oscura que has fabricado. En nuestra retina también las imágenes se forman invertidas, pero al ser transmitidas al cerebro, éste devuelve la imagen a su posición real.

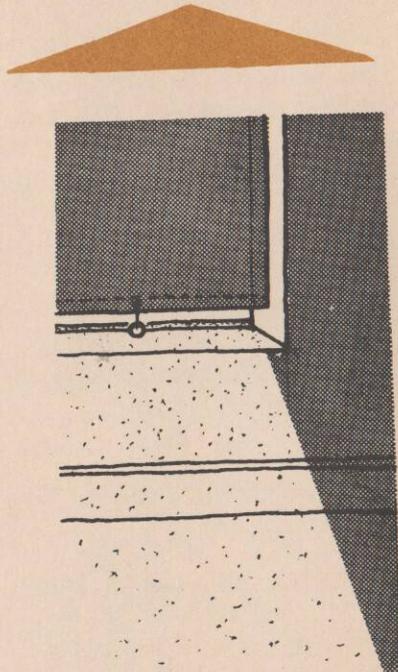
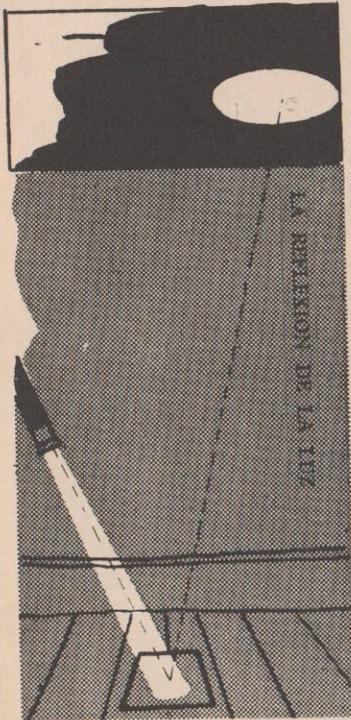


## El haz luminoso

Cierra parcialmente una ventana, bien iluminada por el sol, de manera que sólo entre en la habitación un fino haz luminoso. Síguelo en su recorrido con la vista.

**Observa que** una gran cantidad de partículas de polvo, normalmente invisibles, se hacen muy patentes en el recorrido del haz de luz.

**Explicación:** Las partículas de polvo devuelven (reflejan) una parte de los rayos luminosos que inciden sobre ellas. De este modo, los objetos reflejan la luz, permitiéndonos ver en el interior de una habitación, a la que no llegan directamente los rayos del sol. Si no fuera por dicho fenómeno, sólo podríamos ver las cosas directamente iluminadas por un manto luminoso.



## La reflexión de la luz

En una habitación oscura coloca un espejo en el suelo. Toma una linterna y dirige un haz luminoso sobre el espejo. Puedes espolvorear talco o tiza bien molida en las proximidades del haz luminoso. Sigue su reflexión hasta el techo de la habitación.

Inclina más o menos la linterna sobre el espejo y observa cómo se reflejan los haces luminosos.

**Observa que,** si colocas la linterna en la vertical del espejo, el haz luminoso procedente de ella se refleja en aquél en la misma línea vertical,

hasta el techo. Si el haz luminoso llega al espejo con una cierta inclinación se refleja hasta el techo con la misma inclinación.

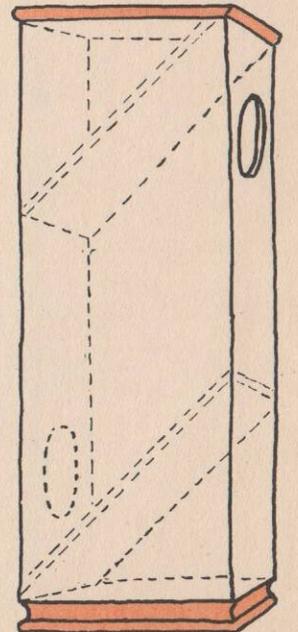
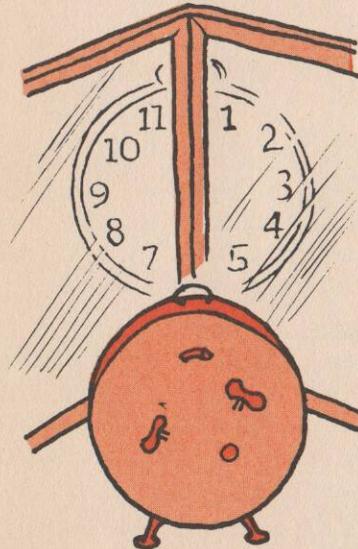
**Explicación:** El haz luminoso que llega al espejo (incidente) se refleja formando un ángulo con la vertical al espejo, de igual valor que el de incidencia.

## Sorpresas de la reflexión de la luz

Coloca sobre la mesa dos espejos de bolsillo, de manera que, apoyados sobre sus bordes, formen un ángulo recto. (Observa la figura.) Coloca un reloj con la esfera vuelta hacia los espejos. Abre un libro e intenta leer lo escrito en los espejos. Mírate tú mismo e intenta peinarte.

**Observa que** tú puedes leer el libro correctamente y ver la hora en el reloj. Sin embargo, es muy difícil peinarte, porque no corresponden tus movimientos con la parte de ti mismo que observarás en el espejo.

**Explicación:** La parte izquierda de tu cara se refleja en el espejo izquierdo, y esta imagen, a su vez, es reflejada por el espejo derecho que la envía a tu ojo. En la parte derecha se produce el fenómeno inverso. De esta manera, tu imagen aparece en el espejo angular, en forma opuesta a la que normalmente estás acostumbrado a observar, por lo que es muy difícil manejar el peine.



## El periscopio

Construye con cartulina un tubo de sección rectangular de medio metro de largo. Corta la cartulina de manera que practiques dos orificios en lados y extremos opuestos. Cierra con cartulina los extremos del tubo. En su interior debes colocar dos pequeños espejos de bolsillo, formando con las paredes ángulos de cuarenta y cinco grados, y de forma que queden paralelos entre sí.

Una vez preparado el aparato, mira por el orificio inferior. Puedes hacer la observación asomando por una ventana solamente la parte superior del periscopio, en la que se encuentra el orificio opuesto al anterior.

**Observa que** puedes observar lo que ocurre en el exterior sin ser visto. Igualmente puedes hacer la observación sin doblar una esquina.

**Explicación:** La luz que penetra por el orificio superior es reflejada en ángulo recto, por el espejo correspondiente, hacia el otro espejo. Este refleja a su vez el haz que recibe, haciéndole girar otro ángulo recto en sentido contrario, de manera que salga por el orificio inferior. Así puedes observar un objeto, desplazando lateralmente la luz que refleja o emite.

Los periscopios son muy empleados en los submarinos, para observar lo que ocurre en la superficie. Igualmente puedes emplear el periscopio para hacer observaciones por encima de personas más altas que tú.

## Cómo se dobla un haz luminoso

Introduce un lápiz, una pequeña regla o una cuchara en un vaso medio lleno de agua. Mira el vaso desde todas las direcciones.

**Observa que** cuando miras el vaso desde un costado, el objeto introducido parece doblado o roto, en la parte en que se introduce en el agua.

**Explicación:** Los rayos luminosos parecen doblarse, porque la velocidad con que caminan en el aire es diferente de la que pueden tener en



el agua. Como ya sabemos, su velocidad en el aire es de 300.000 kilómetros por segundo, pero en el agua pierde un cuarto de esa velocidad. Esta diferencia de velocidad produce el efecto óptico de la rotura del haz luminoso. El fenómeno se llama refracción.

## El vaso ampliador

Llena un vaso, bien limpio, con agua, y coloca junto a él una página de papel escrito. Leela a través del vaso.

**Observa que** las letras escritas aparecen mucho más grandes.

**Explicación:** Como el vaso es curvado, los rayos de luz que penetran en él cambian de dirección al pasar a través del agua. El vaso funciona en tal caso como una lupa.

## ¿Qué produce la sombra?

En una habitación oscura proyecta sobre una pared blanca o sobre una sábana clavada en la misma el haz luminoso de una linterna potente. Coloca la linterna sobre la mesa a unos dos metros de la pared.

Si te colocas detrás de la linterna, ¿se produce alguna sombra?



Coloca tu mano entre la lámpara y la pared. ¿Qué ocurre? Si mueves la mano acercándola o alejándola de la linterna, ¿qué ocurre con la sombra?

**Observa que** cuando te colocas detrás de la linterna no se produce sombra alguna. Cuando colocas la mano próxima a la linterna se produce una gran sombra. Si, por el contrario, la pones cerca de la pared, la sombra es más pequeña.

**Explicación:** Los rayos luminosos quedan bloqueados por tu mano, de manera que no pueden iluminar la pared, produciendo así la sombra. Cuando pones la mano próxima a la linterna, el campo luminoso interceptado es mucho mayor y, por consiguiente, la sombra es muy grande. Alejando la mano, la sombra disminuye por ser mayor la cantidad de luz que ilumina la pared. Todo objeto opaco, es decir, que no permita pasar la luz a su través forma una sombra.

## El arco iris

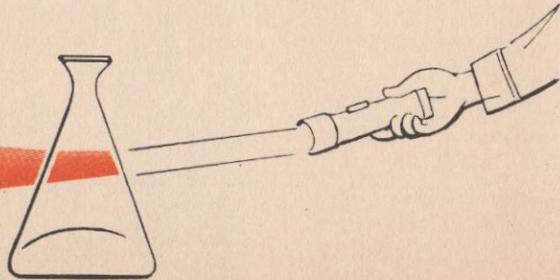
1. Coloca un vaso de agua sobre el borde de una ventana bien iluminada por el sol. Pon una hoja de papel blanco debajo del vaso. ¿Qué ves sobre el papel?

2. Pon una bandeja con un poco de agua formando una lámina delgada. Contra uno de los bordes coloca en posición vertical un espejo. Procura que los rayos del sol caigan sobre la bandeja. Mira hacia la pared.

3. En una habitación oscura coloca un prisma de cristal. (Si no tienes un prisma puede servir una botella de cristal de paredes en ángulo.) Haz que llegue a una de sus caras un haz de luz blanca. Mira hacia la pared opuesta.

**Observa que** en todos los casos, sobre el lugar adecuado, aparece el arco iris.

**Explicación:** La luz natural, aparentemente blanca, está compuesta realmente de una gama muy variada de colores, que se agrupan en los siete del arco iris. Cuando la luz incide, con una cierta inclinación, sobre el agua o el cristal, se produce un cambio de dirección debido a la refracción, según ya hemos visto. Pero los diferentes colores del espectro se



refractan de manera diferente, porque sus velocidades son ligeramente distintas y, por tanto, las desviaciones producidas también lo serán. En la luz natural, las radiaciones violetas son las más rápidas, y las rojas las más lentas, por lo que ocupan los lados opuestos del arco iris. Cuando la luz se descompone, por medio de un prisma u objeto semejante, sus diferentes colores pueden ser recogidos en una pantalla, y por ello aparecen en la pared o en el techo de la habitación.

El arco iris aparece en el cielo cuando los rayos del sol atraviesan las gotas de lluvia, que hacen el papel de pequeños prismas y descomponen la luz en los componentes del espectro.

## Los colores mágicos

1. Con unas acuarelas, pinta un disco de cartulina blanca y resistente, de manera que una cara quede azul y la otra roja. En dos puntos opuestos del disco practica dos orificios y pasa por ellos un bramante delgado.

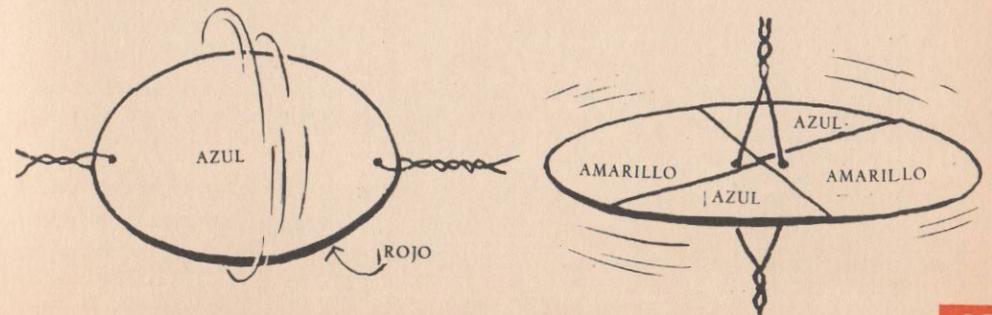
Tomando el disco por los bramantes, imprímele un rápido movimiento de rotación sobre el eje determinado por los orificios.

**Observa que** el disco aparece de un uniforme color morado purpúreo.

2. Divide un disco de cartulina en cuadrantes y píntalos alternativamente de amarillo y azul. Por dos orificios próximos al centro, atraviesa un bramante y tréznalo por ambas caras, como indica la figura. Gira rápidamente el disco.

**Observa que** el color que aparece es el verde en todo el disco.

**Explicación:** El disco refleja ambos colores, que pasan al ojo. Este percibe un tercer color, diferente de ambos colores componentes, porque la rapidez con que gira el disco impide que cada color aparezca separado en la retina, la cual durante un corto tiempo (una décima de segundo) permanece viendo el color anterior.



# magnetismo y electricidad

Tanto la electricidad como el magnetismo son fenómenos físicos conocidos por el hombre desde dos mil quinientos años atrás. Sin embargo, ambos fenómenos fueron considerados independientes hasta principio del siglo XIX, en que se encontró la relación muy estrecha que existía entre ellos.

En 1819, Hans Oersted realizó una serie de experimentos que demostraron categóricamente que la corriente eléctrica que circulaba por un conductor era capaz de crear un campo magnético. Unos años más tarde, en 1831, Michael Faraday probó que el magnetismo puede a su vez engendrar una corriente eléctrica.

Aquellos sencillos experimentos de laboratorio fueron el arranque de todas las posteriores conquistas en el conocimiento de la electricidad y sus aplicaciones prácticas, que han permitido todas las maravillas de nuestro tiempo: el telégrafo, el teléfono, el motor eléctrico, los generadores de electricidad, la radio y la televisión. Aún en la actualidad se emplean grandes imanes para producir la corriente eléctrica, mediante la cual funcionan las fábricas y se iluminan en la noche nuestros hogares. Así, el hombre ha conseguido poner a su servicio la electricidad y el magnetismo, aunque todavía no haya llegado a descubrir las relaciones más íntimas entre ambos fenómenos, que aún no han dado su respuesta definitiva y satisfactoria al ¿por qué? de los científicos.

## ¿Qué es un imán?

Para este experimento necesitas un imán corriente, en forma de barra o de U, de los que se emplean en numerosos juguetes. Entonces, prepara una caja con una serie de objetos metálicos y no metálicos, tales como sujetapapeles, alfileres, pequeños clavos, monedas y botones. Con el imán trata de separar unos de otros.

**Observa que** los objetos de hierro y acero son arrastrados fuera de la caja, unidos al imán. Los de plástico, madera o metales distintos de aquellos permanecen en la misma. Si el imán es muy potente, los objetos de

hierro o acero forman una especie de rosario, atrayéndose unos a otros.

**Explicación:** Un imán es un objeto que tiene la especial propiedad de atraer el hierro y el acero. También puede, en caso de ser muy potente, atraer otros metales, como el níquel, el cobalto y el platino.

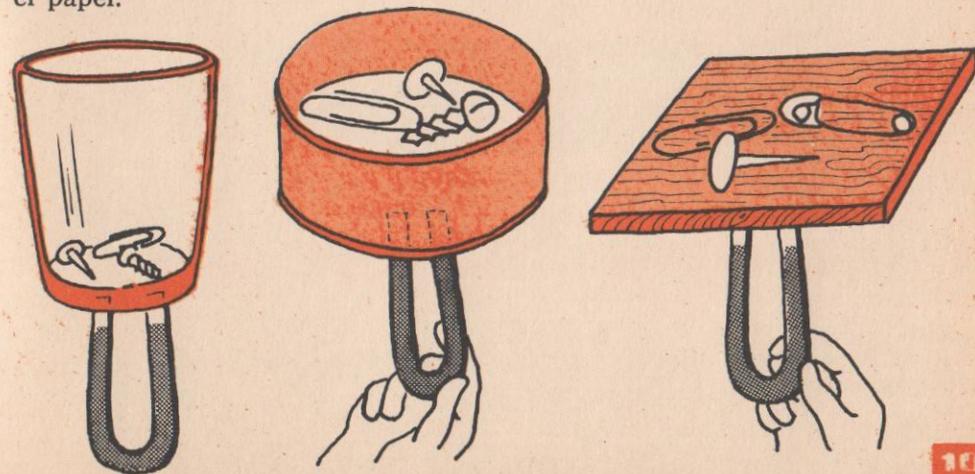
Los imanes pueden ser naturales o artificiales. Los primeros están formados por un mineral de hierro, llamado magnetita, conocido desde la antigüedad. Los segundos, por hierro o acero, teniendo forma de barra o herradura. Actualmente se fabrican imanes muy potentes de una aleación llamada **alnico**, que contiene aluminio, níquel y cobalto.



## ¿Cómo se ejerce la atracción magnética?

Prepara una pequeña cantidad de clavitos, tornillos pequeños y sujetapapeles. Procura atraerlos con el imán, según los procedimientos siguientes:

1. Primero coloca los objetos metálicos dentro de un vaso vacío y pasa a continuación el imán por el fondo del mismo.
2. Pon los clavos y demás objetos sobre la mesa, cubriéndolos a continuación con un papel blanco. Pasa ahora el imán una y otra vez sobre el papel.



3. Realiza la experiencia en un recipiente con un poco de agua, que cubra ligeramente los objetos metálicos. Mueve ahora el imán sobre la superficie del agua.

4. Emplea ahora un cazo pequeño. Pasa el imán por debajo del mismo.

5. Emplea por último una pequeña tabla de madera. Por debajo de ella mueve el imán suavemente en sentido circular.

**Observa** que en todos los casos el imán atraerá a los objetos metálicos, tanto a través del vidrio como del papel, el agua, la madera, etc. Tan sólo no produce efecto a través del cazo de hierro estañado.

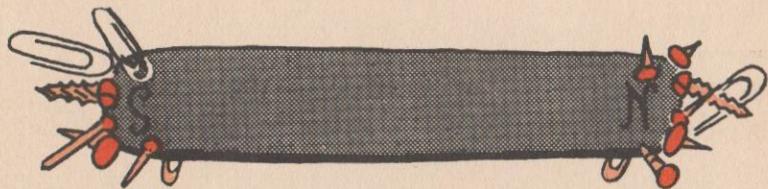
**Explicación:** La atracción magnética se produce a través de la mayoría de las sustancias. Sin embargo, el hierro y el acero, sustancias de alto magnetismo, impiden que la atracción magnética se realice a su través, neutralizando la acción de los imanes.

### ¿Dónde es más fuerte la atracción magnética?

Toma un imán de cualquier forma (es preferible, sin embargo, el de barra) e introdúcelo en un pequeño montón de objetos de hierro ligeros, como los descritos para el experimento anterior. Mueve el imán sobre los objetos.

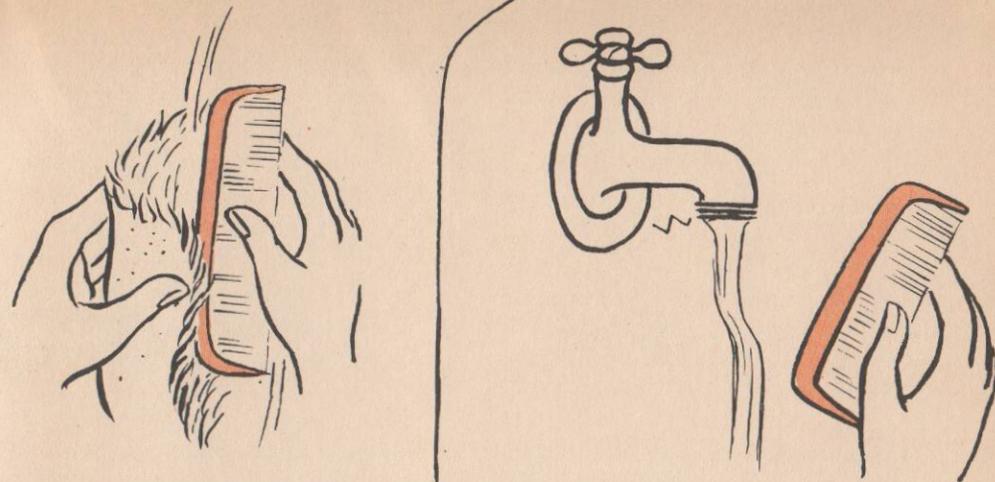
**Observa que** los clavitos, «clips», etc., se agrupan con marcada preferencia en los extremos del imán.

**Explicación:** Un imán ejerce su atracción magnética con mayor fuerza por los extremos. Estos son llamados polos del imán, diferenciándose un polo norte y un polo sur. En los imanes en forma de barra, los polos se hallan muy próximos entre sí, lo que hace que se produzca una intensificación del poder de atracción magnética en esa zona.



### La chispa eléctrica

Frota un peine de buen tamaño sobre un tejido de lana o una piel. Al cabo de un rato, acerca el peine al chorro de agua corriente o a un radiador metálico.



**Observa que** se produce una pequeña chispa entre el peine y el chorro de agua o el radiador.

**Explicación:** Cuando se frota el peine se carga de electricidad, que puede permanecer en él durante un cierto tiempo. Si el objeto electrizado se acerca al chorro de agua o al radiador, que están descargados (en estado neutro), se produce la pequeña chispa, que es la manifestación visible del paso de la electricidad de un cuerpo a otro.

Puedes producir un efecto semejante al acariciar el lomo de un gato o al peinar tus cabellos bien secos con un peine. Tales ejemplos son manifestaciones de electricidad estática.

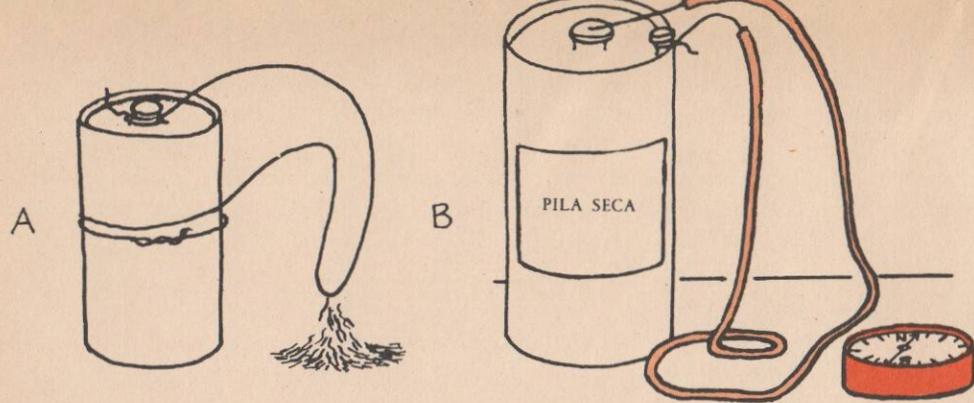
El relámpago es una chispa enorme que se produce cuando la electricidad estática salta de una nube a otra de diferente carga eléctrica. También puede producirse la descarga entre la nube y la tierra, originando entonces el rayo.

### La atracción eléctrica

Frota una barrita de vidrio sobre un trozo de seda o un peine sobre lana. Acércalo al grifo, de manera que éste quede abierto nada más que un poco y deje salir un fino chorro de agua.

**Observa que** el chorrillo de agua es atraído por el peine o la barra de vidrio, desplazándose de la vertical.

**Explicación:** El objeto cargado de electricidad es capaz de atraer al cuerpo neutro.



## Electricidad y magnetismo

Para realizar este experimento necesitas unas pocas limaduras de hierro, un trozo de alambre de cobre algo grueso, otro trozo de hilo conductor con su aislamiento de plástico, una brújula y una pila seca normal. La pila debes prepararla haciendo un corte en su cubierta de cartón, de modo que puedas aplicar a la parte metálica, descubierta, uno de los extremos del alambre o del conductor.

1. Conecta a la batería el alambre de cobre desnudo, tal como te muestra la figura. Coloca cerca las limaduras de hierro y pasa sobre ellas un bucle del alambre. A continuación desconecta rápidamente el conductor, a fin de que la batería no se desgaste.

**Observa que** el alambre de cobre atrae las limaduras de hierro, cuando pasa la corriente a su través. Cuando desconectas la batería, las limaduras caen sobre la mesa.

2. Prepara ahora la batería con el conductor aislado. Descubre los extremos de éste un par de centímetros de manera que puedas efectuar las conexiones. Une primero uno de los extremos del conductor y coloca a su lado la brújula de manera que su aguja quede paralela a aquél, en la parte que se apoya sobre la mesa. Ahora, sin mover en lo posible el conductor, cierra el circuito, conectando el otro extremo a la batería. Toma nota de lo que ocurre. Abre el circuito.

Repite la experiencia, cambiando la conexión de los extremos del conductor, pero sin modificar la posición de la parte que está situada junto a la brújula. La dirección de la corriente queda así invertida.

**Observa que** la aguja magnética se mueve al paso de la corriente por el conductor, primero en un sentido y luego en el opuesto.

**Explicación:** Cuando la corriente eléctrica pasa a través del conductor, éste actúa como un imán y produce un campo magnético en torno suyo.

Este campo magnético sólo existe mientras el circuito está cerrado y pasa la corriente por él.

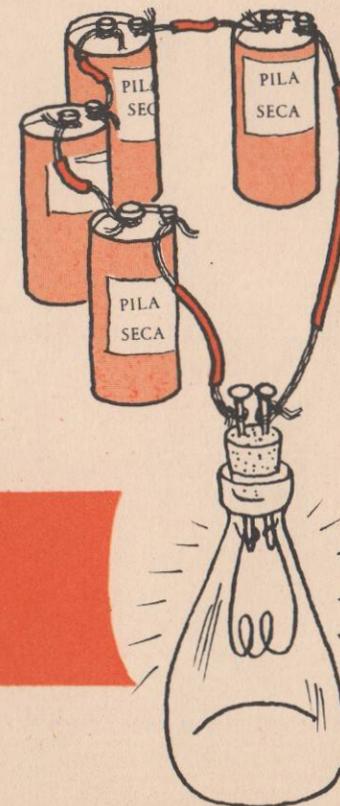
Este fue el experimento de Oersted, en 1819, que demostró que una corriente eléctrica produce un campo magnético y relacionando de este modo ambos fenómenos: electricidad y magnetismo.

## Construcción de una lámpara eléctrica

Mediante este experimento podrás construir tu propia lámpara eléctrica y disponer de una brillante, aunque efímera bombilla.

Toma dos clavos, unos trozos de conductor aislado, un alambre de acero fino, una botella corriente, un corcho para ella y cuatro pilas secas.

Atraviesa los clavos por el corcho, de modo que sus puntas asomen por la parte inferior del mismo. Sujeta, formando un par de pequeños bucles, el hilo de acero a las puntas de los clavos y tapa la botella con el corcho. Monta en serie las pilas secas, uniendo cada polo de una al opues-



to de la otra por medio de un trozo de conductor aislado. Los extremos libres conéctalos al final a las cabezas de ambos clavos. Sigue para ello el esquema adjunto.

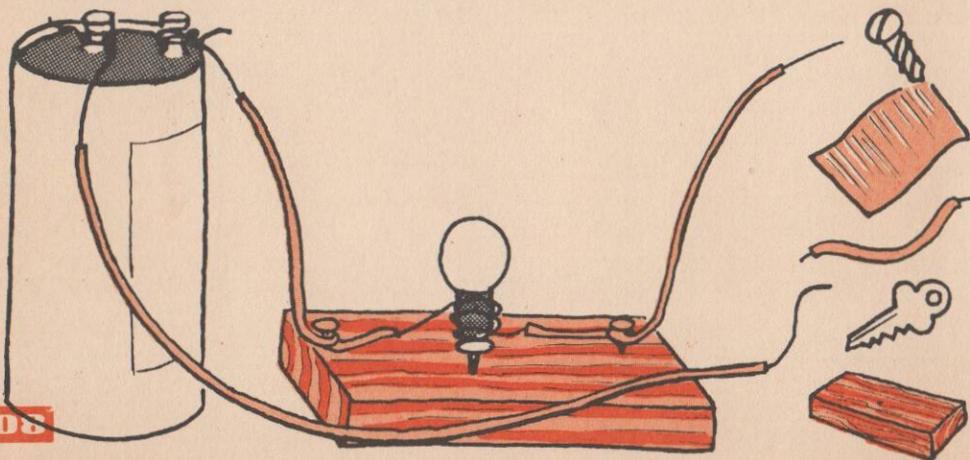
**Observa que** el alambre de cobre se calienta en el interior de la botella y llega a producir luz como una lámpara. Pronto, sin embargo, el calentamiento es tan grande que el alambre se quema y se rompe, interrumpiendo entonces el paso de la corriente y apagando tu lámpara.

**Explicación:** Este es el mismo procedimiento que se emplea en el alumbrado moderno. El paso de la corriente por el filamento de la lámpara hace que se caliente hasta la incandescencia, produciendo una gran luminosidad. Para evitar que el filamento se rompa, el interior de las lámparas se llenan de un gas inerte, como el nitrógeno, que impide su combustión. Además, los filamentos, extremadamente finos, se construyen de wolframio, un metal de elevado punto de fusión, lo que permite que la lámpara dure mucho más y consuma menor cantidad de electricidad.

## Conductores y aisladores

Monta un circuito eléctrico con una pila seca, unida por conductores aislados a una lamparita de linterna. Como muestra la figura, ambos extremos del circuito deben estar libres para ser unidos con diversos objetos. Primero prueba tu instalación, tocando levemente ambos extremos del conductor y comprobando que la lámpara se enciende. A continuación intercala objetos de diferentes sustancias, metálicas y no metálicas, como clavos, «clips», llaves, un tenedor, unas monedas, un trozo de madera, una tiza, etc.

Prueba también a introducir los conductores en recipientes conteniendo agua con diversas sustancias en disolución, como sal, vinagre, jugo de limón, etc.



Por último monta la instalación con conductores de diferentes metales: cobre, hierro o aluminio.

Seguramente será necesario que utilices más de una pila, porque su carga se gastará en el transcurso de la experiencia.

**Observa que** los metales conducen bien la corriente eléctrica y harán lucir la lamparita. Son por ello conductores. Por el contrario, las sustancias no metálicas, en general, no producirán el encendido de la lámpara y, por tanto, no conducen la electricidad. Se denominan aisladores. Por último, las disoluciones de ácidos o sales también conducen la corriente eléctrica.

**Explicación:** En experimentos anteriores hemos empleado sustancias aislantes para producir electricidad estática, como un peine o una barra de vidrio. Estas sustancias tienen la propiedad de almacenar la electricidad, sin transportarla a su través. Por ello, los conductores de metal se cubren de sustancias aislantes para impedir que pierdan la electricidad que circula por su interior. La electricidad se traslada por los conductores, siempre que formen un circuito cerrado, de manera que la que sale por un extremo del mismo pueda volver a entrar por el otro. Este circuito es alimentado por la pila u otro generador de corriente eléctrica, que no hace más que poner en movimiento la electricidad a través del circuito.

Los metales forman normalmente la instalación eléctrica, y todos más o menos conducen bien la electricidad. Generalmente los conductores son de cobre, porque éste es el metal que mejores condiciones tiene entre los más abundantes. Por eso, cuando en tu experimento construyes el circuito con varias clases de alambres, la lámpara se enciende más o menos, según la calidad conductora de cada metal, siendo el mejor el cobre, que hace lucir la bombilla con mayor intensidad.

## La electricidad produce calor

Por propia experiencia sabes que la electricidad puede transformarse en calor. Esta propiedad se utiliza en numerosos aparatos de uso corriente en las casas, como estufas, hornillos, cafeteras, tostadores de pan, etc. En esta experiencia, tú vas a tener la oportunidad de hacer esta transformación energética.

Emplea para ello una batería corriente y un trozo de alambre de acero muy fino. Une uno de los extremos del conductor a un polo de la batería y enrolla sobre un lápiz el resto del alambre, formando una serie de espiras. Sin retirar el lápiz, conecta el extremo libre del conductor al otro polo de la batería y cierra el circuito.

**Observa que** el alambre se va poniendo caliente, llegando hasta el rojo vivo y desprendiendo calor al paso de la corriente. El conductor se rompe si no lo desconectas a tiempo.

**Explicación:** Las diferentes clases de hilos conductores ofrecen mayor o menor resistencia al paso de la corriente eléctrica. El cobre conduce muy bien la corriente eléctrica, y por ello empleamos en el experimento el acero, que es peor conductor. Esta mayor resistencia se traduce en un aumento de la temperatura del conductor, en el que la electricidad se transforma en calor. Si una misma corriente eléctrica corre por dos conductores distintos, el de mayor resistencia se calienta más que el otro.

También tiene importancia el grosor del hilo conductor. Los más gruesos oponen menor resistencia que los finos, por lo que en la experiencia se debe emplear un conductor de muy poca sección. Igualmente ofrecen más resistencia los conductores largos que los cortos.

Si observas las llamadas resistencias de una estufa o de un hornillo eléctrico verás que se trata de conductores muy largos, arrollados en espiral para aumentar su longitud, y de muy poca sección. Asimismo, los conductores que las forman son de unas aleaciones especiales, que ofrecen una gran resistencia al paso de la corriente. El aumento de la resistencia es directamente proporcional al calor que se produce al paso de la corriente eléctrica.

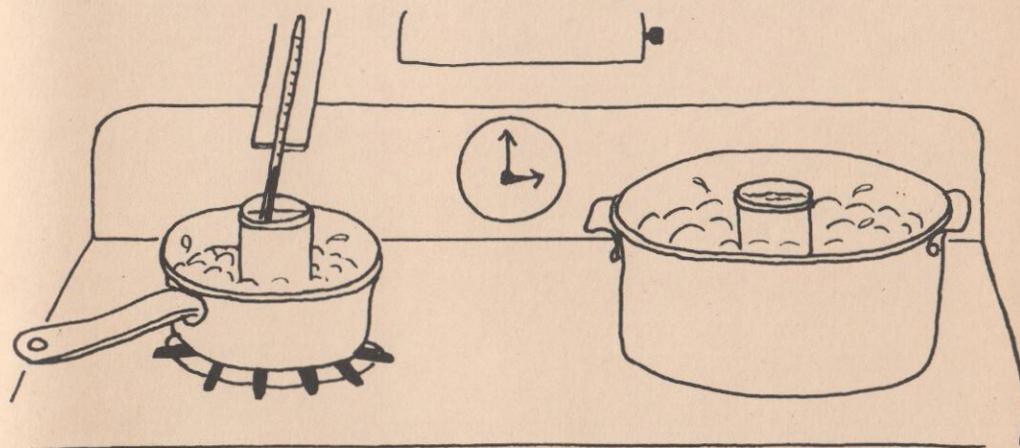


El panorama de la Física, como ciencia pura y aplicada, ha cambiado totalmente en nuestros días.

Los estudios y teorías de Einstein sobre la relatividad, así como las investigaciones y conclusiones de Fermi, Bohr, Oppenheimer y otros muchos sabios acerca de la estructura del átomo nos han abierto las puertas a la contemplación de un mundo nuevo, a la vez terrible y maravilloso.

De estos conocimientos se ha derivado la aplicación de la energía nuclear con fines bélicos o pacíficos, lo que lleva camino de transformar el equilibrio y el fundamento económico del mundo. Esperemos que esta transformación sea para bien de la humanidad.

Pero lo más asombroso es que las nuevas leyes y concepciones del universo, descubiertas por los citados sabios, no vienen a invalidar las leyes y concepciones clásicas, sino más bien a complementarlas. El mundo de los átomos tiene sus propias leyes, que no rigen en el mundo que percibimos con los sentidos, y viceversa. En nuestra vida corriente siguen valiendo los principios de Newton y de Arquímedes: podemos experimentar sin miedo a desencadenar un cataclismo atómico.



# índice

	PAGINA
INTRODUCCION .....	5
EL AIRE .....	7
EL AGUA .....	26
LA ENERGIA MECANICA Y LAS MAQUINAS .....	49
EL CALOR .....	68
EL SONIDO .....	79
LA LUZ .....	93
MAGNETISMO Y ELECTRICIDAD .....	102
LA FISICA ATOMICA .....	111