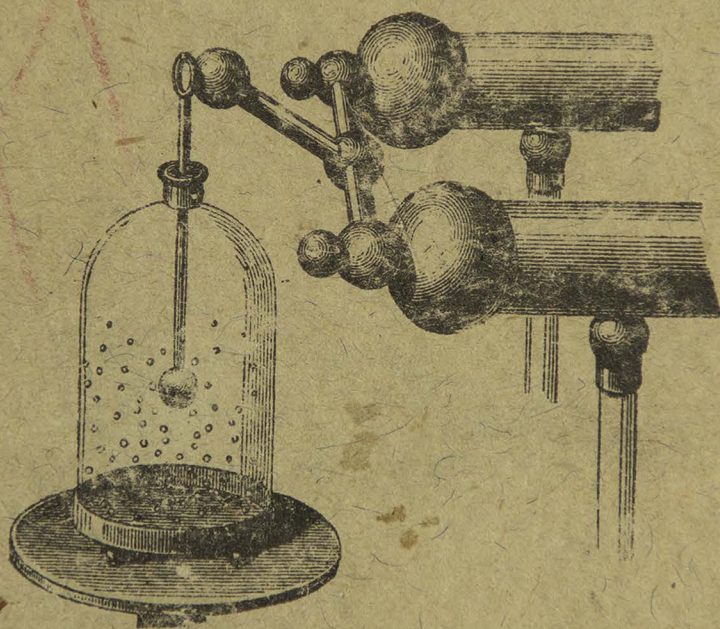


90

# Física para los niños.



CE  
LB1593  
F5  
L4.3

MÉXICO  
LIBRERIA DE CH. BOURET.  
CALLE DEL 5 DE MAYO NUMERO 14.

1901



11903

CE/LB1593/F5/L4.3

León, Luis G.

Física para los Niños.

FECHA DE  
DEVOLUCION

FIRMA Y No. DE CUENTA

MAR.

*Rafael Velázquez C*

CE  
LB1593  
F5  
L4.3

11903



Raquel Manzano.



BIBLIOTECA DEL MUSEO PEDAGÓGICO NACIONAL  
MASARYK No. 526  
MEXICO, D. F.

*at.*





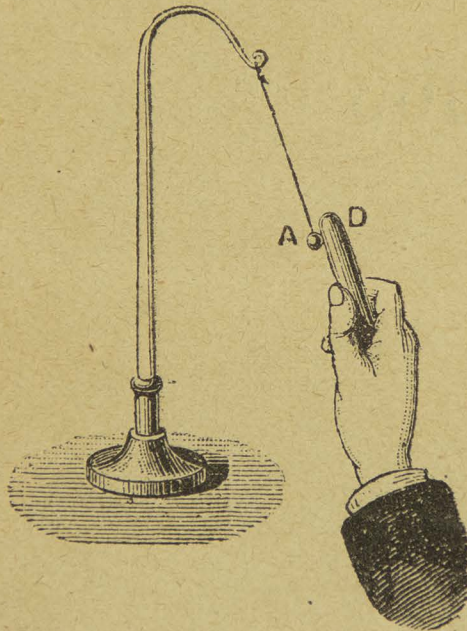


# FISICA PARA LOS NIÑOS

POR EL PROFESOR

LUIS G. LEON.

Obra enteramente  
apropiada para las escuelas, contiene muchos experimentos sencillos  
y está ilustrada con numerosos grabados.



Precio del ejemplar: \$0.25.

MÉXICO

LIBRERIA DE CH. BOURET.

CALLE DEL 5 DE MAYO NUMERO 14.

1901

R-3332



CE  
LB1593  
F5  
L4.3

11903





AL SEÑOR PROFESOR DON

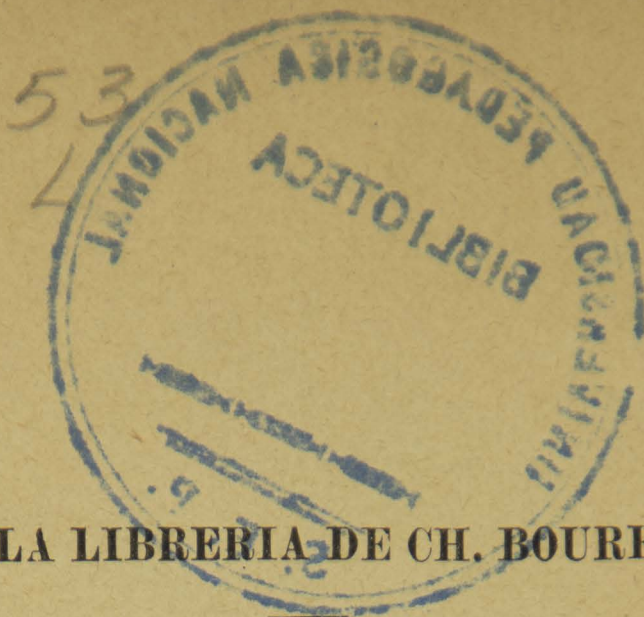
# MARIANO LEAL

DISTINGUIDO METEOROLOGISTA.





BIBLIOTECA  
MUSEO HISTÓRICO NACIONAL  
CLASIF. \_\_\_\_\_  
ADQUIR. \_\_\_\_\_  
FECHA \_\_\_\_\_  
PROCED. \_\_\_\_\_  
VALOR \$ \_\_\_\_\_



**EN LA LIBRERIA DE CH. BOURET.**


Vendemos gabinetes completos de Física, así como aparatos sueltos, y mandamos instrucciones para el uso de los aparatos.

Dirigirse al Profesor Luis G. León,

LIBRERIA DE CH. BOURET,

CALLE DEL 5 DE MAYO NUM. 14.

MEXICO.—D. F.

 Esta es la única casa de México que cuenta con un surtido completo de material escolar.



---

La Física es, como la Química, una ciencia enteramente experimental, y el profesor no debe descuidar el hacer á los alumnos tantos experimentos como sea posible. Los gabinetes completos son caros y se requiere mucho tiempo para formarlos; pero el material que se necesita para la Escuela Primaria es bastante reducido, y puede completarse en poco tiempo.

Para muchos experimentos no se requiere aparatos propiamente dichos, y puede improvisarse fácilmente el material de demostración. A tal grado considero importante la parte experimental, que cuando no sea posible demostrar prácticamente el principio que se estudia, es preferible no insistir en él, y no querer que los alumnos lo entiendan con figuras pintadas.

Es conveniente que los niños tengan primero una idea clara de los fenómenos que estudia la Física, y debe explicarse muy bien la diferencia que hay entre los fenómenos físicos y los fenómenos químicos.

Después de cada experimento, debe hacerse que el alumno lo analice y se dé una explicación completa de él.

Muchas veces pasa que al hacer un experimento se



presenta algún fenómeno inesperado; hay que investigar la causa y anotar en un cuaderno todo aquello que se considere digno de atención.

Práctica, mucha práctica; no me cansaré de recomendarlo.

México, Enero 1.º de 1901.

LUIS G. LEÓN.



---

# I

## GENERALIDADES.

SUMARIO.—Los tres estados de la materia.—La extensión y la impenetrabilidad.  
—El estado esferoidal.—Los fenómenos físicos y los fenómenos químicos.

Tenemos un trozo de mármol, un vaso con agua y una probeta con ácido carbónico. Si queremos partir el primer cuerpo en fragmentos, no lo logramos, á menos que hagamos uso de un martillo; esto es debido á que las pequeñas partes de que está formado el mármol se encuentran fuertemente adheridas unas con otras por una fuerza llamada *cohesión*. Se admite que los cuerpos están formados por unas partículas llamadas *moléculas*, las que á su vez están constituidas por otras más pequeñas llamadas *átomos*. Los cuerpos como el mármol, la madera, el hierro, la plata, el ladrillo, se llaman SÓLIDOS.

El agua la podemos pasar fácilmente de un vaso á otro, sea toda ó parte de ella, y sin ningún trabajo introducimos un cuerpo dentro de ella. En esta substancia la fuerza de cohesión es muy débil. El agua, el aceite, el vino, el mercurio, el éter, el alcohol, son cuerpos LÍQUIDOS.



Los sólidos tienen forma propia, mientras que los líquidos afectan siempre la forma del vaso en que están contenidos. Si ponemos agua en un vaso esférico, tomará la forma esférica; si la vertemos en un vaso prismático, afectará la forma prismática, etc.

Tenemos otros cuerpos en los cuales no hay *cohesión*, no tienen forma determinada y ocupan todo el espacio que se les presenta. Son muy elásticos y se dejan comprimir muchísimo. Nadie creería que dentro de esta probeta hay un cuerpo; cuando mucho se diría que hay aire. Pero si introducimos dentro de ella una vela encendida, vemos que inmediatamente se apaga. Dentro de la probeta habíamos encerrado un gas llamado *ácido carbónico*, que no tiene olor, color, ni sabor; no permite la vida ni la combustión y es más pesado que el aire.

Como resultado del constante estado de repulsión en que se encuentran las moléculas de los GASES, estos cuerpos están dotados de una propiedad que los distingue y que consiste en que tratan siempre de ocupar mayor volumen del que ocupan; esta propiedad se conoce con el nombre de *fuerza expansiva de los gases*.

*Experimento.*—Debajo del recipiente de la máquina neumática colocamos una vejiga casi aplastada y provista de una llave que debe estar cerrada. Si empezamos á extraer el aire de la campana, observaremos que la vejiga comienza á inflarse. Este fenómeno obedece á que disminuyendo la presión exterior, el aire contenido en la vejiga aumenta de volumen por su *fuerza expansiva*.

Todos los cuerpos tienen la propiedad de ocupar un lugar en el espacio, propiedad que se llama EXTENSIÓN.



La propiedad que poseen los cuerpos de no poder ocupar al *mismo tiempo* el lugar que otro está ocupando, se

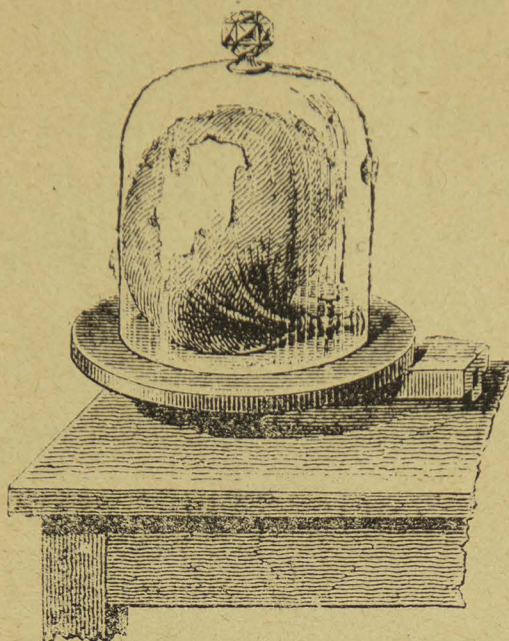


Fig. 1.—Los gases son expansibles.

conoce con el nombre de *impenetrabilidad*.

*Experimento.*—En uno de los tapones de un frasco de

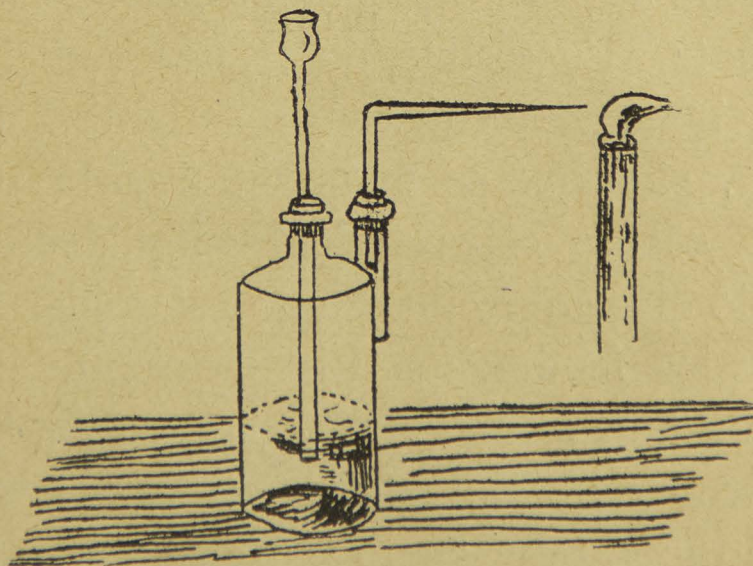


Fig. 2.—La materia es impenetrable.

dos bocas colocamos un tubo largo que penetra casi hasta el fondo y que termina exteriormente en un embu-



do. Por el otro tapón pasa un pequeño tubo encorvado en ángulo recto y que termina en punta. Frente á esta punta se coloca una vela encendida. Si se vierte agua por el embudo, notamos que la flama de la vela oscila y aun llega á apagarse, debido á que el agua y el aire no pueden ocupar al mismo tiempo el mismo lugar.

Tenemos, pues, que distinguir en los cuerpos, tres estados: el *sólido*, el *líquido* y el *gaseoso*.

El Sr. Boutigny propuso un cuarto estado de la materia, el *estado esferoidal*, y el Sr. Crookes propuso un nuevo estado, el *radiante*; pero ni uno ni otro han sido aceptados por los físicos como estados generales de la materia.

*Experimento.*—Ponemos á calentar con una lámpara de alcohol una placa de cobre, y ya que está muy caliente dejamos caer con ayuda de una pipeta unas gotas de agua. Vemos que inmediatamente el agua afecta la forma esférica y se pone á girar rápidamente, siendo la evaporación muy lenta. Es posible demostrar que el glóbulo líquido no se pone en contacto con la lámina metálica incandescente, sino que se mantiene á corta distancia de ella. A este estado especial de los líquidos es á lo que Boutigny dió el nombre de estado esferoidal.

En todos los fenómenos físicos como la congelación del agua, la reflexión de la luz en un espejo, la fusión de la cera, la producción del sonido en los instrumentos de música, la atracción del acero por el imán, etc., no cambia la naturaleza de los cuerpos que en dichos fenómenos intervienen. Definiremos, pues, la *Física*, diciendo que es la ciencia que se ocupa de estudiar los fenómenos que



presentan los cuerpos, siempre que éstos no sufran cambio alguno en su naturaleza.

En cambio, si quemamos una tirita del metal magnesio, este cuerpo se combina con el oxígeno del aire y resulta una substancia nueva, un polvo blanco, cuyas propiedades en nada se parecen á las del magnesio ni á las del oxígeno.

Si en una probeta de ensaye ponemos unos fragmentos de zinc y dejamos caer sobre ellos agua acidulada con ácido sulfúrico, el zinc se combina con el ácido para formar sulfato de zinc, habiendo un desprendimiento de hidrógeno. Estos son *fenómenos químicos*, y la *Química* es la ciencia que se ocupa de estudiar los fenómenos que se verifican en los cuerpos cuando sufren algún cambio en su composición.

#### CUESTIONARIO.

¿Cómo están formados los cuerpos?—A qué se da el nombre de cohesión?—Cuáles son los estados de la materia?—Qué es lo que caracteriza á los gases?—Cuál es el estado esferoidal?—Qué diferencia hay entre los fenómenos físicos y los fenómenos químicos?

#### Explicaciones del profesor.

Importancia del estudio de la Física.—Las propiedades generales y particulares de la materia.—Los experimentos de Crookes.—Los progresos de la Física en el siglo XIX.

---

## II

#### NOCIONES DE MECÁNICA.

UMARIO.—La mecánica y su objeto.—Las fuerzas y sus elementos.—Las palancas.—Otras máquinas sencillas.—El movimiento.

La Mecánica es la ciencia que se ocupa del estudio del movimiento y de las fuerzas que lo producen, dando á conocer los diversos medios de emplearlas.



Toda fuerza que obra en el sentido del movimiento se llama *motriz*, y toda fuerza que obra en sentido contrario al movimiento y que contribuye á disminuirlo ó á detenerlo, se llama fuerza resistente ó simplemente *resistencia*.

Cuando un cuerpo está sometido á la acción de una sola fuerza, se mueve forzosamente en la dirección de esa fuerza; pero si obran varias fuerzas á la vez, puede suceder que el cuerpo quede en reposo, y entonces se dice que las fuerzas se *equilibran*.

Para levantar un objeto del suelo tenemos que ejercer una fuerza; una mula para tirar de un carro tiene que desarrollar fuerza; para que nuestro reloj camine tenemos que darle cuerda y la fuerza del resorte es la que hace que la maquinaria se ponga en movimiento. Definiremos, pues, una fuerza diciendo que es la causa capaz de producir el movimiento ó de modificarlo. Si una lámpara está oscilando y queremos que se detenga tenemos que oponerle una fuerza; si una locomotora va caminando con mucha velocidad y el maquinista desea que camine más despacio tendrá que oponer una fuerza para modificar el movimiento.

En toda fuerza hay que distinguir: el punto de aplicación, la intensidad y la dirección.

Las fuerzas pueden ser paralelas y concurrentes; en este caso tienen un punto común de aplicación.

Supongamos un móvil A solicitado por dos fuerzas AB y AC. El punto no se moverá en ninguna de estas dos direcciones, sino que seguirá la dirección AD que es la diagonal del paralelógramo ABDC construido so-



bre las líneas que representan las fuerzas. Dicha diagonal representa no solamente la dirección, sino también la intensidad de la resultante. Esta figura se llama *paralelógramo de las fuerzas*.

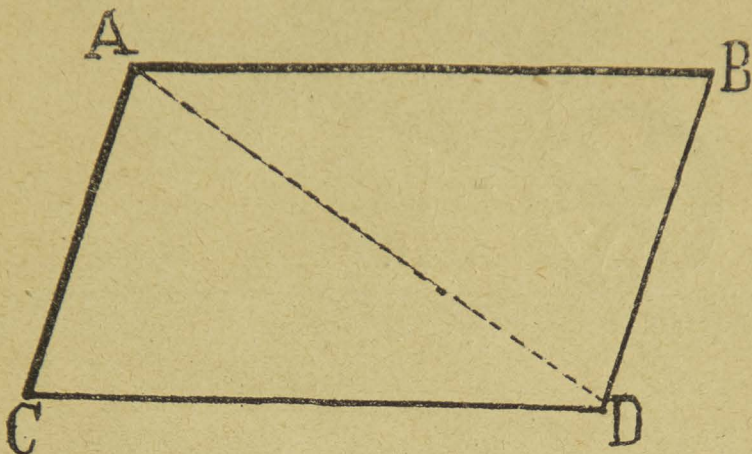


Fig. 3.—El paralelógramo de las fuerzas.

Los aparatos empleados para utilizar las fuerzas se conocen con el nombre de *máquinas*. De todas las máquinas la más sencilla es la palanca.



Fig. 4.—Una palanca de primer género.

Una palanca es toda barra recta ó curva, inflexible ó susceptible de moverse alrededor de un punto llamado



*punto de apoyo, y solicitada por dos fuerzas: la potencia y la resistencia.*

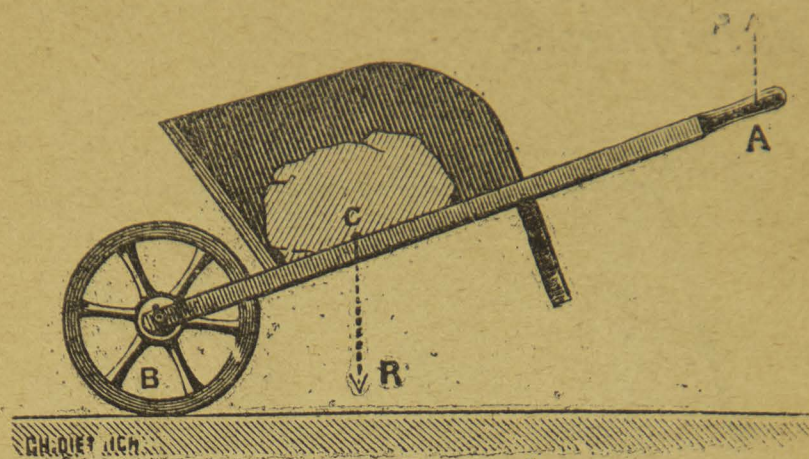


Fig. 5.—Una palanca de segundo género.

Hay tres géneros de palancas: Son de primer género cuando el punto de apoyo está colocado entre la poten-



Fig. 6.—Una palanca de tercer género.

cia y la resistencia, como las tijeras. Son de segundo, cuando la resistencia está colocada entre la potencia y el



punto de apoyo, como en la carretilla. Son de tercer género cuando la potencia se halla situada entre la resistencia y el punto de apoyo, como en el pedal de la rueda de amolador.

La polea se compone de una rueda cuyo eje está fijo en una pieza llamada *chapa*. La rueda tiene en su circunferencia una ranura que se llama *garganta* y que es por donde ha de pasar la cuerda destinada á levantar el peso. La polea puede ser fija ó móvil. En el primer caso

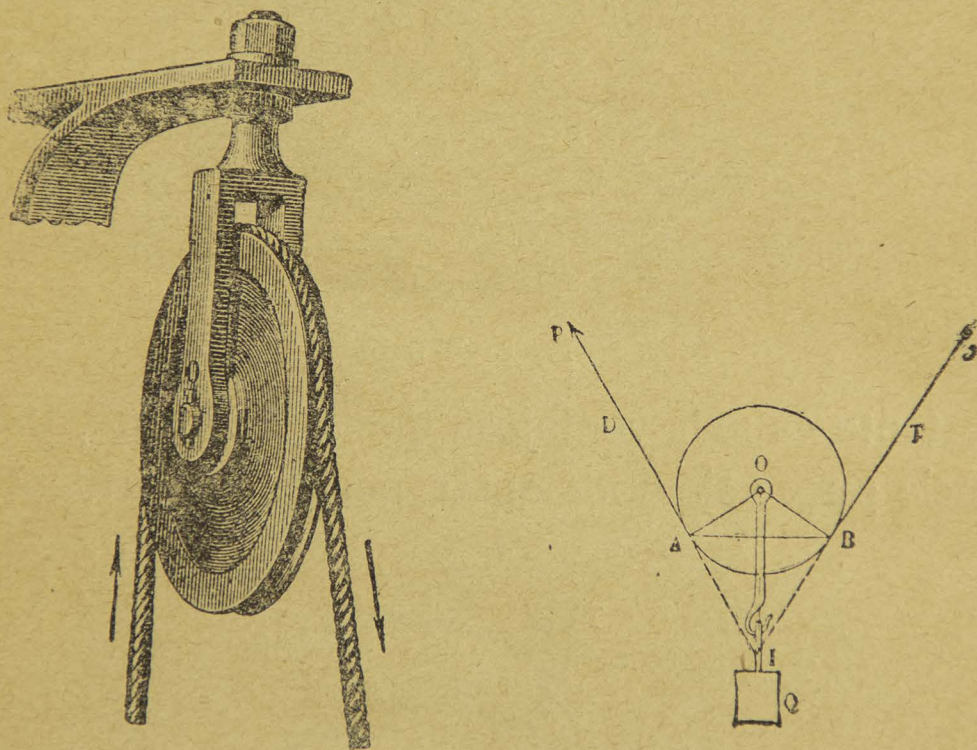


Fig. 7.—La polea fija y la polea móvil.

el gancho de la chapa está fijo en un soporte y la rueda no hace más que moverse alrededor de su eje. La polea es móvil cuando el gancho está para abajo y entonces la rueda se mueve sobre la cuerda. La polea móvil tiene que emplearse en combinación con una polea fija.

El torno es una máquina formada por un árbol ó cilin-



dro al que está unida una manivela ó una rueda de mucho mayor diámetro. Alrededor del cilindro está enrollada una larga cuerda en cuya extremidad libre se cuelga el peso que se trata de subir. El cabrestante es sencillamente un torno cuyo árbol es vertical. La forma del

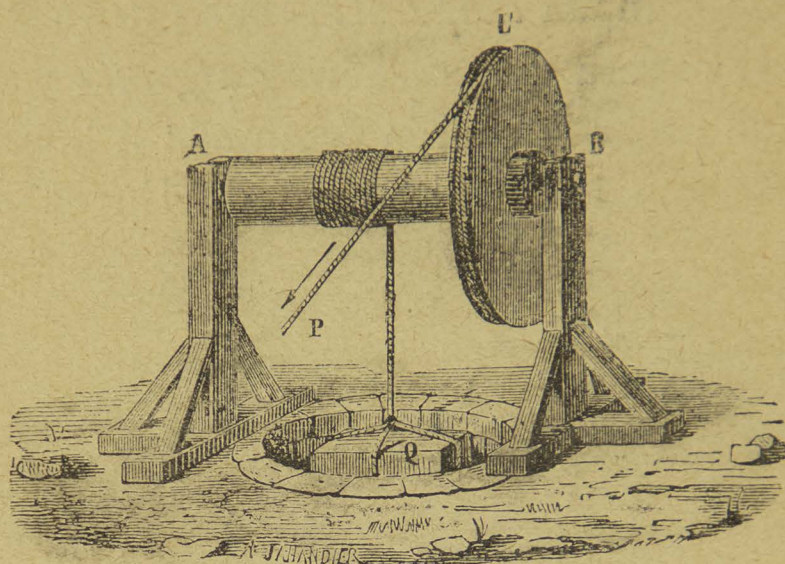


Fig. 8.—El torno.

cabrestante es más ventajosa que la del torno, porque la potencia puede siempre obrar perpendicularmente á su

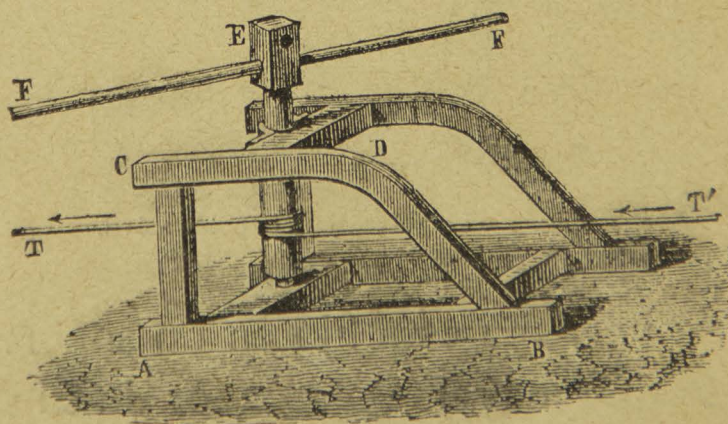


Fig. 9.—El cabrestante.

brazo de palanca. Además, con una máquina de este género pueden trabajar varios hombres á la vez.



Las cabrias son máquinas destinadas á elevar grandes pesos, y en todas se eleva el peso por medio de una cuerda ó cadena que pasa por una polea colocada á cierta altura en la extremidad de un armazón de madera ó

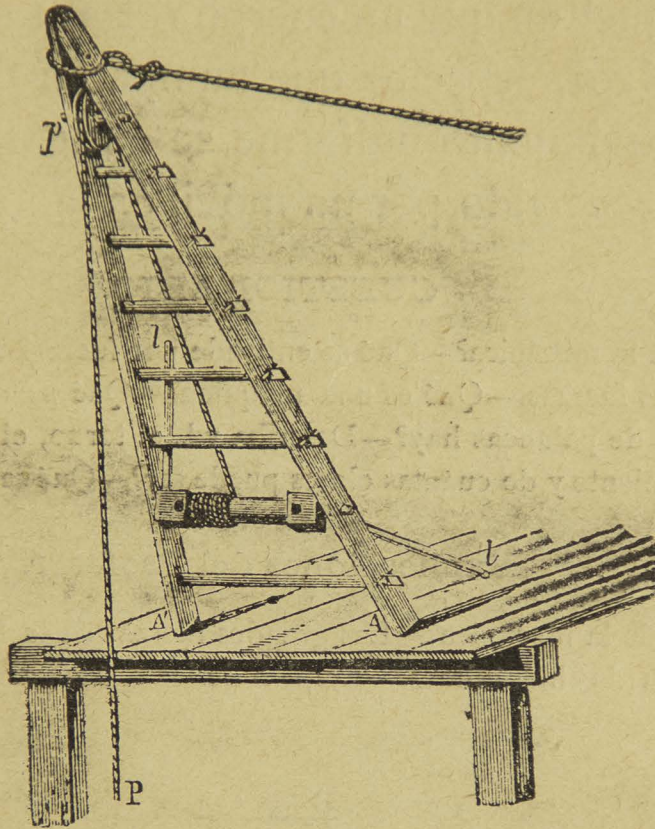


Fig. 10.—La cabria.

de hierro. La cabria que emplean los arquitectos en la construcción de las casas es de madera, y por lo regular su torno es sencillo.

El movimiento es el estado de un cuerpo que cambia de lugar en el espacio. El movimiento puede ser rectilíneo ó curvilíneo; el primero cuando el móvil recorre una línea recta, y el segundo cuando el móvil recorre una línea curva.

El movimiento puede ser *uniforme* y *variado*; el primero es producido por una fuerza instantánea ó constan-



te que después de actuar sobre un cuerpo lo abandone repentinamente, ó bien cuando sin abandonarlo, el medio en que se encuentra le opone cierta resistencia y recorre en tiempos iguales, espacios iguales. El movimiento variado es aquel en que un cuerpo recorre en tiempos iguales y sucesivos, espacios que aumentan ó disminuyen.

En el movimiento uniforme se entiende por *velocidad* el espacio recorrido por un móvil en la unidad de tiempo.

### CUESTIONARIO.

¿De qué trata la mecánica?—Qué se entiende por fuerza?—Explique vd. el paralelógramo de las fuerzas.—Qué es una máquina?—Qué se entiende por palanca y cuántos géneros de palancas hay?—Describa vd. el torno, el cabrestante y la cabria.—Qué es movimiento y de cuántas clases puede ser?—Qué se entiende por velocidad?

### Explicaciones del Profesor.

Importancia de la Mecánica.—Las grandes fuerzas de la Naturaleza.—Las caídas de agua y las ruedas hidráulicas.—Empleo de las grúas para la carga y descarga de los buques.

---

## III

### GRAVEDAD.

SUMARIO.—Los cuerpos son pesados.—El tubo de Newton.—El martillo de agua.—Centro de gravedad.—Las tres clases de equilibrio.—La balanza.—Método de la doble pesada.—La romana y la báscula.

Si tenemos un cuerpo en la mano y lo soltamos, cae, y al caer sigue una línea vertical, que prolongada, iría á dar al centro de la tierra. Los cuerpos caen por la acción de la *gravedad* ó sea la atracción de la tierra. Esto se expresa diciendo que los cuerpos son pesados, y consi-



derando una misma unidad de volumen, un cuerpo será tanto más pesado cuanto mayor cantidad de materia contenga, ó en otros términos, cuanto más *denso* sea. Así, por ejemplo: un centímetro cúbico de agua destilada pesa 1 gramo, un centímetro cúbico de plomo pesa 11 gramos, un centímetro cúbico de mercurio pesa 13 gramos, un centímetro cúbico de oro pesa 19 gramos, un centímetro cúbico de platino pesa 22 gramos.

*Experimento.*—Hagamos uso de un tubo de cristal de dos metros de largo, cerrado en una extremidad por medio de una montura metálica, y en la otra extremidad tiene una llave que puede atornillarse en la máquina neumática. Dentro del tubo hay cuerpos de distintas densidades, tales como pedacitos de plomo, madera, corcho y papel.

Si antes de extraer el aire invertimos el tubo rápidamente, vemos que el plomo cae primero, luego la madera, después el corcho y al último el papel; pero si extraemos el aire con la máquina neumática, cerramos la llave y después invertimos el tubo, observamos que todos los cuerpos caen al mismo tiempo, con lo que habremos comprobado que *en el vacío todos los cuerpos caen con la misma velocidad.*



Fig. 11.—Tubo de Newton.



Hay un aparato que se llama el martillo de agua y que sirve para demostrar que es el aire el que opone resistencia á la caída de los cuerpos. Se compone de un tubo de cristal terminado en una esfera y que tiene agua hasta la mitad. Se calienta el agua y ya que está en ebu-

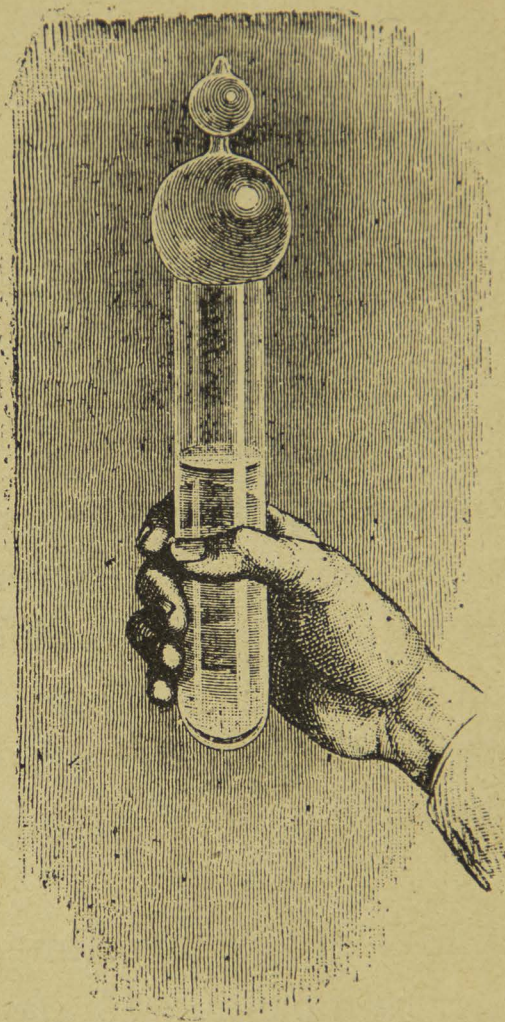


Fig. 12.—El martillo de agua.

llición y que se comprende que todo el aire ha sido expelido se cierra la esfera con la lámpara. Si después se voltea bruscamente el tubo, el agua cae sin dividirse y produce un golpe seco al chocar contra el fondo del aparato.

Cuando se suspende un cuerpo pesado de un hilo, és-



te toma la posición vertical, de lo que es posible convenirse colocando abajo de la plomada un vaso con mercurio y viendo que la imagen es prolongación del hilo.

Se da el nombre de *centro de gravedad de un cuerpo* al punto por donde pasa la resultante de todas las atracciones que la gravedad ejerce sobre todos los puntos de ese cuerpo.

Cuando un cuerpo está apoyado en un plano puede estar en equilibrio *estable*, en equilibrio *inestable* ó en equilibrio *indiferente*. El primer caso se verificará cuando el centro de gravedad esté lo más cerca posible del plano; el segundo caso cuando el centro de gravedad esté lo más lejos posible, y el caso de equilibrio indiferente se verificará cuando la distancia del centro de gravedad al plano permanezca constante en cualquiera posición.

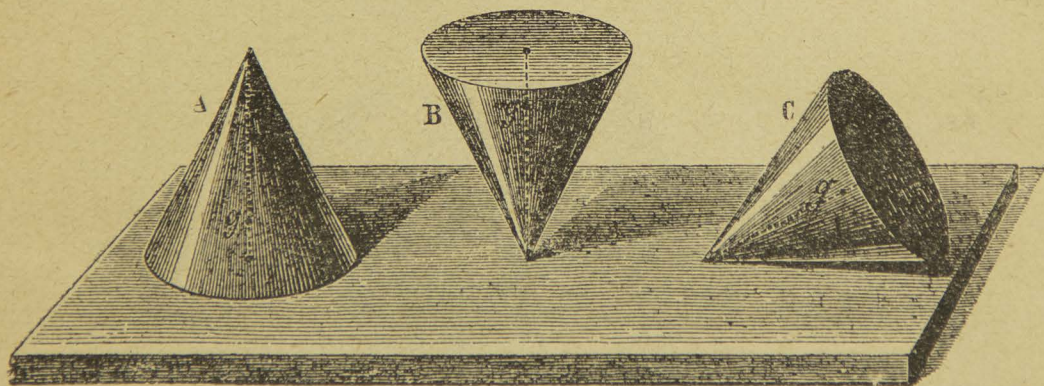


Fig. 13.—Los tres casos de equilibrio.

Consideremos el caso de un cono: apoyado por su base estará en equilibrio estable, apoyado en su vértice estará en equilibrio inestable y apoyado en una de las generatrices estará en equilibrio indiferente.

Para que un cuerpo que reposa por varios puntos so-



bre un plano horizontal esté en equilibrio, se necesita que



Fig. 14.—El hombre se inclina del lado opuesto al cubo.



Fig. 15.—El hombre se inclina del lado opuesto al fardo.

la vertical bajada caiga dentro de la base de sustentación.



Fig. 16.—El carro está á punto de volcarse porque su centro de gravedad queda muy alto.

Un hombre de pie se encontrará tanto más sólido



mientras sus pies se hallen más separados. Si un hombre lleva un fardo, tendrá que inclinarse del lado opuesto al fardo á fin de que el sistema formado por el hombre y el fardo caiga dentro de la base de sustentación. Un carro estará en equilibrio tanto menos estable cuanto más alto se encuentre colocado del centro de gravedad.

Todos conocemos el experimento que consiste en equilibrar un bastón en la punta de un dedo: el bastón tiene que estar bien vertical para que la vertical bajada del



Fig. 17.—Ejemplo de equilibrio inestable.

centro de gravedad pase por el dedo. El equilibrio es inestable, y para conservarlo por algún tiempo se necesita seguir con la mano todos los movimientos del bastón.

Una balanza es un aparato que sirve para determinar el peso relativo de los cuerpos ó sea el peso tomado con relación á otro que se escoge como unidad. La unidad de peso es el gramo, que equivale al peso de un centímetro cúbico de agua destilada á la temperatura de 4° arriba de cero.



Una balanza se compone de una barra llamada *fiel*, movable alrededor de un eje prismático. En las extremidades del fiel se hallan suspendidos dos platillos del mismo

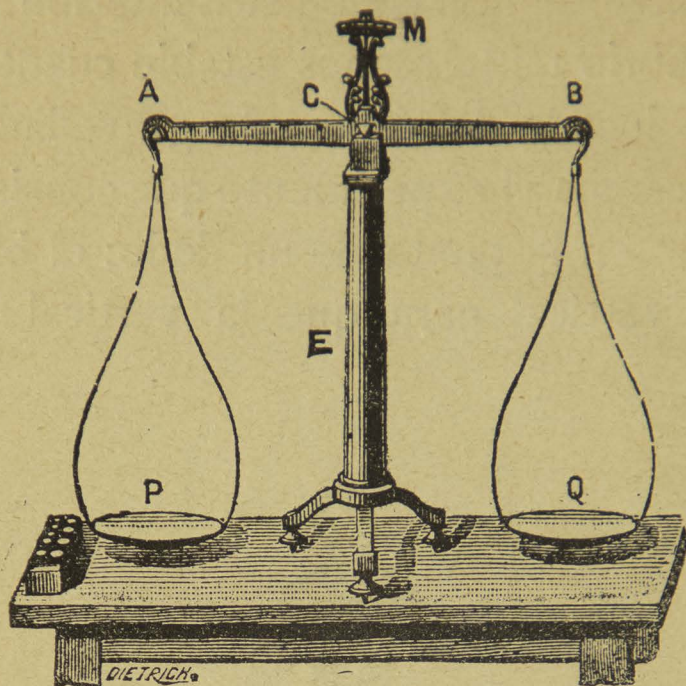


Fig. 18.—La balanza.

peso: en uno se coloca el cuerpo que se trata de pesar y en el otro los gramos y fracciones de gramo. La barra lleva en su parte media un prisma triangular, una de cuyas aristas descansa en una superficie de acero ó de ágata á fin de disminuir en cuanto sea posible el rozamiento. La distancia que hay del prisma á los extremos de la barra se conoce con el nombre de *brazos de palanca*.

Arriba del eje de suspensión hay una agujita que puede girar alrededor de un arco de círculo y que sirve de comparación para indicar si el *fiel* de la balanza está perfectamente horizontal, porque en este caso la aguja se encuentra en el o de la graduación.

Dos son las condiciones que se requieren para que una balanza sea buena: sensibilidad y precisión. Se dice que



una balanza es *sensible* cuando por pequeño que sea el peso que se coloque en uno de los platillos la balanza se incline de ese lado. Será *precisa* si colocando en los dos platillos pesos iguales el fiel de la balanza no se inclina ni para uno ni para otro lado.

Para que no falte la primera condición se requiere: una gran movilidad, que el centro de gravedad del fiel esté más abajo que el centro de suspensión, y que la distancia entre estos dos sea lo más corta posible. Cuando el centro de gravedad del fiel se encuentra más arriba que el de suspensión, el equilibrio es inestable y por eso se dice que la balanza es *loca*. Cuando la distancia entre los dos centros es muy larga, la balanza oscila con dificultad y entonces se dice que es *perezosa*.

La precisión de la balanza depende de la *igualdad* perfecta de los brazos de palanca y de que sea constante la distancia de los puntos de suspensión de los platillos al punto de apoyo. Esto se consigue haciendo que tanto el fiel como los ganchos descansen sobre las aristas agudas.

Según la ley ya estudiada de las palancas, si uno de los brazos fuera en cualquier momento mayor que el otro, necesitaría menor peso para equilibrar al peso colocado en el otro platillo.

Aun cuando la balanza sea mala, por no llenar las condiciones antedichas, puede uno obtener una pesada buena haciendo uso del *método de Borda* ó de la *doble pesada*.

En uno de los platillos se coloca el cuerpo cuyo peso se quiere obtener, y en el otro se van colocando



municiones hasta que la balanza quede en equilibrio. Se quita después el cuerpo y en su lugar se colocan pesos

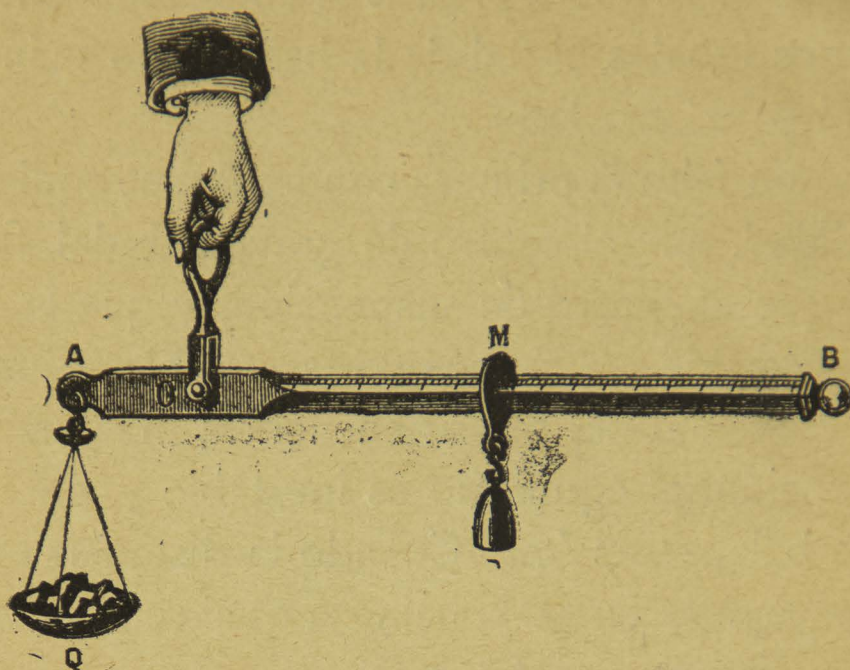


Fig. 19.—La romana.

conocidos; ya que la balanza quede en equilibrio, se lee el número que indiquen las pesas y ese será el peso del cuerpo.

La balanza de Roberval es también palanca de brazos desiguales.

*La romana, la báscula, el pesón ó pesa-cartas* son palancas empleadas igualmente para determinar el peso de los cuerpos, pero cuyos brazos son desiguales.

La romana se compone de una barra graduada, de hierro, suspendida de un anillo, el cual se encuentra á corta distancia de un gancho situado en la parte inferior de la barra y del cual se cuelga el cuerpo cuyo peso se trata de determinar. A éste le hace equilibrio un peso que resbala sobre la barra. La teoría de este aparato está fun-



dada en que á mayor brazo de palanca corresponde menor peso y recíprocamente.

La báscula consta de un tablero de madera adonde se coloca el cuerpo cuyo peso se trata de determinar. Comunica ese tablero por medio de unas barras de hierro con una palanca de primer género cuyos brazos son desiguales, los cuales están generalmente en la relación de 1 á 10. Así, por ejemplo, si colocamos un cuerpo que pese 200 kilogramos en el tablero, éste lo comunicará á la palanca y podremos equilibrarlo con solo 20 kilogramos, pues que, como hemos dicho, los brazos de palanca son desiguales.

#### CUESTIONARIO.

¿Por qué caen los cuerpos?—Qué relación hay entre la densidad y el peso de un cuerpo?—Qué se demuestra con el tubo de Newton?—Qué se entiende por centro de gravedad?—Cuántas clases de equilibrio hay?—Para qué sirve la balanza?—Es posible hacer una pesada buena con una balanza mala?—Qué clase de aparato es la báscula?

#### Explicaciones del Profesor.

La ley de la atracción universal.—Los trabajos de Newton.—La torre de Pisa.—Las balanzas de precisión.

---

## IV

### HIDROSTÁTICA.

SUMARIO.—El principio de Pascal.—Las presiones de los líquidos.—El principio de Arquímedes.—El ludión.—Vasos comunicantes.—Los niveles.—Las densidades de los cuerpos.

*Experimento.*—Hacemos uso de un aparato que consiste en un globo de cristal en cuyo cuello puede mover-



se un émbolo. El globo lleva varios taladros con pequeños tapones. Se llena el globo de agua y, al introducir el émbolo se observa que todos los tapones son lanzados

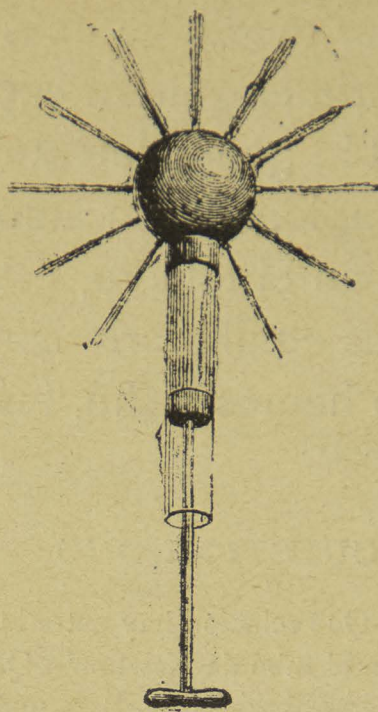


Fig. 20.—La presión se transmite en todos sentidos.

al exterior, escapándose un chorro de agua por cada taladro.

*Principio de Pascal.*—El célebre geómetra Blas Pascal enunció el siguiente principio que sirve de base al estudio de la hidrostática:

*Los líquidos transmiten en todos sentidos y con igual intensidad las presiones ejercidas en un punto cualquiera de su masa.*

*Experimento.*—En una copa que contiene una pequeña cantidad de alcohol se vierte con una pipeta un poco de aceite. Siendo el aceite más denso que el alcohol, se irá al fondo; pero si después vamos vertiendo agua con precaución, observamos que el aceite queda suspendido



en el seno de la masa líquida y afecta una forma sensiblemente esférica.

Esto nos demuestra que las moléculas de los cuerpos líquidos, á pesar de su movilidad, conservan entre sí cierta adherencia.

Los líquidos ejercen sobre las paredes de los vasos que lo contienen presiones de arriba abajo, presiones de abajo arriba y presiones laterales.

*Experimento.*—Introducimos en un vaso con agua un tubo de cristal abierto por las dos extremidades, pero en la inferior lleva apoyado un obturador de vidrio ó de me-

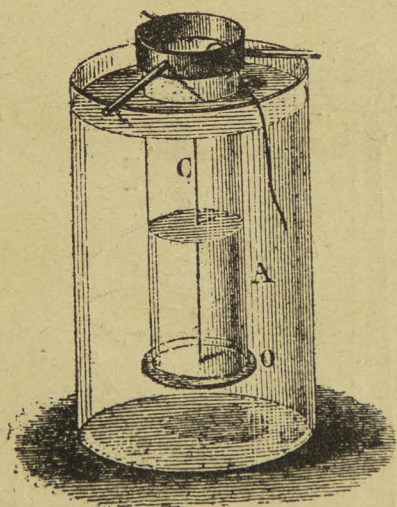


Fig. 21.—Presión de abajo arriba.

tal muy delgado sostenido por un hilo de seda. Si ya que introducimos el hilo á cierta profundidad soltamos el hilo, vemos que el obturador no se cae, lo que comprueba el empuje de abajo arriba. Si ahora vamos vertiendo agua por el tubo, observaremos que en el momento en que el nivel del líquido en el tubo se iguala con el nivel del líquido en el vaso, el obturador se cae.



Se deduce de aquí que el empuje es igual al peso de una columna de agua que tenga por base el fondo del tubo y por altura la distancia de este fondo al nivel libre del líquido.

Para comprobar la presión de arriba abajo, Pascal hizo un experimento que consistió en llenar de agua un barril cuya tapa estaba atravesada por un tubo de 10 metros de altura. Al llenar este tubo con agua, la presión fué tan considerable que las duelas del barril se abrieron y el agua se escapó en pequeños chorros.

El *molinete hidráulico* nos permite comprobar la existencia de las presiones laterales. Se compone el aparato

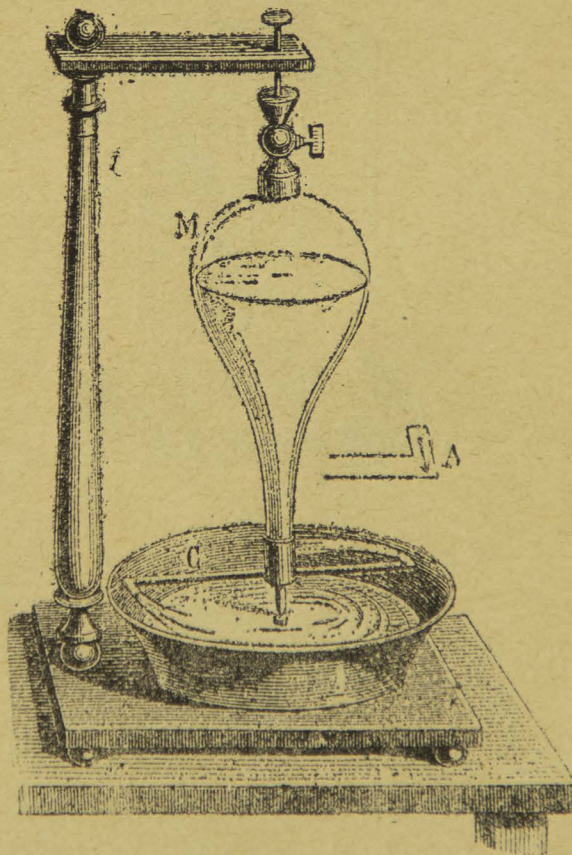


Fig. 22.—Molinete hidráulico.

de un vaso de cristal colocado verticalmente encima de una bandeja y que puede girar libremente alrededor de su eje. La extremidad inferior del vaso comunica por



medio de una llave con dos tubos horizontales cuyos extremos están encorvados en sentido contrario.

Si llenamos el vaso con agua y abrimos la llave, observaremos que tan pronto como empieza á salir el agua adquiere un rápido movimiento de rotación en sentido

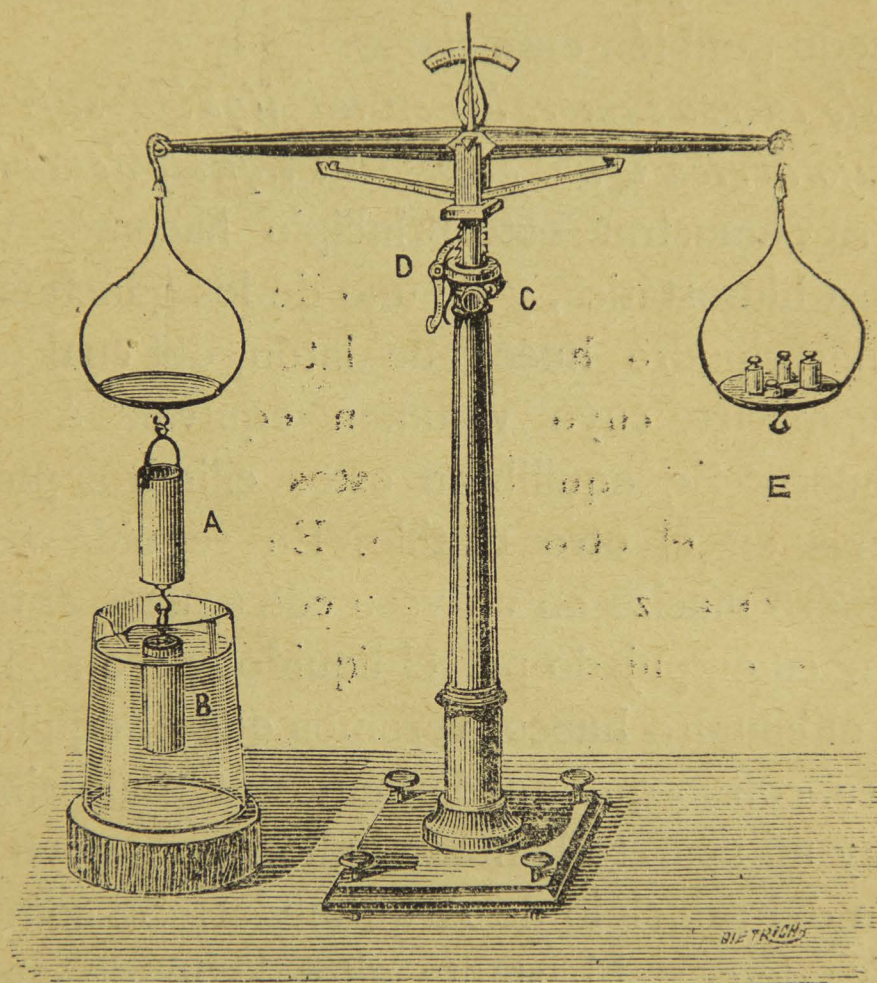


Fig. 23.—Principio de Arquímedes.

contrario al de la salida del líquido, en virtud de la presión del agua sobre la pared de cada tubo, opuesta al agujero.

Para que un líquido esté en equilibrio, se necesita que su superficie sea perpendicular á la dirección de las fuerzas que obran sobre él, y además toda molécula líquida



deberá experimentar en todos sentidos presiones iguales y contrarias.

*Principio de Arquímedes.*—El geómetra Arquímedes descubrió el siguiente principio: “*Todo cuerpo sumergido en un líquido pierde una parte de su peso igual al peso del volumen del líquido desalojado.*”

Puede también enunciarse:

*Todo cuerpo sumergido en un líquido sufre un empuje de abajo arriba igual al peso del líquido desalojado.*

Para demostrar este principio hacemos uso de una balanza hidrostática, y de uno de los ganchos suspendemos un cilindro hueco de latón, del cual pende un cilindro macizo cuyo volumen equivale á la capacidad del hueco. Se equilibran estos cilindros poniendo municiones en el otro platillo. En seguida se introduce el cilindro macizo en un vaso con agua y al momento se ve que es empujado por el líquido; pero si llenamos de agua el cilindro hueco, veremos que el equilibrio se restablece, con lo que queda demostrado al principio.

Hay un aparato llamado ludión que sirve como aplicación del principio de Arquímedes. Se compone de un cilindro de cristal bastante alto, lleno de agua, y en el que se coloca una esferita de cristal llena de aire y con un pequeño agujero; de la esfera cuelga un muñequito de esmalte. El cilindro se cierra con una montura metálica que lleva un émbolo. En las condiciones normales la esfera flota, pero si se atornilla el émbolo, el agua penetra por la abertura de la bola, ésta aumenta de peso y baja.

Si desatornillamos el émbolo, el aire comprimido den-



tro de la esfera obliga al agua á subir, la esfera disminuye de peso y sube. Puede arreglarse este experimento con una probeta de cristal y un pedazo de vejiga restirado en la parte superior.

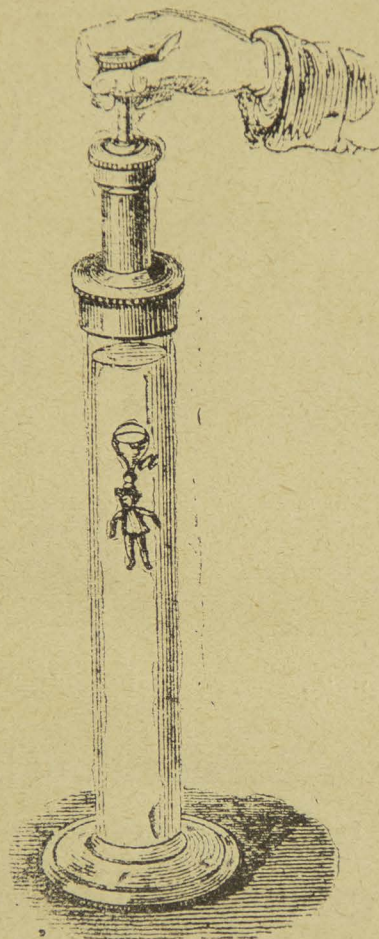


Fig. 24.—El ludión.

Se entiende por *densidad relativa* de un cuerpo sólido ó líquido, la relación que hay entre su peso y el peso de un volumen igual de agua destilada á la temperatura de  $4^{\circ}$  arriba de cero.

*Experimento.*—Por medio de un hilo muy fino se suspende de uno de los platillos de la balanza hidrostática el cuerpo sólido cuya densidad se trata de determinar.

La balanza hidrostática difiere de la ordinaria en que



cada platillo lleva un gancho en la parte inferior y en que la columna del fiel puede subir ó bajar por medio de una barra dentada, movida por un piñón. Supongamos que

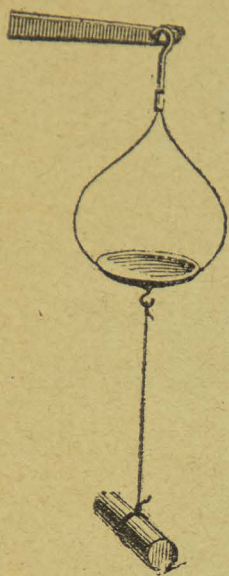


Fig. 25.—Se pesa el cuerpo en el aire.

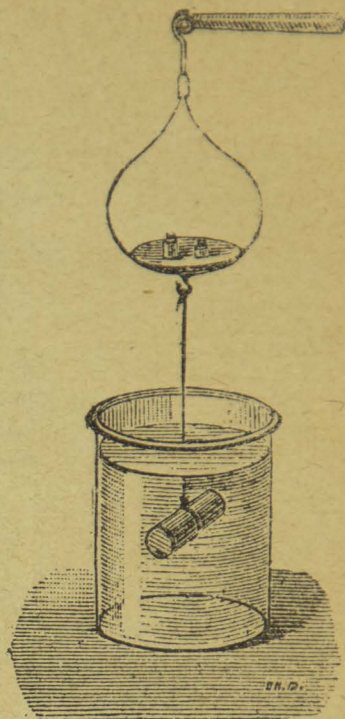


Fig. 26.—Se pesa el cuerpo en el agua.

se quiera determinar la densidad del hierro y que el fragmento de este metal colgado del gancho de la balanza pesara en el aire 15.gramos 4. En seguida se quitan los pesos del platillo, se introduce el hierro en un frasco con agua destilada á 4° y se vuelve á restablecer el equilibrio. Es claro que en este caso el peso será menor debido al empuje del líquido. La diferencia entre el peso del hierro en el aire y el peso del hierro en el agua, nos dará indudablemente el peso del agua desalojada, ó lo que es lo mismo, el volumen del fragmento de hierro. Si el hierro pesó en el agua 13 gramos 4, el volumen del hierro será igual á 2. Sustituyendo estos valores en la fórmula  $D = \frac{P}{V}$ , tendremos:



$$D = \frac{15.4}{2} = 7.7$$

que es la densidad de hierro, es decir, que en igualdad de volumen el hierro pesa 7.7 veces más que el agua.

En lugar de quitar pesos del platillo después de haber pesado al cuerpo en el aire, se puede, ya que esté sumergido en el agua, añadir pesos en el mismo platillo de donde está suspendido el cuerpo hasta que se restablezca el equilibrio y estos pesos representarán el volumen del cuerpo.

*Experimento.*—El frasco que se emplea para determinar las densidades de los líquidos se compone de un depósito cilíndrico que lleva un tubo capilar ensanchado en su parte superior, donde recibe un tapón de vidrio para el caso de que se trate de líquidos volátiles. El tubo capilar lleva una marca ó punto de fe para que el volumen del líquido sea constante.

Se coloca el frasco lleno de aire en un platillo de la balanza y se equilibra en el otro con municiones. Después se llena el frasco con el líquido cuya densidad se trata de determinar, para lo cual se introduce por el tubito un tubo muy delgado de plata que Regnault llamaba el *hilo capilar de plata*. Se vierte el líquido en el embudo y después se aspira el aire por el tubito de plata para que la presión atmosférica obligue al líquido á penetrar al recipiente. Sin quitar las municiones del platillo se coloca el frasco en el otro y se restablece el equilibrio con pesos conocidos, que representarán el peso del líquido contenido en el frasco. Después se qui-



Fig. 27.—El frasco para los líquidos.



tan los pesos, se retira el frasco, se vacía y se llena de agua destilada á  $4^{\circ}$ , se vuelve á pesar y se obtendrá el peso de un volumen igual de agua destilada. Dividiendo el primer peso por el segundo, el cociente nos dará la densidad del líquido.

Se da el nombre de *Capilaridad* á la parte de la Física que se ocupa de estudiar los fenómenos que se producen por el contacto de los cuerpos sólidos con los líquidos, y que parecen estar en contradicción con las leyes de la hidrostática.

*Experimento.*—Se sumerge en una copa con agua una varilla de cristal y se observa que en lugar que la superficie del líquido permanezca horizontal, asciende alrededor de la varilla, formándose una superficie cóncava. Si sumergimos otra varilla de cristal en una copa con mercurio, notaremos que la superficie del mercurio tampoco permanece horizontal, pero en lugar de que el líquido ascienda, desciende alrededor de la varilla, formándose una superficie convexa. La misma ascensión ó la misma depresión observaremos junto á las paredes del vaso que contiene al líquido. Si el líquido moja al sólido hay ascensión y si el líquido no moja al sólido hay depresión.

*Experimento.*—En vez de emplear varillas, hagamos uso de tubos de vidrio con objeto de hacer los fenómenos más aparentes.

Al sumergir el tubo dentro del agua ó de cualquier otro líquido que lo moje, veremos que el líquido asciende por dentro del tubo, formándose una superficie curva que se conoce con el nombre de *menisco cóncavo*. Si sumergimos el tubo dentro del mercurio, veremos que el



líquido desciende por dentro del tubo, formándose una superficie curva que se conoce con el nombre de *menisco convexo*.

Hay algunos experimentos para comprobar la tensión superficial de los líquidos.

*Experimento.*—En una copa de las que se usan para cognac, póngase agua hasta que casi vaya á derramarse. Nada más hay que cuidar que la copa esté muy seca por fuera. Entonces se empieza á poner municiones dentro de la copa, una por una, y es inconcebible la cantidad que le cabe antes de que el agua se derrame. Se observa que la superficie del líquido afecta la forma de un casquete, como si fuera un vidrio de reloj.

*Experimento.*—Tomamos un tubo en forma de U, le ponemos agua y observamos que el líquido llega al mismo nivel en las dos ramas.

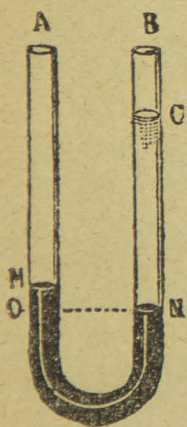


Fig. 28.—Equilibrio de los líquidos heterogéneos.

Cuando varios *vasos comunicantes* contienen un líquido homogéneo, para que esté en equilibrio se necesita que los niveles en todos los vasos estén en un mismo plano horizontal.

Pero si en lugar de poner agua nada más, ponemos mercurio y después agua, veremos que las alturas de las columnas líquidas están en razón inversa de las densidades, es decir, que al líquido más denso le corresponde menor altura y al menos denso mayor altura.

Si, por ejemplo, la columna de mercurio tiene un centímetro de altura, observaremos que la columna de agua tiene una altura de 13 centímetros y medio, lo que com-



prueba el principio, pues el agua destilada es 13 veces y media menos densa que el mercurio.

*Experimento.*—Pongamos en una copa los líquidos siguientes: mercurio, agua saturada con carbonato de potasio, aceite y alcohol teñido de rojo. Si agitamos el frasco parece que los líquidos se mezclan, pero tan pronto

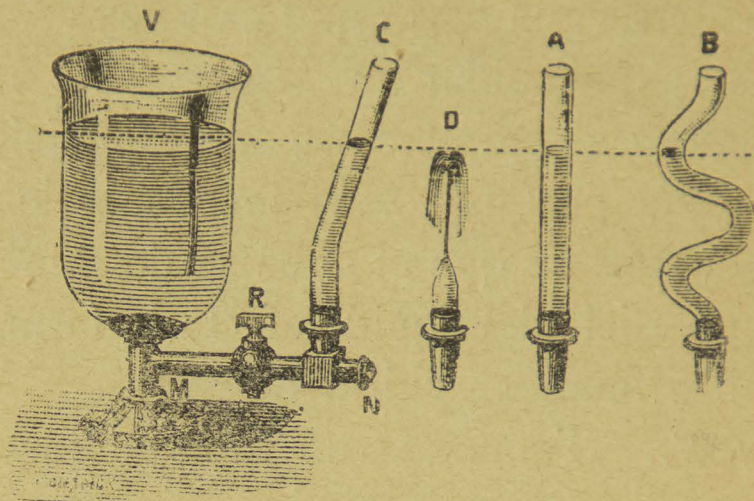


Fig. 29.— Los vasos comunicantes.

como se deja en reposo, el mercurio ocupa la parte inferior, luego sigue la solución de carbonato, después el aceite y hasta arriba queda el alcohol que es líquido menos denso de los cuatro.

Resulta de aquí que si líquidos de distintas densidades que no pueden mezclarse y sin acción química uno sobre otro, se colocan en un mismo vaso, se necesita para que haya equilibrio que los líquidos se sobrepongan en el orden decreciente de densidades de abajo arriba.

Una de las aplicaciones de los vasos comunicantes es el *nivel de agua* que sirve para saber la diferencia de altura entre dos lugares próximos.

Se compone de un tubo de latón doblado en ángulo recto en sus dos extremidades, las cuales reciben un tubo



de cristal cada una. El tubo de latón está sostenido en su parte media por un tripié de madera.

Se pone agua en el tubo y en virtud de la condición ya mencionada el nivel del agua en los tubos de cristal

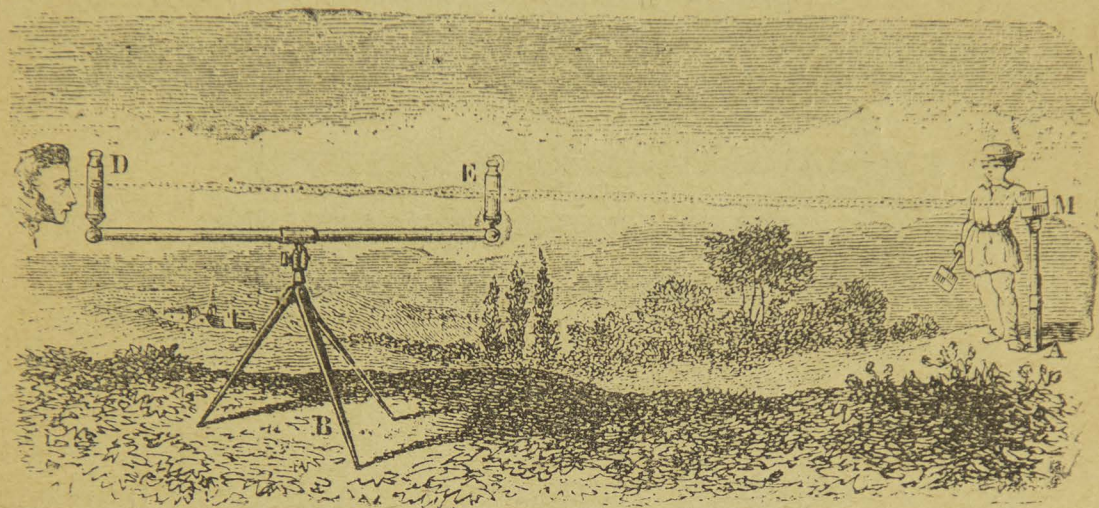


Fig. 30.—El nivel de agua.

tiene que estar en un mismo plano horizontal. Al nivel lo acompaña un instrumento llamado *estadal* que es manejado por otro individuo. El estadal consiste en una regla graduada, de madera, sobre la que puede resbalar un cuadrado de metal llamado *mira*, dividido en cuatro partes iguales, dos pintadas de rojo y dos de blanco, de manera que los colores iguales estén según las diagonales.

El observador dirige una visual por los niveles del líquido y por el centro de la mira. Restando á la altura de la mira la altura del nivel ó viceversa (según que el punto esté más bajo ó más alto) se obtendrá la diferencia de nivel entre los dos lugares considerados.

*El nivel de burbuja de aire*, que sirve para asegurarse de que una superficie plana está horizontal, se compone de un tubo de vidrio ligeramente ensanchado en su par-



te superior y cerrado por sus dos extremidades. El tubo contiene éter, pero se deja una burbuja de aire, la cual deberá encontrarse en la parte media, cuando el estuche

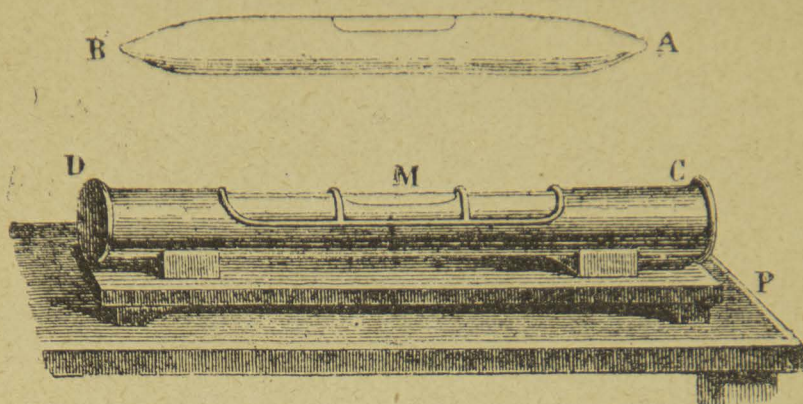


Fig. 31.—El nivel de burbuja de aire.

metálico del aparato descansa sobre una base horizontal.

Cuando el agua de lluvia ó la que proviene de los deshielos de las montañas se infiltra en los terrenos permeables, comienza á descender y al brotar en un lugar donde el suelo le presenta poca resistencia se forma lo que se llama un *manantial* ó *fuentes natural*.

Para practicar un *pozo artesiano* se comienza á introducir en el suelo un tubo de hierro que va penetrando más y más hasta encontrar una capa permeable atravesada por las aguas. La profundidad de los pozos es variable y la temperatura del agua es siempre superior á la del ambiente. El pozo de Grenelle, en París, tiene 547 metros de profundidad.

#### CUESTIONARIO.

¿Cómo se enuncia el principio de Pascal?—De cuántas maneras son las presiones ejercidas por los líquidos?—Cómo se enuncia el principio de Arquímedes?—Cómo se determina la densidad de un sólido y cómo la de un líquido?—En qué consiste el nivel de agua y en qué el de burbuja de aire?



## Explicaciones del Profesor.

Los trabajos de Blas Pascal.—Las presiones del agua en las profundidades del mar.—El geómetra Arquímedes y sus trabajos.—La vejiga natatoria de los peces.—Las fuentes naturales.—Los trabajos de nivelación.—Las densidades de los planetas.

## V

## NEUMÁTICA.

SUMARIO.—La fuerza expansiva de los gases.—La presión atmosférica y sus efectos.—El experimento de Torricelli.—Los globos.—El sifón.—La máquina neumática.

Galileo fué el primero que comprobó que el aire pesaba, pesando un frasco lleno de aire comprimido y viendo que pesaba más que antes de que el aire fuera comprimido. El experimento se hace ahora de una manera inversa: se pesa un globo vacío, después se deja entrar el aire, se pesa de nuevo y se observa que el peso es mayor.

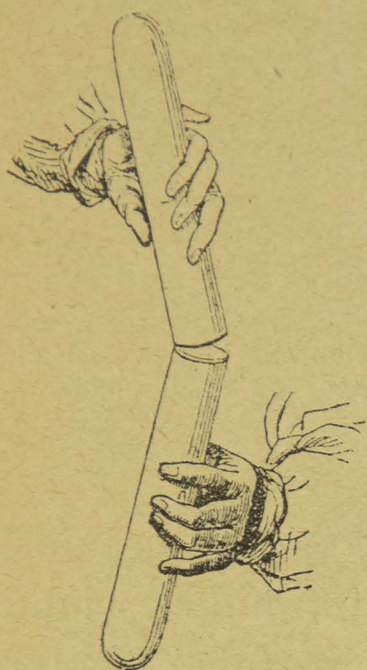
*Experimento.*—De uno de los platillos de la balanza hidrostática se cuelga un cilindro de cartón lleno de aire y se hace la tara en el otro platillo con municiones. En seguida se llena el cilindro con ácido carbónico y se ve que la balanza se inclina de este lado, lo que comprueba que el gas ácido carbónico pesa más que el aire atmosférico.

El aire es una mezcla gaseosa de oxígeno, nitrógeno, vapor de agua, ácido carbónico, argón y otros cuerpos. Lo que caracteriza á los gases es su *fuerza expansiva*



ó sea la constante repulsión en que se hallan sus moléculas, lo que hace que toda masa gaseosa tienda siempre á ocupar el mayor volumen posible.

*Experimento.*—Los gases, lo mismo que los líquidos,



pueden ser pasados de un vaso á otro. El experimento sale muy bien con el ácido carbónico, que es más denso que el aire. Se llena una probeta con gas ácido carbónico, se cubre con otra probeta igual llena de aire, y se invierte de manera que la probeta con carbónico quede arriba. A poco rato el gas carbónico se ha pasado á la parte inferior y el aire á la parte superior.

Fig. 32.—Los gases pueden pasarse de un vaso á otro.

Se convence uno acercando un cerillo á la boca de cada una de las probetas. En la inferior se apaga el cerillo y en la otra sigue ardiendo.

La atmósfera ejerce presión en todos sentidos y hay varios experimentos para demostrar este hecho.

*Experimento.*—Se hace uso de dos hemisferios huecos de latón de 10 á 12 centímetros de diámetro y que ajustan muy bien uno con otro. Uno de los hemisferios lleva una tuerca con llave que puede atornillarse en la platina de la máquina neumática y el otro tiene una argolla que sirve para colgarle; mientras existe aire dentro de los hemisferios pueden separarse con toda facilidad, pero si se hace el vacío y después se cierra la llave, se necesi-



ta una fuerza verdaderamente considerable para separarlos.

Otto de Guéricke, que fué el primero en hacer este experimento, construyó unos hemisferios de 65 centímetros de diámetro, hizo en ellos el vacío y poniendo cuatro grandes caballos que tiraban de cada uno de los hemisferios no consiguió que éstos se separasen.

Este experimento se conoce con el nombre de *los hemisferios de Magdeburgo*, por haber sido en esta ciudad holandesa donde por primera vez se verificó.

*Experimento.*—Para hacer el experimento del *rompevejigas*, se hace uso de un aparato que consiste en un cilindro de cristal abierto en las dos extremidades. En una de ellas se restira muy bien una membrana, atándola fuertemente, y la otra base se apoya en la platina de la máquina neumática, cuidando de untar sebo alrededor para oponerse á la entrada del aire. Al comenzar á hacer el vacío, se observa que la membrana se deprime y poco después se revienta, escuchándose una detonación por la repentina entrada del aire.

*Experimento.*—Hay un experimento muy sencillo para comprobar la presión del aire.

Se toma un vaso de cristal, se llena enteramente de agua y se cubre con una hoja de papel. En seguida, tomando el vaso con la mano derecha se apoya la palma

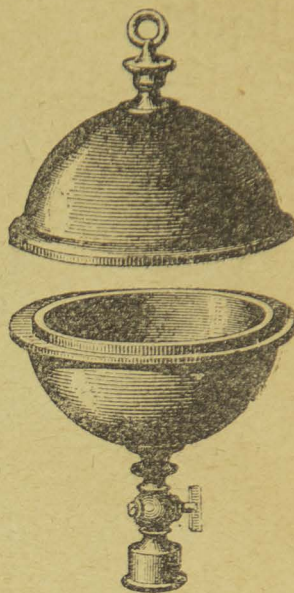


Fig. 33.—Los hemisferios de Magdeburgo.



de la izquierda en el papel, se invierte el vaso y quitando la mano izquierda el agua no se cae. El papel sólo tiene por objeto oponerse á la separación de las partículas líquidas.

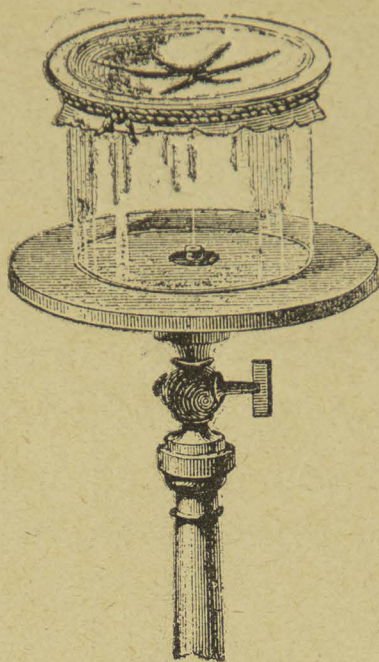


Fig. 34.—El rompe-vejigas.

*Experimento de Torricelli.*—Se toma un tubo de vidrio de unos 80 centímetros de longitud y de un centímetro de diámetro, se llena de mercurio puro, se tapa con el dedo, se invierte sobre una cuba que contenga mercurio y si después se quita el dedo se observa que el mercurio baja, quedando dentro del tubo una columna que mide  $0^m760$  contados del nivel del mercurio en la cuba al nivel del mercurio en el tubo. Esto es en el caso de que el experimento se haga al nivel del mar. Repetido en la ciudad de México, la altura de la columna es de 0.586, debido á que nuestra ciudad se encuentra á 2.265 metros sobre el nivel del mar. El espacio comprendido entre



el nivel del mercurio en el tubo y la extremidad cerrada del mismo se llama *cámara barométrica* ó *vacio de Torricelli*. Este aparato que desde luego se consideró

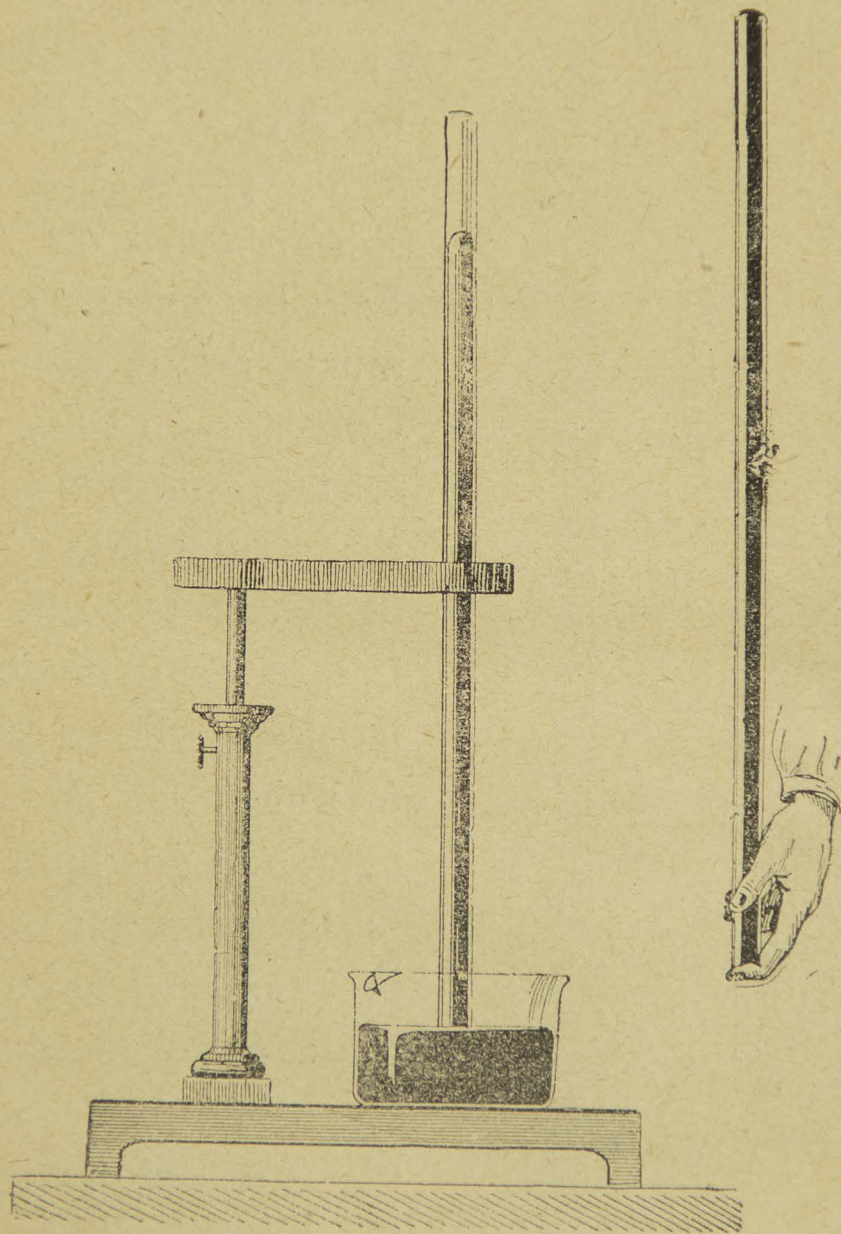


Fig. 35.—Experimento de Torricelli.

útil para la medida de la presión del aire se conoce con el nombre de *barómetro*. Cuando la presión del aire aumenta, la altura barométrica aumenta y se dice que el



barómetro *sube*; cuando la presión del aire disminuye, la altura de la columna barométrica también disminuye y entonces se dice que el barómetro *baja*. En vista de esto el nivel del mercurio en la cuba no es constante y ha-

bría que estar desalojando el cero de la escala, lo que no deja de ser un inconveniente grave.

*Barómetro de Fortin.*— Este barómetro se emplea mucho en los observatorios. Consiste en una cuba de cristal protegida por un estuche metálico. El fondo de la cubeta es de gamuza, la que se puede subir ó bajar por medio de un tornillo metálico. En la tapa de la cuba hay una punta de marfil, la cual debe estar siempre rozando apenas la superficie del mercurio de la cuba, logrando así que el cero esté siempre en el mismo lugar.

Para hacer la lectura del barómetro, se comienza por instalarlo verticalmente.

Después se mueve el tornillo hasta que la superficie libre del mercurio se ponga en contacto con la punta de

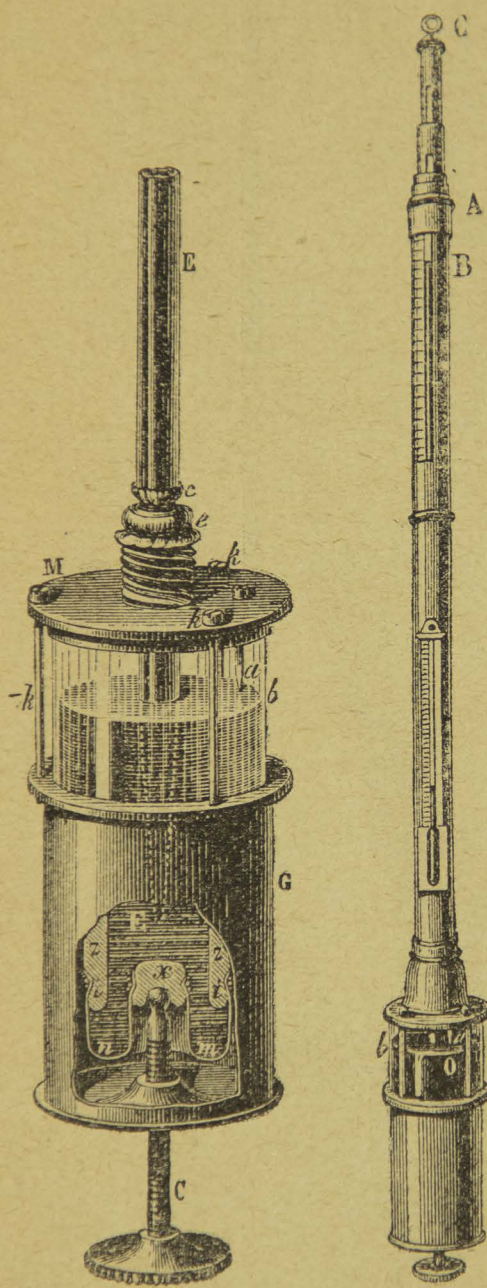


Fig. 36.—Barómetro de Fortin.



marfil. Como la superficie metálica hace veces de espejo plano, el contacto se efectuará en el instante en que se toquen la punta y su imagen.

El tubo barométrico está protegido por un estuche de metal que lleva dos ranuras longitudinales opuestas que permiten ver el mercurio. La graduación en milímetros está grabada en el estuche, y un vernier permite apreciar décimos ó vigésimos de milímetro.

El tornillo del vernier se mueve hasta que la parte inferior de éste sea tangente al menisco del mercurio.

*Los globos.*—En 1766 el célebre químico inglés Cavendish preparó el hidrógeno y demostró que es un gas mucho más ligero que el aire. En el año de 1782 Tiberio Cavallo logró llenar burbujas de jabón con gas hidrógeno y se elevaron rápidamente en el aire.

El experimento de Cavallo fué mencionado por el célebre Priestley en su "Tratado del aire," obra que fué traducida inmediatamente al francés, y cuya lectura inspiró probablemente á los dos hermanos Montgolfier, que fueron los verdaderos inventores de los globos.

En el mes de Noviembre de 1782 Esteban Montgolfier construyó un paralelepípedo hueco de seda, de dos metros cúbicos de capacidad, lo llenó de aire caliente, y vió, con gran gozo, que el globo se elevó hasta el techo de su habitación. Cuando estuvieron ya seguros del buen éxito, decidieron construir un aparato de grandes dimensiones y resolvieron llevar á cabo en una de las plazas de la ciudad de Annonay un experimento solemne para dar á conocer al público su invento.



El experimento se efectuó en Annonay el día 4 de Junio de 1783 en presencia de toda la población.

Los globos modernos se construyen con grandes gajos de tafetán de seda que se cosen muy bien unos con

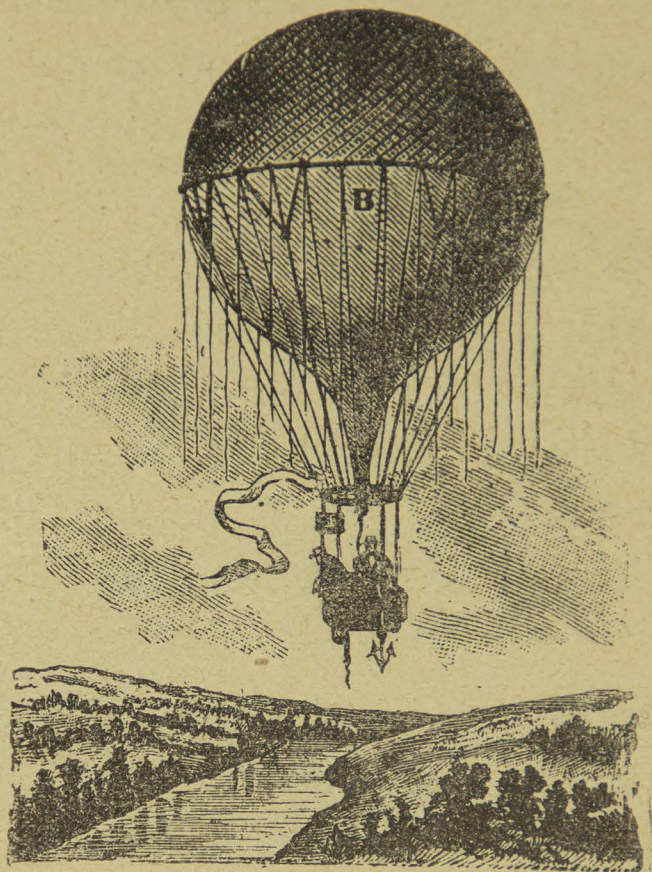


Fig. 37.—Un aeróstato.

otros y luego se cubren con una capa de barniz de cau-chú, que los hace impermeables á los gases. En la parte superior hay una válvula con un resorte, y que el aeronauta puede abrir ó cerrar á voluntad por medio de una cuerda. El globo va cubierto con una red y de ésta pende una canastilla de mimbre, en la cual pueden caber varias personas.

Un globo de dimensiones ordinarias, que pueda llevar á tres personas, tiene aproximadamente 15 metros de altura y 11 metros de diámetro; su volumen, ya que está



inflado completamente, es de 700 metros cúbicos, y la cubierta pesa 100 kilogramos.

Los globos se llenan con gas hidrógeno puro ó con gas de alumbrado. Aun cuando el gas hidrógeno puro es menos denso que el gas de alumbrado, se prefiere el empleo de este último por la facilidad que hay para obtenerlo.

Todo aeronauta debe llevar á bordo un barómetro, un termómetro, un higrómetro y una colección de sacos llenos de arena que sirvan de lastre.

Las ascensiones aerostáticas han prestado importantísimos servicios á la ciencia y muchos sabios han arriesgado sus vidas por hacer algún estudio de interés. En una ascensión verificada por los Sres. Glaisher y Coxwell el 5 de Septiembre de 1862, poco antes de llegar á los 10,000 metros de altura el Sr. Glasheir notó que había perdido el movimiento del brazo derecho; quiso mover el brazo izquierdo y estaba igualmente paralizado. El célebre físico perdió por completo la sensación visual, quiso hablar y no pudo, y al fin cayó desvanecido.

*Sifón.*—El *sifón* es un tubo encorvado, de ramas desiguales, que sirve para pasar líquidos de un vaso á otro; la rama más corta es la que se sumerge en el líquido que se va á pasar.

Para servirse del sifón hay que comenzar por *cargarlo*, es decir, llenarlo del líquido. Esto puede hacerse directamente, ó si no absorbiendo el aire por la extremidad libre del tubo para que el sifón se cargue por efecto de la presión atmosférica.



Para cargar el sifón se puede absorber con la boca; sin embargo, como el líquido pudiera ser nocivo, venenoso ó de mal sabor, entonces se usa de un sifón que

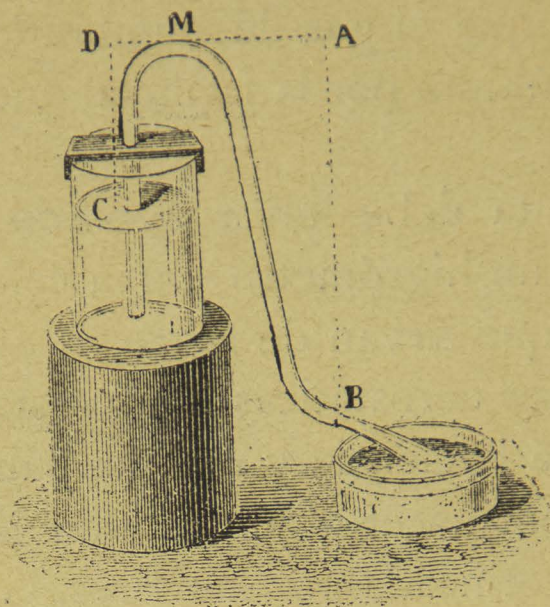
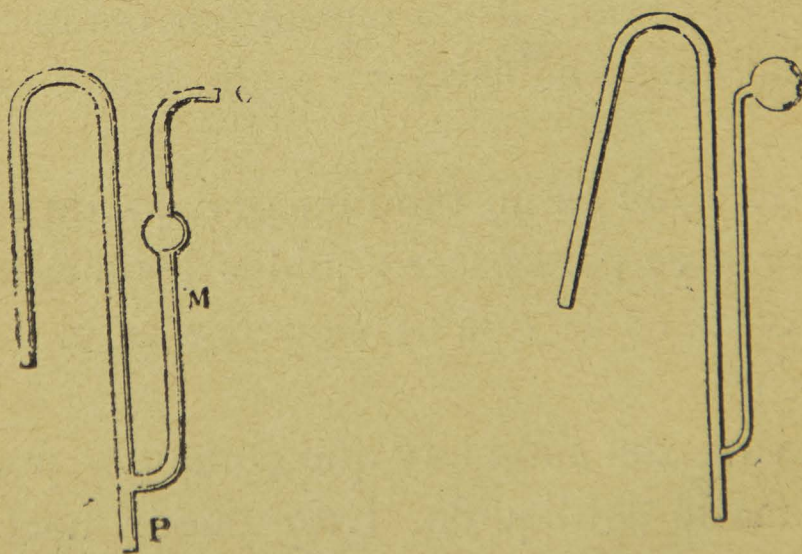


Fig. 38.—El sifón.

tiene un segundo tubo paralelo á la rama grande; por este segundo tubo es por el que se absorbe, y ya que se



Figs. 39 y 40.—Sifones de seguridad.

ve que el líquido va á comenzar á subir, se quita el dedo con que se estaba tapando la extremidad libre del tubo



y se deja que continúe el escurrimiento. Es conveniente que en esta extremidad haya una llave de cristal, pues si se tratara, por ejemplo, de trasvasar ácido sulfúrico ó nítrico, se correría el riesgo de sufrir quemaduras en la piel.

En el sifón representado por la fig. 39 se absorbe por O estando tapada la extremidad P, y ya que se va á llenar la bola M se destapa la parte P y por aquí se seguirá el escurrimiento. En el sifón representado en la figura 40 se calienta el pequeño globo de vidrio, el aire se dilata y sale en cantidad suficiente para que el sifón se cargue por efecto del enfriamiento.

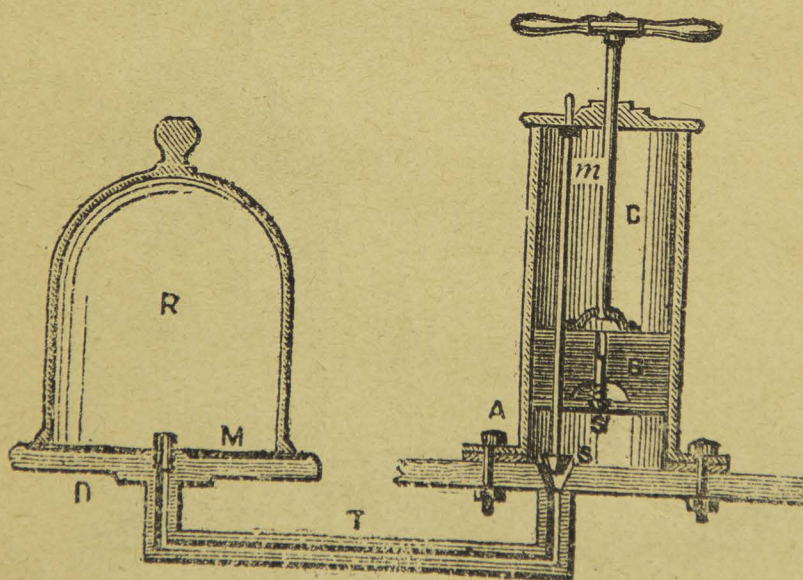


Fig. 41.—Máquina neumática de un cuerpo de bomba.

*Máquina neumática.*—La máquina neumática inventada por Otto de Guéricke, burgomaestre de Magdeburgo en 1650, sirve para hacer el *vacío* en un espacio dado, ó mejor dicho, para enrarecer el aire, pues no es posible hacer el vacío absoluto.



La máquina neumática se compone de uno ó dos cuerpos de bomba C que comunican, por medio de un canal de aspiración T, con un platillo perfectamente pulido M, llamado *la platina*, donde se coloca la campana ó el vaso R en que se va á enrarecer el aire. En el cuerpo de bomba hay un émbolo B de cuero untado de aceite que tiene una válvula S' que se abre de abajo arriba y una varillita que, al bajar el émbolo, cierra la abertura S del canal de aspiración.

Cuando sube el émbolo se abre esta abertura y el aire de la campana y del canal de aspiración se precipita, por su fuerza elástica, al vacío que tiende á formarse debajo

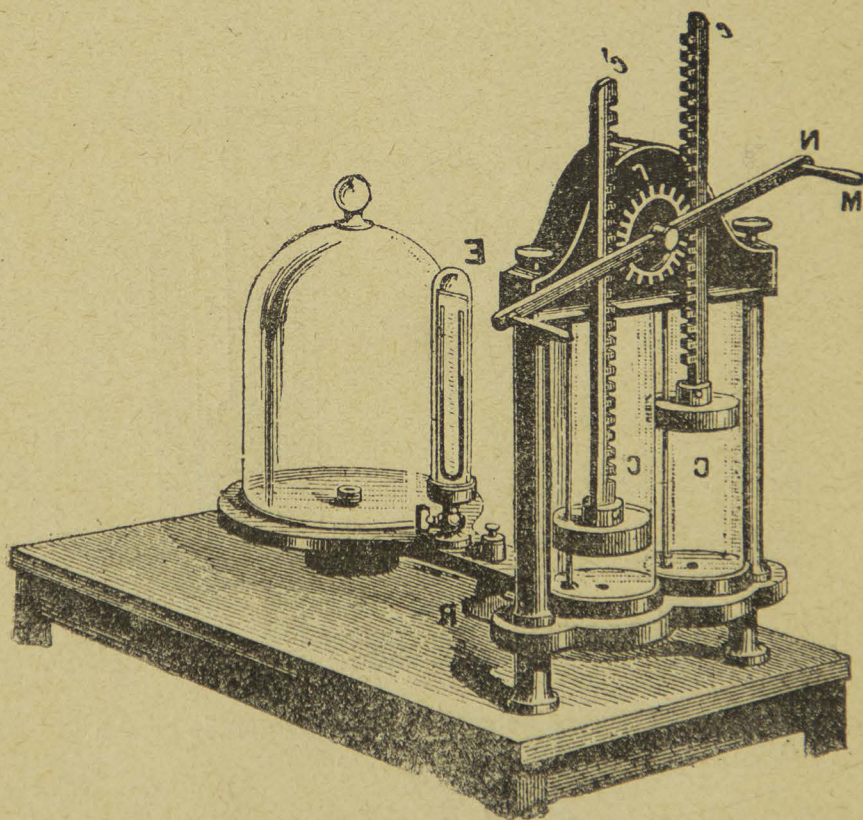


Fig. 42.—Máquina neumática de dos cuerpos de bomba.

del émbolo. Cuando el émbolo baja se cierra la abertura del canal de aspiración y entonces se empieza á comprimir el aire contenido en el cuerpo de bomba hasta que



adquiere una fuerza elástica suficiente para abrir la válvula del émbolo y escaparse al exterior.

Los siguientes golpes de émbolo van produciendo el mismo resultado y el grado de enrarecimiento es indicado por un barómetro de sifón E, que comunica con el canal de aspiración.

Por bien hecha que esté una máquina neumática no es posible evitar debajo de los émbolos un *espacio nocivo*, donde se aloja una pequeña cantidad de aire.

Por lo tanto, cuando el enrarecimiento es exagerado, llega un momento en que el aire contenido en el espacio nocivo ya no adquiere tensión suficiente para levantar la válvula, y desde este momento la máquina ya no puede funcionar.

#### CUESTIONARIO.

¿Cuál es la propiedad característica de los gases?—Con qué experimento se puede demostrar la presión atmosférica?—Cómo es el barómetro de Fortin?—Cómo son los globos modernos?—Describa vd. el sifón y la máquina neumática.

#### Explicaciones del Profesor.

Ideas de los antiguos respecto del aire.—Los trabajos de Otto de Guéricke.—Historia del Barómetro.—Empleo del aire comprimido en la industria.—Servicio que han prestado á la ciencia las ascensiones areostáticas.

---

## VI

### ACÚSTICA.

SUMARIO.—Cuerpos sonoros.—Propagación del sonido.—Reflexión.—El eco.—Cuerdas y tubos.—El fonógrafo.

*Experimento.*—Tómese un diapasón y péguese con una de sus ramas contra un cuerpo resistente. El instrumen-



to producirá un sonido, pero muy débil; apoyemos ahora el pie del diapasón sobre una mesa ó sobre una caja de madera y observaremos que aumenta notablemente la intensidad del sonido.

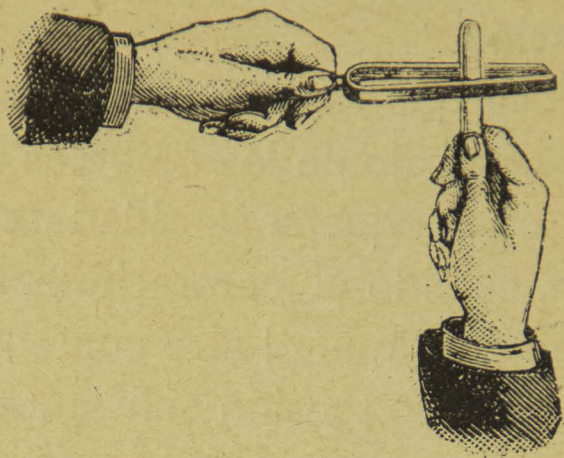


Fig. 43.—El diapasón.

El sonido es el resultado de las vibraciones de la materia y la parte de la Física que se ocupa de estudiar los fenómenos sonoros se conoce con el nombre de *Acústica*.

*Experimento.*—Se hace sonar el diapasón y acercando poco á poco una de sus ramas á una esferita metálica suspendida de un hilo, se verá que la esfera es rechazada con fuerza, lo que comprueba los movimientos vibratorios del diapasón. Puede también hacerse la demostración tomando horizontalmente con la mano una campana de cristal, dentro de la cual hemos colocado una poca de marmaja y haciendo sonar la campana, ya sea dándole un golpe ó frotándola con un arco de violín, se verá que las partículas de marmaja saltan vivamente.

Los cuerpos sonoros son aquellos susceptibles de entrar en vibración; sin embargo, estas vibraciones tienen un límite y deben estar comprendidas entre 16 y 30,000.



*El sonido no se propaga en el vacío.*—Para comprobar este hecho se coloca debajo del recipiente de la máquina neumática un timbre que se puede hacer sonar á voluntad, ya sea por medio de la electricidad ó por medio de un vástago. Cuando la campana todavía contiene aire se oye muy bien el sonido del timbre; pero conforme va-

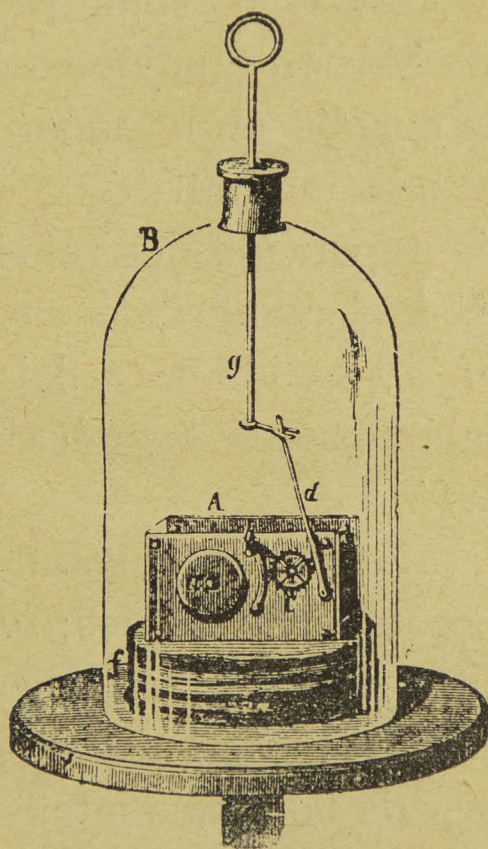


Fig. 44.— El sonido no se propaga en el vacío.

mos enrareciendo el aire, el sonido se va debilitando hasta que casi ya no se percibe. No todos los cuerpos conducen el sonido con la misma velocidad. Los sólidos conducen el sonido mejor que los líquidos y éstos mejor que los gases.

Para determinar la velocidad del sonido en los gases hicieron en Francia unos experimentos con dos cañones



que estaban colocados á una distancia de 18,612 metros. Cada diez minutos disparaban un cañonazo, y midiendo el tiempo transcurrido entre la aparición de la luz y la percepción del sonido se determinó que el sonido camina en el aire con una velocidad de 340 metros por segundo, suponiendo el aire á la temperatura de 16 grados.

En el agua la velocidad del sonido es de 1,435 metros por segundo, y en el hierro fundido es de 14,350 metros. Nadie ignora que cuando en un lugar despejado, en un bosque ó cerca de una montaña ó de un muro se da un grito se escucha la repetición del ruido. Este fenómeno que conocemos con el nombre de *eco*, se debe á la reflexión del sonido. El sonido se refleja lo mismo que la luz y el calor, formándose un *ángulo de incidencia igual al ángulo de reflexión*.

Las cualidades principales del sonido son: *altura*, que depende del número de vibraciones; *intensidad*, que depende de la amplitud de las vibraciones y *timbre*, que es la cualidad que nos sirve para distinguir á dos sonidos de la misma altura y de la misma intensidad, pero producidos por instrumentos diferentes.

Se da el nombre de cuerdas á unos cuerpos que tienen la forma de hilos delgados de intestino ó de metal y que presentan la elasticidad de tensión. Para hacer vibrar una cuerda se la tiende entre dos puntos fijos y se excita con un arco ó con los dedos.

Las vibraciones pueden ser transversales ó longitudinales. Lo primero cuando se verifican perpendicularmente á la longitud de la cuerda, y lo segundo cuando se producen en el sentido de la longitud de la cuerda.



Las vibraciones de las cuerdas están sometidas á cuatro leyes que podemos enunciar en una sola:

*Una cuerda dará un sonido tanto más agudo, cuanto sea más delgada, más corta, más tirante y menos densa. Con mayor propiedad: Los números de vibraciones de las cuer-*

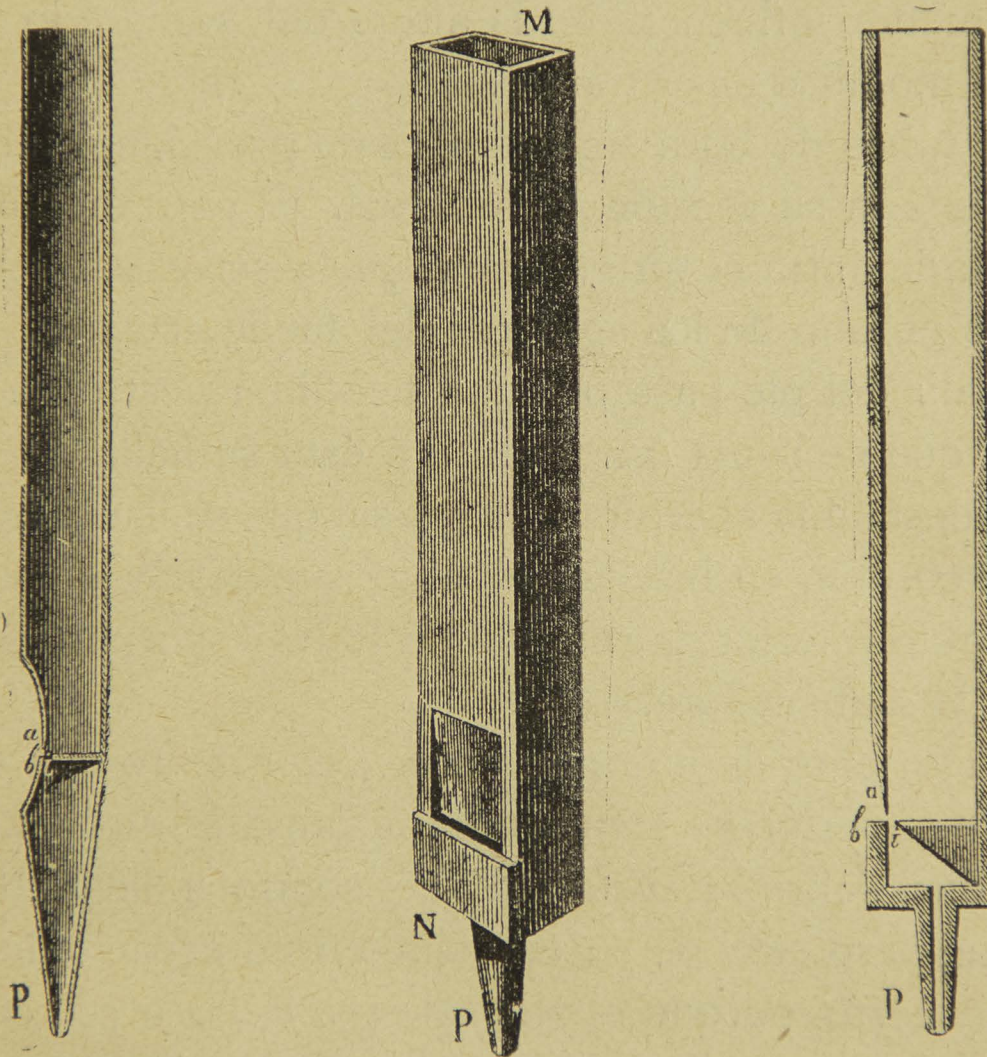


Fig. 45.—Tubos de boca.

*das son proporcionales á la raíz cuadrada del peso que la tiende y están en razón inversa de la longitud de la cuerda, de su diámetro y de la raíz cuadrada de su densidad.*

Los tubos sonoros sirven para poner en evidencia que los gases pueden entrar en vibración lo mismo que los



sólidos y los líquidos. Los tubos empleados en los instrumentos son por lo general cilíndricos ó prismáticos, y se construyen de metal ó de madera. Se dividen en *tubos de boca* y *tubos de lengüeta*, según el procedimiento empleado para poner en vibración la columna de aire que encierran. La materia de que está hecho el tubo no ejerce la menor influencia en la altura del sonido; lo único que se modifica es el timbre.

Los tubos de boca son siempre de gran longitud comparados con su sección transversal. El extremo inferior por donde entra el aire se llama *pie* y sirve para colocar el tubo en uno de los agujeros del fuelle acústico. El aire al salir del pie pasa por una hendidura estrecha y pequeña que se llama *luz*. Frente á ésta se halla en la pared opuesta una abertura transversal que se llama *boca*. El borde cortado en bisel es el labio superior y el borde *b* es el labio inferior; la reunión de todas estas partes constituye la embocadura.

La corriente de aire que entra por P se rompe contra el labio superior, se comprime y á causa de su elasticidad reacciona sobre la corriente que continúa llegando y la detiene; pero esto no sucede sino en un espacio de tiempo muy corto, porque el aire sale por la boca y la corriente que entra por el pie sigue su camino. De aquí resultan vibraciones que producen el sonido.

En los tubos llamados de lengüeta el aire entra en vibración mediante una pieza elástica especial llamada *lengüeta* y que puede ser fija ó libre.

Cuando llega la corriente de aire la lengüeta choca contra los bordes del conducto, produciéndose un sonido tan-



to más agudo, cuanto más rápida es la corriente de aire y más numerosas las vibraciones de la lengüeta.

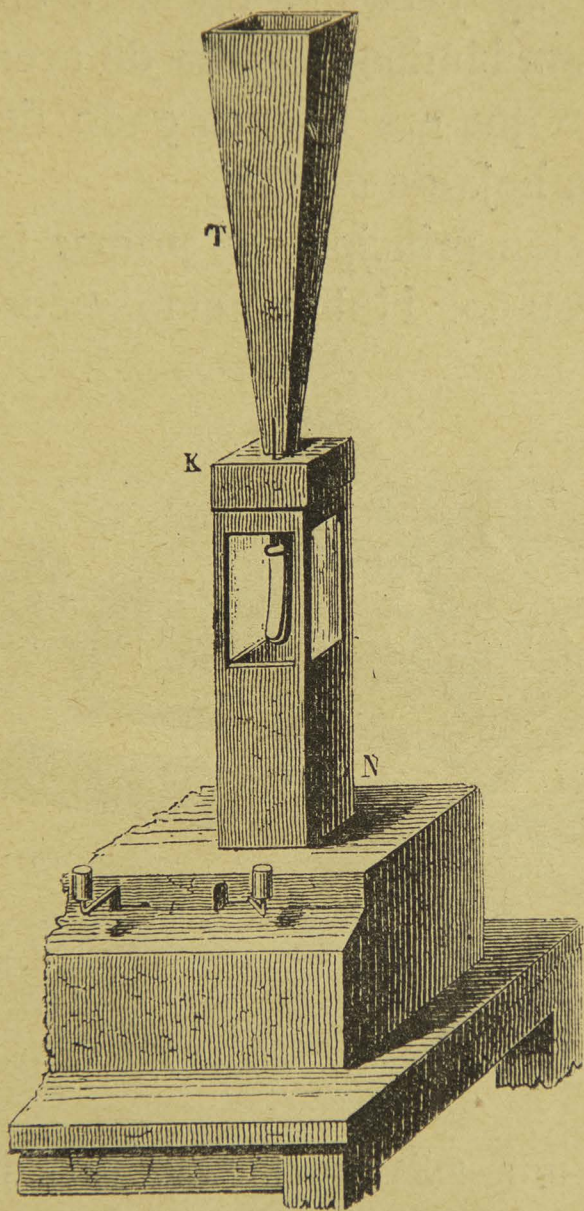


Fig. 46.—Tubo de lengüeta.

*El fonógrafo.*—El fonógrafo es un instrumento que sirve para grabar los sonidos de manera que puedan ser repetidos indefinidamente.

El primer fonógrafo de Edison consistía en un cilindro metálico que podía girar alrededor de un eje horizontal y trasladarse al mismo tiempo por medio de una manive-



la. La superficie del cilindro llevaba una ranura helicoidal que se cubría con una hoja de papel de estaño. Sobre esta hoja se apoyaba una bocina ó embocadura cuyo fondo llevaba una lámina delgada de acero con un punzoncito metálico que era el encargado de transmitir las vibraciones á la hoja de estaño.

La imperfección principal del primer fonógrafo residía en la hoja de estaño. Hubiera sido necesario reemplazar

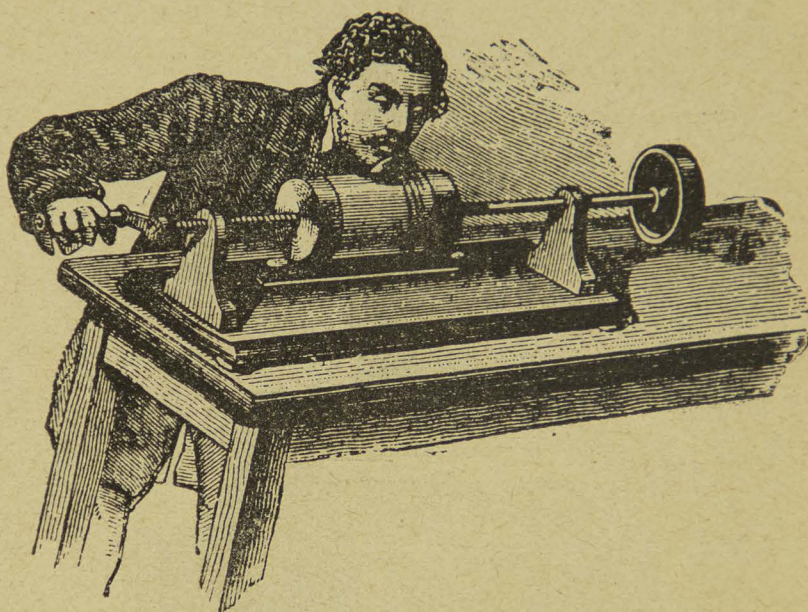


Fig. 47.—El primer fonógrafo de Edison.

este metal por una substancia á la vez bastante blanda para recibir las menores huellas de la presión del estilete y bastante dura para conservarlas y permitir su exacta reproducción. Se presentaba en este asunto una dificultad análoga á la de la fabricación de los caracteres de imprenta: el plomo se aplastaba en la prensa, el antimonio se rompía. Una mezcla conveniente de los dos metales dió las cualidades apetecidas.

Ahora bien: de igual manera, el Sr. Summer Tainter,



de Washington, acababa de encontrar la substancia indispensable al fonógrafo.

Bajo el nombre de grafófono, Tainter había imaginado, en 1885, un aparato inscriptor y reproductor de la palabra. Abandonando el uso defectuoso del estaño logró, tras largas y penosas investigaciones, encontrar una substancia perfecta en la mezcla de varias ceras de origen y cualidades diferentes.

Desde entonces el grafófono fué un instrumento perfecto y el fonógrafo no tardó mucho en serlo.

La hoja primitiva de estaño ha sido reemplazada por un cilindro de cera de 115 milímetros de longitud y 50 milímetros de diámetro.

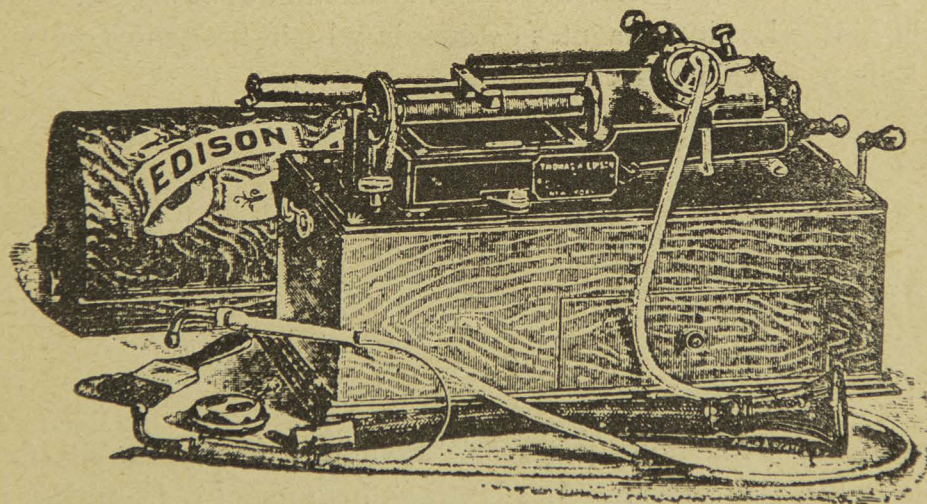


Fig. 48.—El fonógrafo moderno.

En el modelo antiguo de fonógrafo, el cilindro, además de girar sobre su eje, se iba trasladando; en el modelo actual el cilindro no tiene otro movimiento que el de rotación y el diafragma es el que se va trasladando de izquierda á derecha.

Para grabar la voz humana en los tubos de cera del fonógrafo, se cambia el diafragma reproductor por el



grabador y se apoya la punta de zafiro sobre el cilindro, en seguida se habla frente á la bocina con voz lenta, fuerte y clara y entonces el estilete va marcando en el cilindro una huella finísima. Después basta volver á colocar el diafragma reproductor para que inmediatamente se escuchan las mismas palabras que se acaban de pronunciar.

### CUESTIONARIO.

¿De qué trata la Acústica?—Qué se entiende por cuerpos sonoros?—Cómo se refleja el sonido?—A qué leyes están sujetas las vibraciones de las cuerdas?—Qué se entiende por tubo sonoro?—Cómo era el primer fonógrafo de Edison y qué modificaciones ha recibido?

### Explicaciones del Profesor.

El sonido y el ruido.—Experimentos de la Academia de Longitudes, de Colladon y Sturm y de Biot.—Los instrumentos de cuerda y los instrumentos de viento.—Ecos notables.—Edison, su vida y sus inventos.

---

## VII

### ÓPTICA.

SUMARIO.—Cuerpos luminosos y opacos.—Sombra y penumbra.—Reflexión y Refracción de la luz.—El prisma.—Las lentes.—Instrumentos de óptica.

*Cuerpos luminosos y opacos.*—Se da el nombre de cuerpos luminosos á los que emiten luz como el sol y las sustancias ígneas; cuerpos opacos son aquellos que no se dejan atravesar por la luz, como las maderas y los metales; los metales, sin embargo, reducidos á hojas muy delgadas dejan pasar la luz. Cuerpos diáfanos ó transparentes son los que fácilmente dejan pasar la luz y á través de los cuales se pueden percibir los objetos como el agua,



el aire y el vidrio. Por último, cuerpos translúcidos son los que permiten el paso de la luz, pero no dejan ver los objetos colocados del otro lado, como el vidrio apagado y el papel de China.

*Haz luminoso.*—Se llama haz luminoso un conjunto de rayos que tienen el mismo origen. El conjunto de rayos luminosos emitidos por una misma estrella forman un *haz paralelo*; los rayos luminosos salidos de un manantial luminoso artificial forman un *haz de luz divergente*.

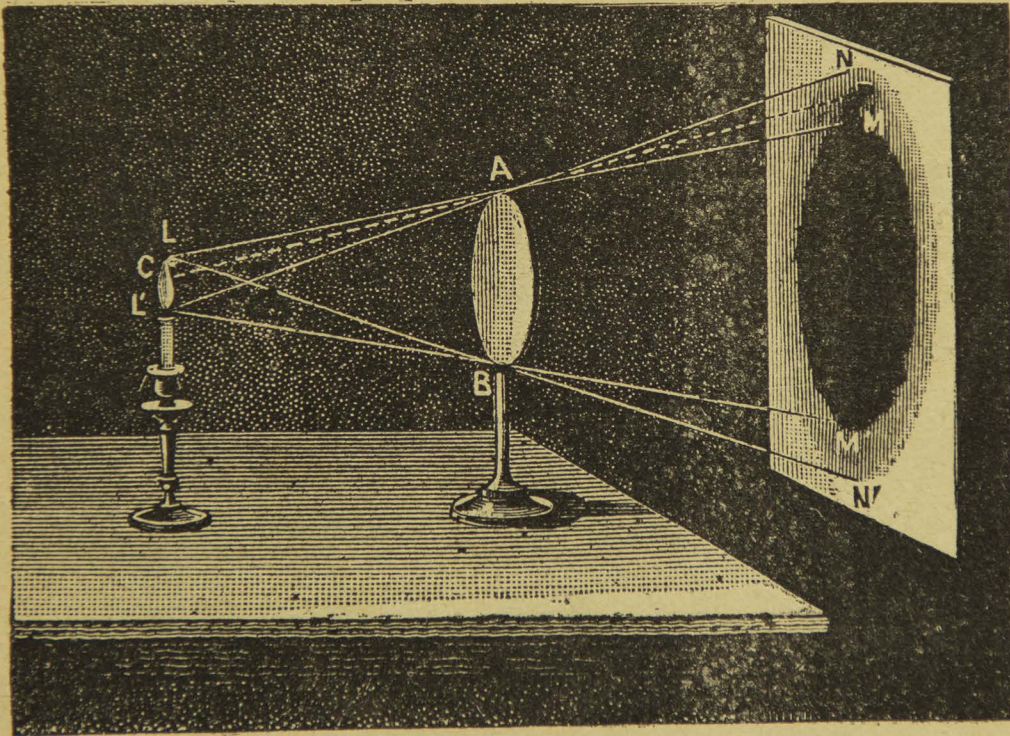


Fig. 49.—Sombra y penumbra.

Tomemos como manantial luminoso la flama L L' de una bujía delante de la cual colocamos una pantalla circular A B paralela á uno de los muros de la sala. Obtendremos sobre el muro una *sombra* circular M M' y alrededor de esta sombra se formará una *penumbra* N N'



fuera de la cual el muro queda iluminado por toda la flama de la bujía.

La sombra es aquella parte en que un cuerpo opaco impide la llegada de la luz, y se obtiene gráficamente llevando las tangentes exteriores del cuerpo luminoso á los bordes del cuerpo opaco; la penumbra es la zona sombría intermediaria entre la sombra y la luz, y se obtiene trazando las tangentes interiores  $L N'$  y  $L' N$ .

*La intensidad de la luz en una superficie dada, está en*

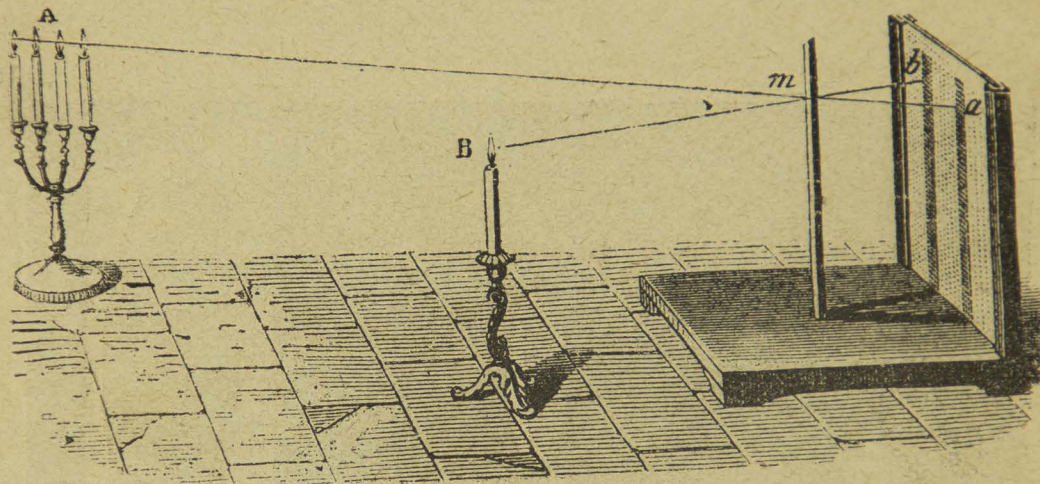


Fig. 50.—Fotómetro de Rumford.

*vazón inversa del cuadrado de la distancia al foco luminoso.*

Esta ley se demuestra por medio de los *fotómetros*, aparatos que también sirven para medir las intensidades relativas de dos luces.

*Experimento.*—El fotómetro de Rumford se compone de una pantalla de cristal despulido, fija sobre una plancha horizontal de madera. Delante de la pantalla está una varilla vertical  $m$  destinada á producir las sombras que se van á comparar. Supongamos que á cierta distancia de la pantalla colocamos una vela encendida. La luz



de esta vela hará que la varilla produzca una sombra sobre el cristal despulido. Si á una distancia doble colocamos otra vela igual, la varilla producirá otra sombra, pero mucho menos intensa que la primera. Añadiendo velas á la que está colocada más lejos, veremos que al reunirse cuatro velas se igualan las intensidades de las dos sombras, lo que comprueba la primera ley, pues al hacerse la distancia doble, el poder luminoso de cada vela se redujo á la cuarta parte y naturalmente necesitamos cuatro velas para obtener el efecto de una sola colocada á la distancia—unidad. Si la distancia se hace triple necesitaríamos nueve velas.

*Experimento.*—La luz se propaga en línea recta cuando camina en un medio homogéneo.

Para convencerse de esto se coloca una frente á otra tres pantallas de metal pintadas de negro, las tres del mismo tamaño y cada una lleva en el centro un agujero circular. Colocadas las tres pantallas paralelamente y con sus pies sobre una misma línea recta, previamente trazada sobre la mesa, es claro que los tres agujeros quedarían también en línea recta. Ahora bien, si frente al agujero de la primera pantalla colocamos la flama de una vela y dirigimos una visual por el agujero de la tercera pantalla, observaremos claramente la flama; pero basta desviar un poco la segunda pantalla para que la flama deje de percibirse, porque entonces los agujeros no están en línea recta.

*Imágenes á través de las pequeñas aberturas.*—Cuando sobre una pantalla blanca se reciben los rayos luminosos que penetran en un cuarto obscuro por una pe-



queña abertura, se observan claramente las imágenes de los objetos exteriores, nada más que invertidas. Además, la forma de estas imágenes es independiente de la forma del agujero. Si las imágenes se invierten se debe á que los rayos luminosos que proceden de los objetos exteriores se cruzan al pasar por el agujero y como si-guen propagándose en línea recta, puesto que no cambian de medio, los rayos salidos de los puntos más altos van á herir la pantalla en los más bajos y recíproca-mente.

La demostración de que la imagen es independiente de

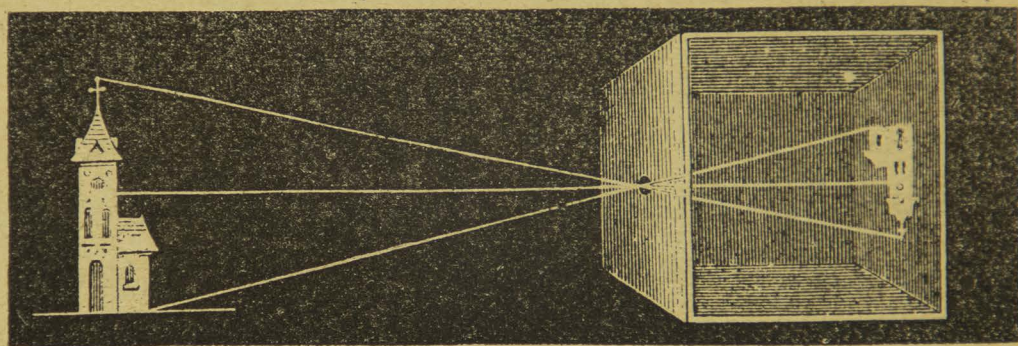


Fig. 51.—Imagen á través de una pequeña abertura.

la forma del agujero se hace sencillamente observando que en la sombra de los árboles todas las imágenes del Sol se ven circulares ó elípticas, mientras que los intersticios que quedan entre las hojas distan mucho de tener cualquiera de esas dos formas.

Se entiende por *reflexión* el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al chocar contra una superficie pulida.

Consideremos, por ejemplo, la superficie A B y que sobre ella en el punto R caiga un rayo C' R, éste se refle-



ja en la dirección  $R C$ . Levantando en  $R$  una línea  $R D$  perpendicular á la superficie  $A B$ , quedarán formados dos ángulos  $C' R D$ , que se llama ángulo de incidencia y  $D R C$  ángulo de reflexión.

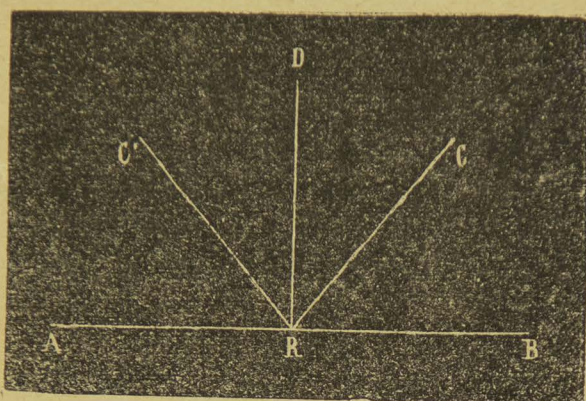


Fig. 52.—Reflexión de la luz.

Las leyes á que está sujeto el fenómeno de la reflexión son dos:

1.<sup>a</sup> *El ángulo de incidencia es igual con el ángulo de reflexión.*

2.<sup>a</sup> *El rayo incidente y el rayo reflejado se encuentran en un mismo plano perpendicular á la superficie reflectora.*

Se entiende por *refracción* de la luz el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al pasar *oblicuamente* de un medio á otro de distinta densidad.

Antes de emprender el estudio de las leyes de la refracción, supongamos un rayo luminoso  $S I$  que va á pasar del aire al agua. Si al penetrar al agua no se refractara, seguiría la dirección  $I H$ , que es la prolongación de  $S I$ ; pero como pasa de un medio *menos denso*, como el aire, á uno más denso, que es el agua, se desvía según  $I R$ , acercándose á la normal  $I N'$ . El ángulo  $S I N$  se



llama *ángulo de incidencia* y el ángulo  $R I N'$  se llama *ángulo de refracción*. En este caso se ve que el ángulo de refracción es menor que el de incidencia.

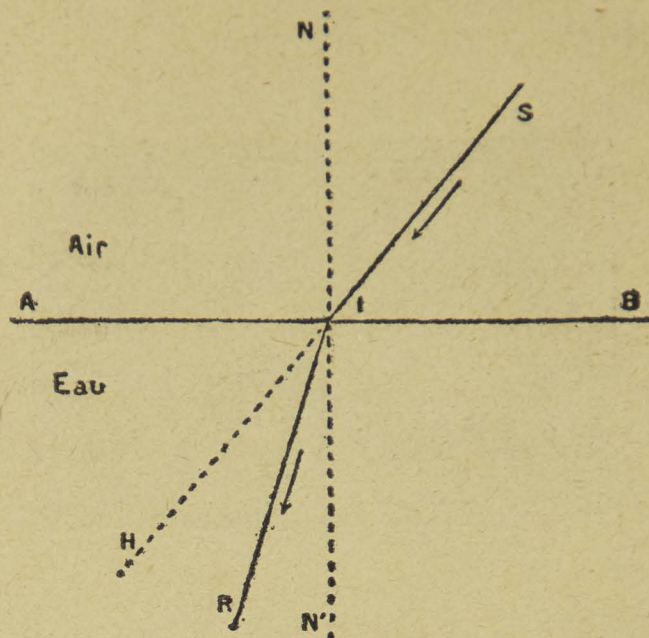


Fig. 53.—Rayo que pasa de un medio menos denso á más denso.

Pero supongamos que el rayo luminoso S I parta del

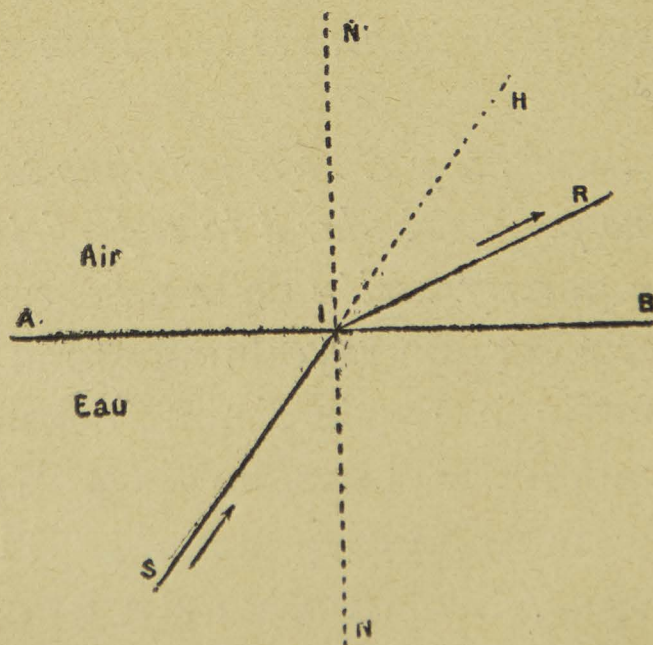


Fig. 54.—Rayo que pasa de medio más denso á menos denso.

agua para salir al aire. Si no se refractara seguiría la dirección I H; pero como sale del agua, medio más denso,



al aire, medio menos denso, se separa de la normal y sigue la dirección I R. El ángulo S I N es el de incidencia y el ángulo R I N' es el de refracción. En este caso el ángulo de refracción es mayor que el de incidencia.

#### PRISMAS.

El prisma óptico no es igual al prisma geométrico. En Optica se entiende por *prisma* todo medio transparente limitado por dos caras planas inclinadas una sobre otra. La intersección de estas caras es una línea que se llama *arista* del prisma, y el ángulo diedro formado por ella, se denomina el *ángulo refringente* del prisma. En la fig. 55

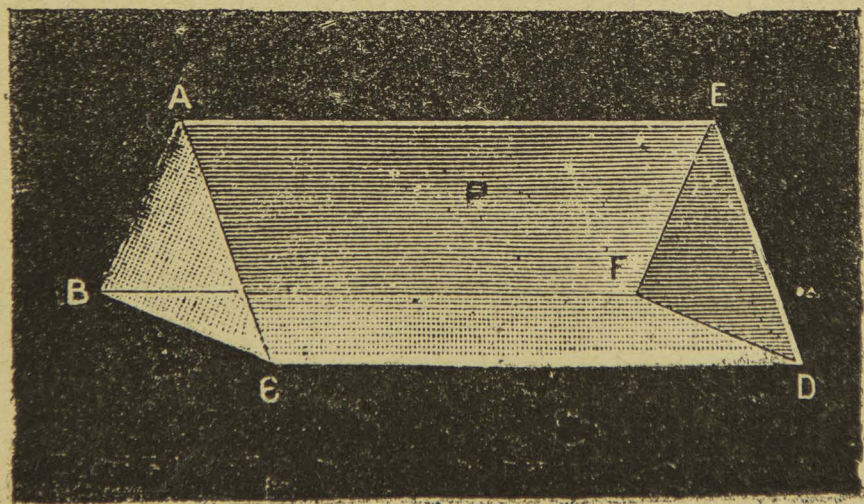


Fig. 55 — El prisma.

las superficies planas A C D E y A B F E son las caras del prisma; la línea A E es la arista del prisma, la superficie B C D F es la base, y el ángulo B A C es el ángulo de refringencia. Si cortamos el prisma por un plano perpendicular á la arista obtendremos por sección un



triángulo, y es precisamente en una sección en donde estudiaremos la marcha de la luz en un prisma.

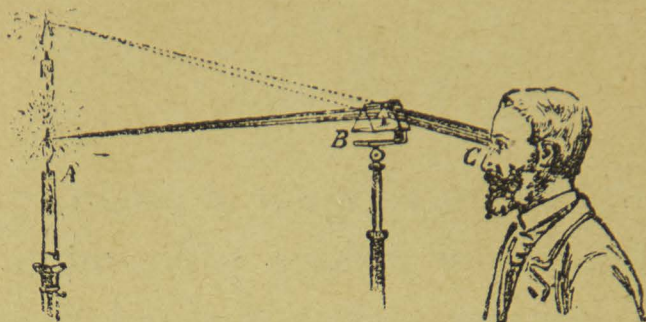


Fig. 56.—Imagen á través de un prisma.

*Experimento.*—Un observador colocado frente á un prisma de arista horizontal verá una imagen virtual y elevada en el sentido vertical, de una vela colocada del otro lado.

El fenómeno de la desviación de la luz en un prisma no es tan sencillo como á primera vista parece, según vamos á ver.

*El espectro.*—Cuando la luz blanca del sol ó de un cuerpo sólido incandescente pasa á través del prisma no solamente hay refracción, sino que la luz blanca se descompone en *otras varias luces de diversa coloración*. El gran físico Isaac Newton fué quien descubrió y estudió este fenómeno, al cual dió el nombre de *dispersión*.

*Experimento.*—Por un agujero practicado en la puerta de un cuarto obscuro hacemos pasar un haz de luz solar, que recibimos en un prisma de cristal. La luz se refracta y al recibir en una pantalla un haz divergente observaremos una faja alargada en la que hay colores de muy



diversos tonos; pero los siete dominantes son los siguientes en su orden respectivo:

*Rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, indigo, violado.*

Newton dió á esta faja que contiene los colores del arco-iris el nombre de *espectro solar*. El violado es el que ocupa mayor extensión en el espectro y el amarillo es el que ocupa menos espacio.

En los espectros de las luces artificiales sólo se observan los colores del espectro solar dispuestos en el mismo orden; pero, en general, faltan algunos, y la intensidad

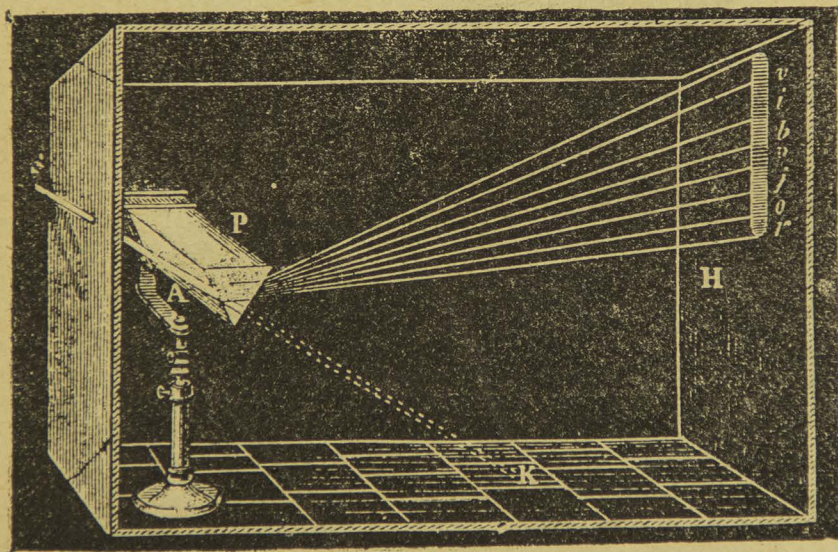


Fig. 57.—La descomposición de la luz.

relativa no es la misma. En las llamas artificiales el color que se hace más notable es el predominante en la flama. Así es que una flama amarilla produce un espectro en que domina el color amarillo; una flama verde da un espectro en que el color verde es el que domina.

*Disco de Newton.*—Newton ideó un experimento para producir la sensación de la luz blanca construyendo un disco de cartón de 30 centímetros de diámetro próxi-



mamente. El centro y los bordes son negros, y en el intervalo hay pegadas tiritas de papel rojas, anaranjadas, amarillas, verdes, azules, índigo y violadas, que van de la zona central á la circunferencia, formando tres, cuatro ó

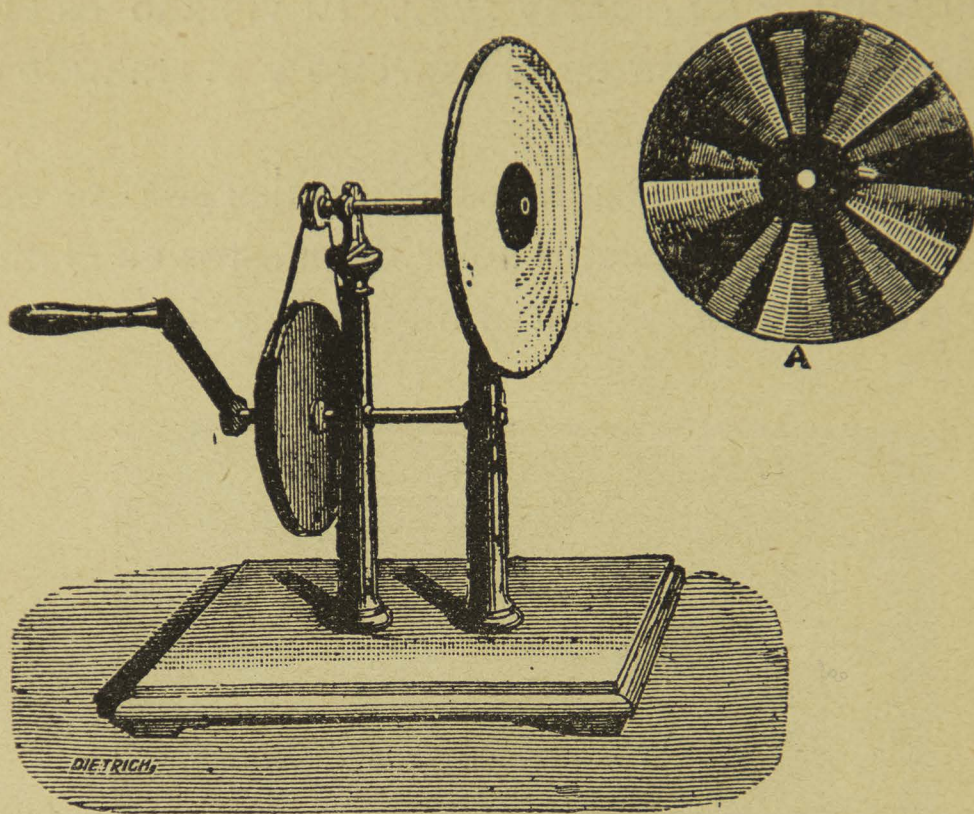


Fig. 58 —Disco de Newton.

más espectros sucesivos. Imprimiendo al disco un rápido movimiento de rotación, la retina recibe casi simultáneamente la impresión de los siete colores y el disco parece casi blanco. No se puede obtener un color netamente blanco por la dificultad en imitar con exactitud los tintes del espectro.

#### INSTRUMENTOS DE ÓPTICA.

En los *instrumentos de óptica* se emplean unos aparatos llamados *lentes*.



Se da el nombre de *lentes* á unos medios transparentes limitados por caras curvas. Combinando las caras curvas entre sí ó con caras planas, resultan las seis clases de lentes que siguen: *biconvexa*, *plano-convexa*, *convexo-cóncava*, *bicóncava*, *plano-cóncava* y *cóncavo-convexa*.

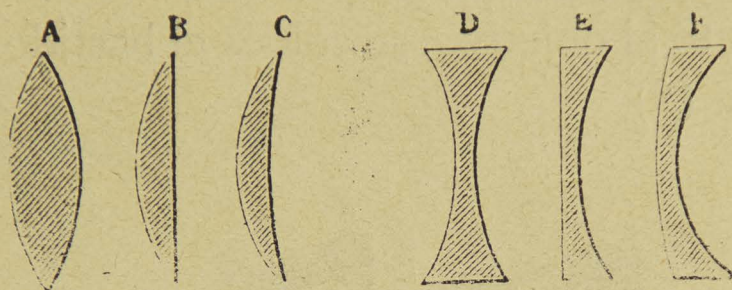


Fig. 59.—Diversas clases de lentes

Las lentes refractan la luz haciendo converger ó diverger á los rayos luminosos que las atraviesan.

Las lentes se construyen de *crown-glass*, vidrio que contiene escasa cantidad de plomo, ó de *flint-glass*, vidrio que contiene mucho plomo y que es más refringente que el primero.

En las lentes de superficies esféricas, los centros de esas esferas se llaman *centros de curvatura* y la recta que pasa por los centros recibe el nombre de *eje principal*. En una lente la normal es la perpendicular al plano tangente que pasa por el punto considerado.

*Cámara obscura*.—Una cámara obscura se compone sencillamente de una caja de madera pintada de negro, que lleva en una de sus caras verticales una lente biconvexa y en la cara superior un vidrio despulido. Interiormente hay un espejo plano, inclinado á  $45^\circ$  y destinado



á reflejar sobre el vidrio despulido la imagen de los objetos exteriores.

Una cámara fotográfica se compone de una caja de madera pintada de negro interiormente y forrada de negro en el exterior. En una de sus caras menores tiene un agujero en el que está colocada una lente que recibe el nombre de *objetivo*. En la otra cara menor, ó lo que es lo mismo, frente al objetivo, se coloca el bastidor que contiene la placa. (\*)

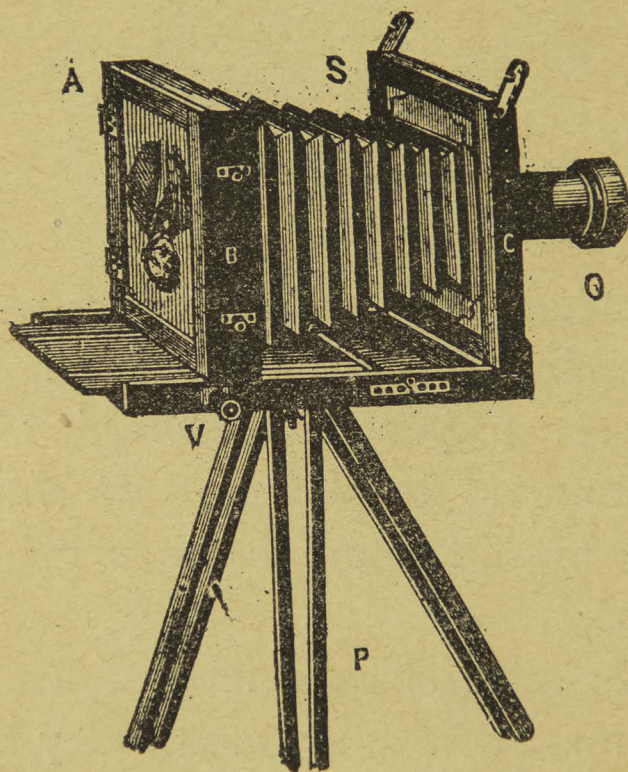


Fig. 60.—Cámara fotográfica.

Estas cámaras se llaman *de foco fijo*, y son las que usan generalmente los aficionados; pero hay también unas cámaras grandes llamadas *de taller*, que tienen un fuelle pa-

(\*) Para detalles completos véase «La fotografía sin laboratorio» por Luis G. León.



ra afocar, y en la parte posterior llevan un vidrio despu-  
lido donde se pinta la imagen.

*Linterna mágica.*—La linterna mágica inventada por  
el Padre Kircher, es un aparato que sirve para obtener  
sobre una pantalla la imagen ampliada de objetos pe-

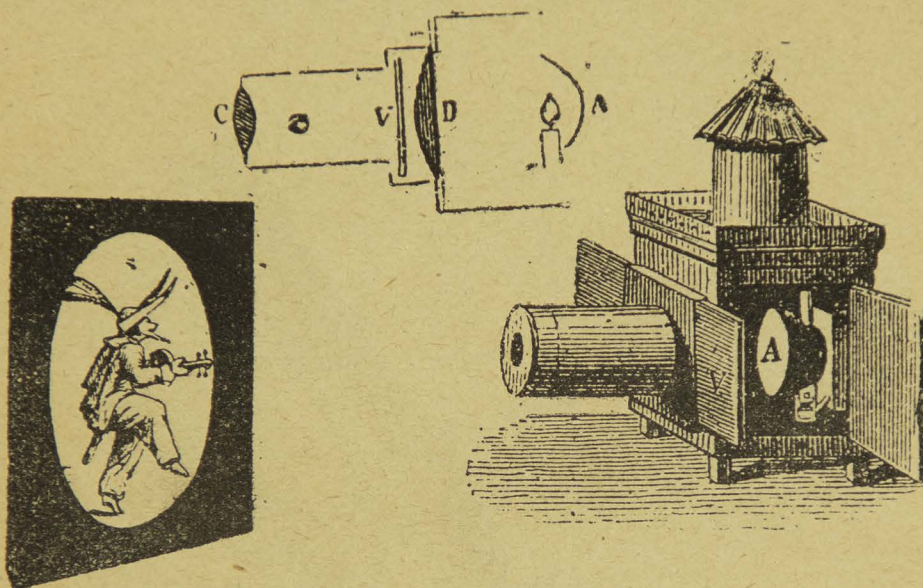


Fig. 61.--Linterna mágica.

queños dibujados en láminas de vidrio ó películas transpa-  
rentes. Consta de una caja de hoja de lata que lleva una  
lámpara colocada en el foco principal de un reflector A.  
Los rayos reflejados por este espejo cóncavo van á dar  
á una lente plano-convexa D que lleva el nombre de *con-*  
*densador* y que tiene por objeto iluminar poderosamente  
las figuras pintadas en la lámina V que se resbala por  
una ranura dispuesta al efecto.

En la parte anterior de la caja hay un tubo dentro del  
cual resbala otro á frotamiento duro, y lleva en su extre-  
midad una lente biconvexa C destinada á producir una  
imagen real, ampliada é invertida. Para que la imagen  
resulte recta las *vistas* se colocan invertidas en la linter-



na. Con una lente de corto foco se puede obtener imágenes muy amplificadas, alejando bastante la pantalla.

La linterna mágica es un poderoso auxiliar en la enseñanza y actualmente la emplean con muy buen éxito los conferencistas. La luz de calcio, la luz eléctrica y la luz de acetileno son las más empleadas en las linternas de construcción moderna.

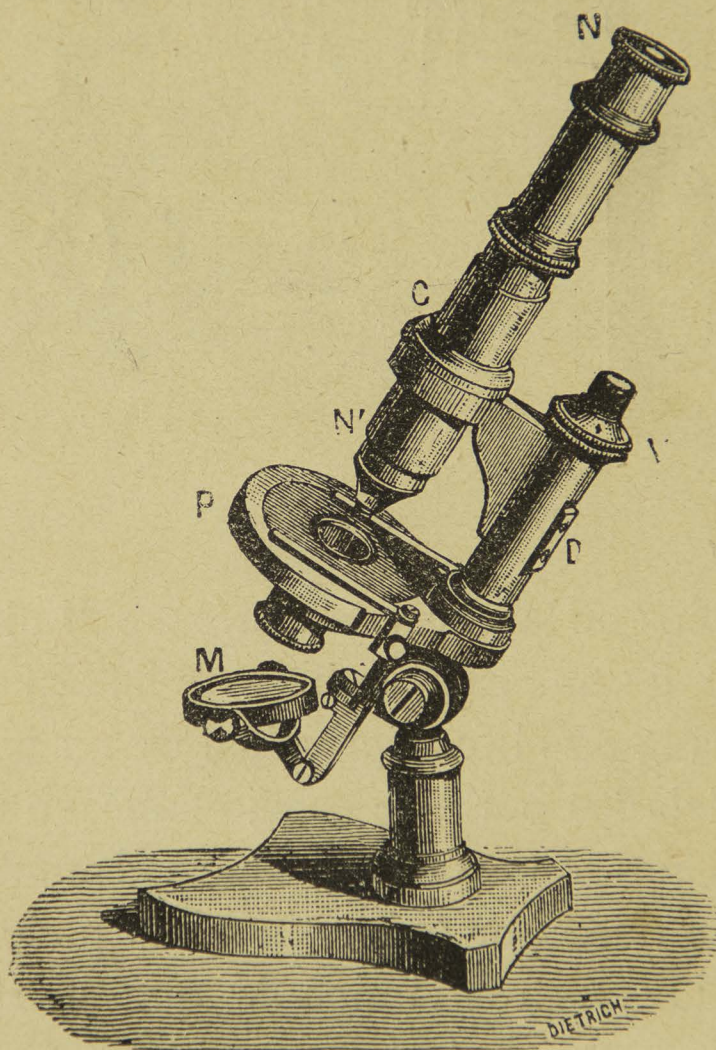


Fig. 62.—Microscopio de laboratorio.

*Microscopio de laboratorio.*—En los microscopios de laboratorio, las lentes están colocadas en unos tubos de cobre fijos en un sólido pie de metal y provistos de una charnela que permite inclinar más ó menos el tubo sobre



la vertical á fin de que la observación se haga cómodamente. Un piñón que engrana con una barra dentada sirve para afocar convenientemente, según la visión distinta de cada observador. Los objetos que se trata de observar se colocan en una plataforma P, llamada *porta-objeto*, entre dos láminas de vidrio. El porta-objeto lleva un agujero en el centro, y exactamente abajo va colocado un espejo cóncavo M ó reflector, que puede inclinarse en todas direcciones y que concentra la luz sobre el objeto que se desea observar. En el microscopio de Nacet el aumento superficial puede llegar á 1300.

*Anteojos y telescopios.*—Los instrumentos de óptica empleados en los trabajos de astronomía se dividen en dos categorías:

1.<sup>a</sup> Los *anteojos ó refractores*, en los que la imagen se obtiene por la refracción de la luz á través de un objetivo.

2.<sup>a</sup> Los *telescopios ó reflectores*, en los que la imagen se obtiene por la reflexión de la luz en un espejo esférico ó parabólico.

*Anteojo astronómico.*—El anteojo astronómico se compone de un grueso tubo de latón que lleva en su parte anterior una lente A llamada *objetivo*. En la otra extremidad tiene un largo tubo de menor diámetro donde está la lente *ocular* P. Este tubo se saca fuera del otro hasta obtener una imagen confusa, y después se aclara moviendo suavemente un tornillo que va colocado en la parte exterior del tubo más grueso.

Los anteojos de mucho aumento tienen muy poco campo; para evitar la incomodidad de estar buscando un



astro, se explora el cielo con otro anteojo pequeño colocado en la parte superior y que se llama explorador. Este pequeño anteojo da muy poco aumento, pero su campo es mayor.

En este anteojo el objetivo da una imagen *real é invertida* del astro que se observa, imagen que se forma en el

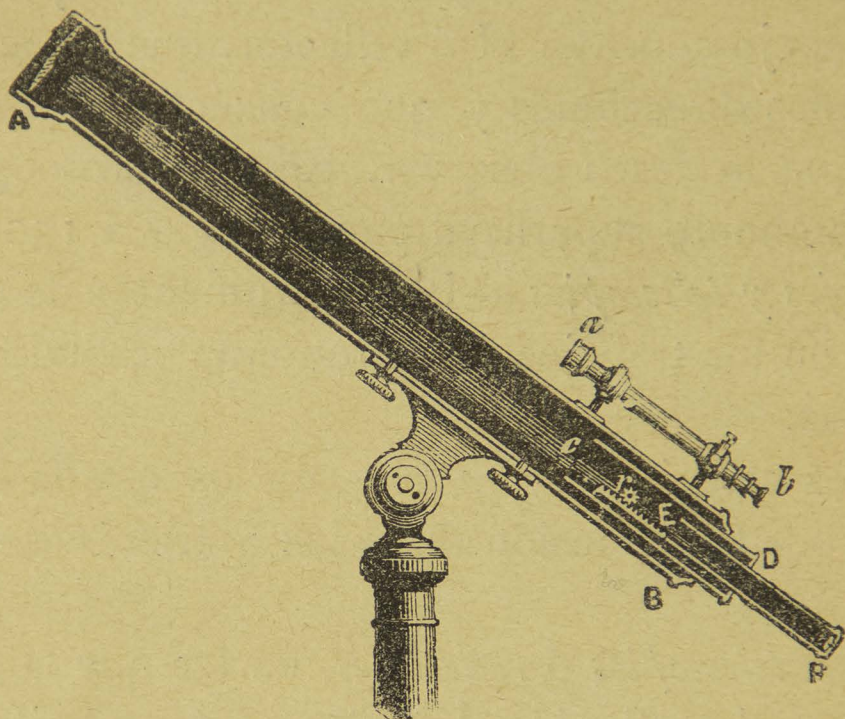


Fig. 63.—Anteojos astronómico.

foco principal de la lente á causa de la gran distancia á que se encuentra el objeto. Esta imagen real es la que se observa con el ocular, obteniéndose una imagen virtual de la primera.

El kinetoscopio, inventado por el americano Tomás A. Edison, es un aparato que se compone de una larga película fotográfica donde están representadas las distintas fases de un movimiento cualquiera; una mujer bailando, dos personas tirando el florete, un cirquero á caballo,



etc. Esta tira poderosamente iluminada por medio de una lámpara eléctrica pasa frente á una lente, á través de la cual se observa.

Este aparato se funda, lo mismo que el cinematógrafo, en la persistencia de las imágenes en la retina.

*El Kaleidoscopio.*—El Kaleidoscopio es un aparato de física recreativa que se compone de un tubo de cartón en el cual están colocados dos espejos planos que forman entre sí un ángulo de  $60^\circ$ . En una de las extremidades del tubo se colocan, entre dos láminas de vidrio, objetos irregulares, como fragmentos de vidrio de color, pedacitos de papel, etc. Cuando se mira por el otro extremo, se ve á estos diversos objetos con su cinco imágenes, agrupadas simétricamente, formar una roseta exagonal, cuyo dibujo se puede hacer variar indefinidamente con solo hacer girar el tubo sobre sí mismo.

---

### CUESTIONARIO.

¿Cómo se propaga la luz?—Cómo se refleja?—Qué se entiende por refracción?—A qué se da el nombre de lentes?—En qué aparatos se aplican las lentes?—En qué se funda el Kinetoscopio y el Kaleidoscopio?

### Explicaciones del Profesor.

Los trabajos de Newton.—Las rayas del espectro.—Aplicaciones de las lentes y de los espejos.—La luz en la atmósfera.—Importancia del microscopio.—El mundo de lo infinitamente pequeño.

---



## VIII

## CALOR.

SUMARIO.—Efectos del calor.—La dilatación.—El termómetro.—La evaporación.—La ebullición.—La destilación.—Las máquinas de vapor.—Reflexión del calor.—El calor radiante.

*Experimento.*—Calentamos en la lámpara de alcohol una varilla de cristal y notamos que aun cuando nuestra mano quede muy cerca de la flama no experimentamos sensación dolorosa; pero si calentamos una varilla de hierro vemos que tenemos que ir retirando la mano y al fin la soltamos, porque experimentamos una sensación de dolor.

El cristal es un cuerpo mal conductor del calor y el hierro es un cuerpo buen conductor del calor.

Todos los cuerpos se dilatan por la acción del calor. Los más dilatables son los gases, después los líquidos y al último los sólidos. En estos últimos tenemos que considerar la dilatación lineal y la dilatación cúbica; es decir, la dilatación en longitud y la dilatación en volumen.

En los líquidos y los gases sólo se considera la dilatación en volumen.

*Experimento.*—Para demostrar la dilatación lineal de los sólidos se hace uso de un aparato llamado *pirómetro* (fig. 64) que consiste en una barra metálica horizontal, fija en una de sus extremidades por medio de un tornillo de presión y libre en el otro extremo, el cual está en contacto con el pequeño brazo de una palanca que puede moverse sobre un cuadrante.



Abajo de la varilla hay un receptáculo con alcohol. Se inflama el alcohol, la varilla se calienta, y al dilatarse empuja al brazo de la palanca, la cual se mueve sobre el cuadrante.

Colocando varillas de distintos metales y teniéndolas

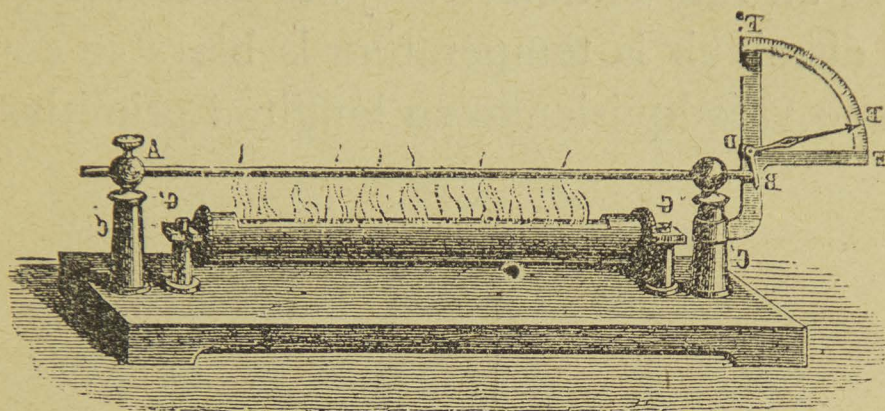


Fig. 64.—Dilatación de los sólidos.

el mismo tiempo bajo la acción del calor, se ve que la aguja no marca el mismo número de grados sobre el cuadrante, lo que depende de que no todos los metales tienen el mismo coeficiente de dilatación.

*El piroscopio eléctrico.*—Ultimamente construí para la Escuela Normal un *piroscopio eléctrico* destinado á comprobar la dilatación lineal de los sólidos.

Se compone de una plancha vertical de madera en la que está fijo un timbre eléctrico provisto de una pila seca. Sobre otra plancha de madera que forma ángulo recto con la primera hay dos columnas de cristal terminadas por unas esferas metálicas entre las que pasa la barra cuya dilatación se desea comprobar. De un lado la barra tiene un tornillo de presión que le impide dilatarse, y del otro hay, á muy corta distancia, un tornillo destinado á cerrar el circuito eléctrico. Debajo de la barra está un de-



pósito con alcohol, se inflama éste y un momento después se oye sonar el timbre, lo que prueba que la varilla se ha dilatado y al aumentar la longitud se puso en contacto con el tornillo y se cerró el circuito. Si ya que está sonando el timbre se apaga la lámpara, observamos que después de un rato el timbre deja de sonar, lo que indica que al disminuir la temperatura la barra se contrajo y poco á poco va adquiriendo su longitud primitiva.

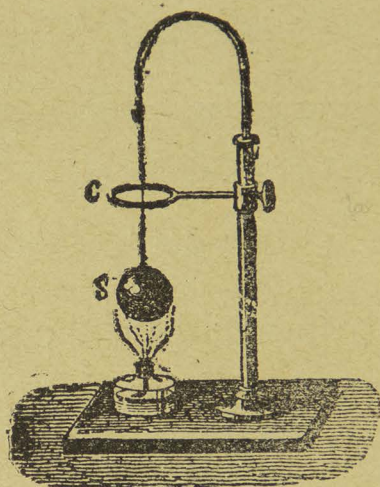


Fig. 65.—El anillo de Gravesend.

La dilatación cúbica se demuestra por medio de un aparatito muy conocido en Física, y que se llama *anillo de Gravesend*.

Consiste en un anillo metálico fijo en una barra horizontal que se atornilla sobre una columnita unida á un zócalo de madera. La columnita se encorva en la parte superior y sostiene una cadena de la cual pende una esfera metálica.

A la temperatura ordinaria la esfera pasa libremente por el anillo; pero una vez calentada la esfera con una



lámpara de alcohol, ya no puede pasar por el anillo, lo que prueba que se ha dilatado.

*Dilatación de los líquidos.*—Para hacer palpable la dilatación de los líquidos se suelda un globo de vidrio en la extremidad de un tubo capilar.

Tubos capilares son aquellos cuyo diámetro inferior es tan pequeño que se compara al de un cabello.

El globo y parte del tubo se llenan con un líquido coloreado (alcohol con fuchina, por ejemplo), y basta su-

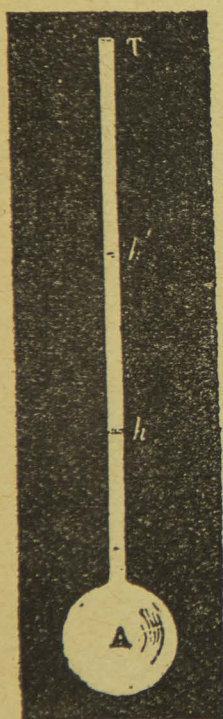


Fig. 66.—Dilatación de los líquidos.



Fig. 67.—Dilatación de los gases.

mergir el globo en agua tibia para que se vea al líquido coloreado subir en el tubo. Sin embargo, al comenzar la experiencia se nota que el líquido baja en lugar de subir, lo que depende de que el globo se dilata; pero un momento después el líquido comienza á subir rápidamente.

Hay, pues, que considerar en los líquidos la dilatación *aparente* y *absoluta*. La dilatación absoluta es el aumento



de volumen que experimenta un líquido haciendo abstracción de la dilatación de las paredes del vaso que lo contiene.

*Experimento.*—Un aparato parecido sirve para demostrar la dilatación de los gases. Se llena el globo con algún gas (oxígeno, hidrógeno, nitrógeno ó simplemente aire), y se introduce en el tubo un índice de mercurio de 1 á 2 centímetros de longitud. Basta colocar la mano sobre el globo para ver al índice avanzar hacia la extremidad del tubo, lo que indica que el gas se ha dilatado y con una cantidad pequeñísima de calor.

Si en un globo terminado por un tubo doblado en forma de S introducimos un gas cualquiera y en la S ponemos un poco de líquido coloreado, veremos que al prin-

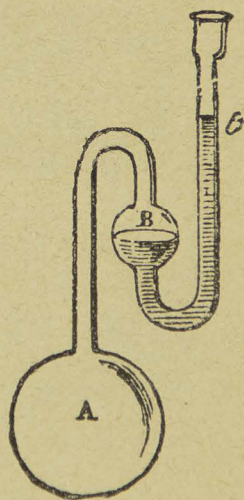


Fig. 68.—El calor aumenta la fuerza elástica del gas.

cipio los dos niveles están iguales; pero tan pronto como comenzamos á calentar el gas se ve que el líquido se eleva rápidamente en la rama abierta, mientras que baja muy poco en la otra rama, lo que prueba que el calor tiene por efecto en este caso *aumentar la fuerza elástica del gas cuya dilatación no puede efectuarse libremente.*



*Experimento.*—Hay otro experimento muy bonito y muy fácil de ejecutar para demostrar la dilatación de los gases. A un frasco de cristal de boca ancha, lleno de agua hasta las dos terceras partes, se le pone un tapón de caucho de dos taladros. Por uno de los taladros se le introduce un tubo recto que penetra en el agua y cuya extremidad exterior termina en punta. Por el otro taladro penetra otro tubo encorvado en ángulo recto, pero que no se sumerge en el agua. Ese tubo se pone en comunicación con un globo de cristal lleno de aire. Una vez dispuesto así el experimento se calienta el globo, el aire que contiene se dilata, ejerce presión sobre el agua y salta un chorro de este líquido por la punta del tubo recto.

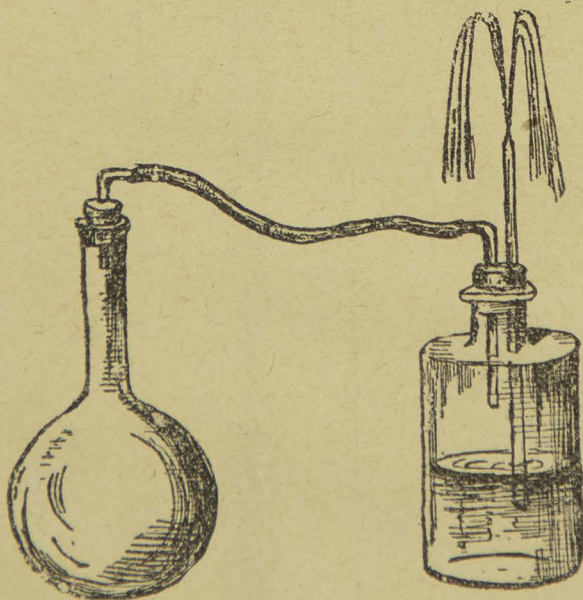


Fig. 69.—El aire caliente ejerce presión sobre el agua y la obliga a salir.

El instrumento que nos sirve para medir la temperatura de los cuerpos se llama *termómetro*, y consiste en un tubo capilar de vidrio cerrado por la parte superior y unido en la inferior á un receptáculo esférico ú ovoide. El recipiente



y parte del tubo están llenos de mercurio ó de alcohol. El instrumento está fijo en una plancha de madera donde se halla la graduación. En algunos termómetros la graduación está en el mismo tubo.

Para la construcción del termómetro se escoge el mercurio, porque siendo un metal, es muy buen conductor del calor, porque no entra en ebullición sino á una temperatura muy elevada, porque es de todos los líquidos el que se dilata más regularmente, y porque se pone vio-

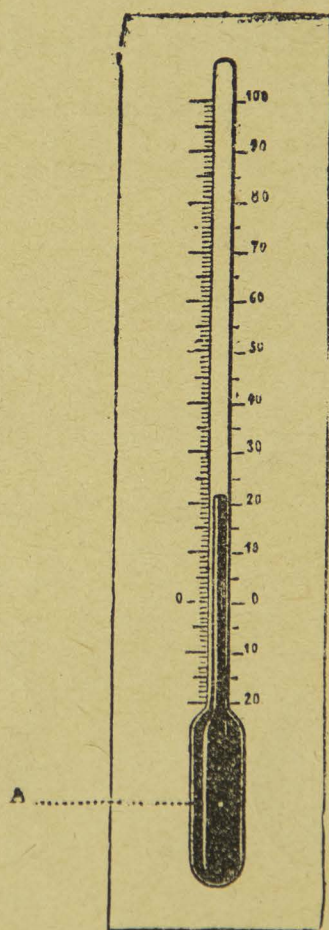


Fig. 70. —El termómetro.

lentamente en equilibrio de temperatura con los cuerpos ambientes. El alcohol se emplea porque no se congela á ninguna temperatura *natural* conocida. Sólo artificial-



mente se ha logrado congelarlo á una temperatura extremadamente baja.

El punto de 0 del termómetro ordinario lo determina el momento de la licuación del hielo y el punto 100 la ebullición del agua.



Fig. 71.—Aparato sencillo para el 100.

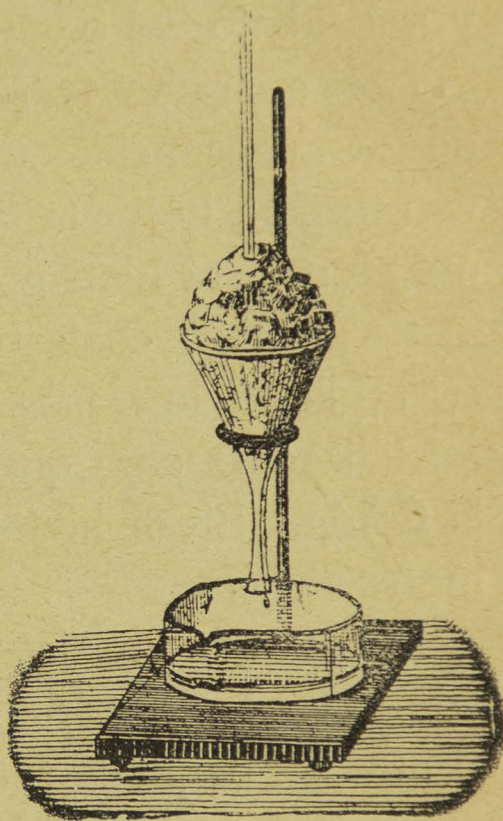


Fig. 72.—Aparato sencillo para el 0.

Para la primera parte de la graduación se hace uso de un aparato que consiste en un vaso cilíndrico de metal terminado por un cono en su parte inferior. El vaso está sostenido por un tripié, y el cono está taladrado. Se llena el vaso con trozos de hielo en los que se sumerge el termómetro. El mercurio se contrae y comienza á bajar. En el punto en que se detiene se marca 0. En seguida se lleva el termómetro á un vaso cerrado donde hay agua en ebullición, teniendo cuidado de que el termómetro no



se sumerja en el agua caliente, sino que únicamente esté rodeado por el vapor. El mercurio se dilata y comienza á subir, y en el punto en que queda estacionario se marca 100. Después el espacio comprendido entre esos dos puntos se divide en 100 partes iguales que se llaman *grados*, y la graduación puede llevarse más arriba del 100 y más abajo del 0.

Los aparatos indicados en las figuras 71 y 72 son de los más sencillos de gabinete, y sirven, no precisamente para hacer la graduación, sino para ver si un termómetro está bien graduado.

El primero consiste simplemente en un embudo de cristal lleno de trozos de hielo y colocado arriba de una cristalizadora para que caiga ahí el agua que proviene de la fusión. En el hielo del embudo se sumerge el termómetro.

El segundo consiste en un matraz con agua y cuyo tapón lleva dos taladros: por uno pasa el termómetro y por el otro un pequeño tubo encorvado para que se escape el vapor de agua. El matraz puede calentarse sencillamente con una lámpara de alcohol.

Hay tres escalas termométricas: la del centígrado, la de Réaumur y la de Farenheit. La del centígrado está dividida en 100 partes iguales, la de Réaumur en 80 y la de Farenheit en 212.

El 0 del Farenheit se obtiene sumergiendo el termómetro en una mezcla de hielo y clorhidrato de amoníaco, que produce un frío muy intenso. El 0 del centígrado y del Réaumur corresponde á los 32° Farenheit.

El 100 del centígrado, el 80 del Réaumur y el 212 del



Farenheit corresponden á la temperatura de ebullición del agua (al nivel del mar).

En México usamos el termómetro centígrado. El de Farenheit está muy generalizado en Inglaterra y en los Estados Unidos del Norte.

La temperatura media anual en México es de  $15^{\circ}4$  lo que hace templado y agradable nuestro clima.

Se entiende por *evaporación* el paso lento de un líquido al estado aeriforme, y si este paso es rápido y tumultuoso recibe el nombre de *ebullición*.

Los líquidos *volátiles* son aquellos que poseen la propiedad de pasar al estado aeriforme, y los líquidos *fijos* son aquellos que no dan vapores á ninguna temperatura, como por ejemplo los aceites grasos.

Hay algunos cuerpos sólidos que producen inmediatamente vapores sin pasar por el estado líquido, como el hielo, el arsénico, el alcanfor.

Se dice entonces que estos cuerpos se *subliman*, con lo que se indica que sus vapores se condensan en forma de partículas cristalinas, en la parte superior y fría de los vasos que los contienen.

Las causas que favorecen la ebullición de los líquidos son: la elevación de temperatura, la disminución de la presión exterior, la sequedad del aire, la agitación de éste y la extensión de la superficie de evaporación.

*Leyes de la ebullición.*—El fenómeno de la ebullición está sujeto á las leyes siguientes:

1.<sup>a</sup> *La ebullición empieza siempre á una temperatura determinada que varía de un líquido á otro, pero que es*



*siempre idéntica para una misma substancia que esté en iguales condiciones de presión.*

*2<sup>a</sup> La temperatura permanece constante mientras dura el fenómeno de la ebullición.*

*3<sup>a</sup> La fuerza elástica del vapor de agua en ebullición es igual á la presión exterior que se ejerce en su superficie.*

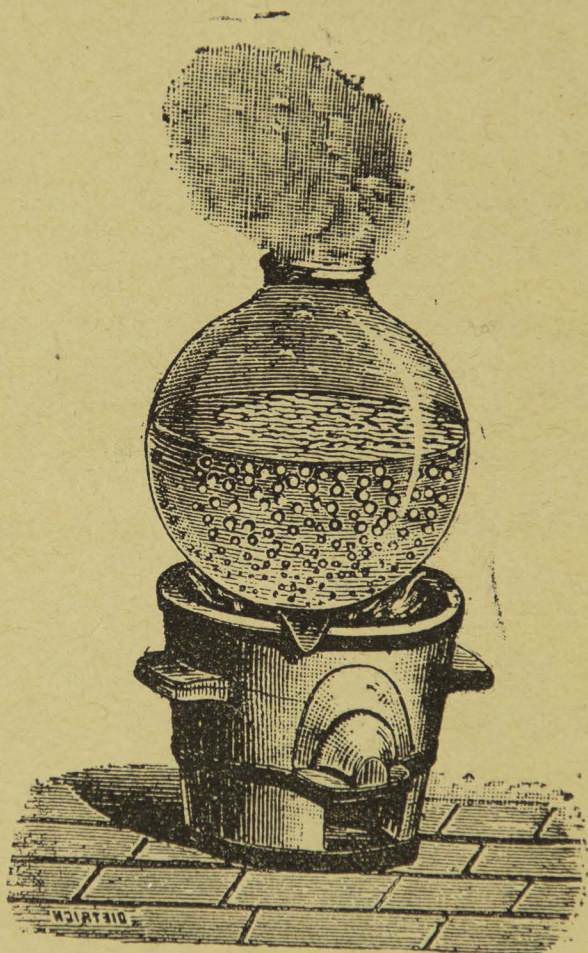


Fig. 73.—Las burbujas se forman en el seno del líquido y revientan en la superficie.

Cuando se empieza á calentar agua por su parte inferior la superficie permanece tranquila y horizontal. Después empiezan á aparecer unas burbujas que son del aire disuelto en el agua. Poco después empiezan á despren-



derse de todos los puntos calentados burbujas de vapor, que al encontrar capas superiores más frías se condensan y no llegan á la superficie. A esta formación y condensación sucesiva de las primeras burbujas de vapor que se desprenden es á lo que se debe el ruido que precede á la ebullición.

*Licuación ó condensación de los vapores, Alambique.*— El paso de un cuerpo del estado gaseoso al líquido se conoce con el nombre de licuación ó condensación. Las causas que pueden producir la condensación son: el enfriamiento, la compresión y la afinidad química.

El medio que se emplea para purificar el agua ó *destilarla* es hacerla entrar en ebullición y condensar después los vapores por el enfriamiento.

El aparato empleado para esta operación es el alambique. Se compone de un vaso ó *cucúrbita* de cobre A, con su tapadera F, que lleva en la parte superior una pieza B en forma de bóveda, llamada el *capitel*; de aquí sale un tubo de desprendimiento C que va á dar á un *serpentin* D' D encerrado en un vaso llamado *refrigerante*, por el cual circula constantemente una corriente de agua fría. El agua entra en ebullición en la cucúrbita, los vapores pasan por el capitel y por el tubo de desprendimiento, sin arrastrar las materias sólidas que contienen en disolución ó en suspensión, y al llegar al serpentín se condensan. El agua que resulta es recibida en un frasco de cristal.

Como todo vapor al condensarse restituye el calor que había absorbido y hecho latente en el momento de la evaporación, el agua del refrigerante se iría calentando y



llegaría un momento en que en lugar de salir agua por el extremo del serpentín, saldría un chorro de vapor. Para evitar esto se hace llegar una corriente de agua fría

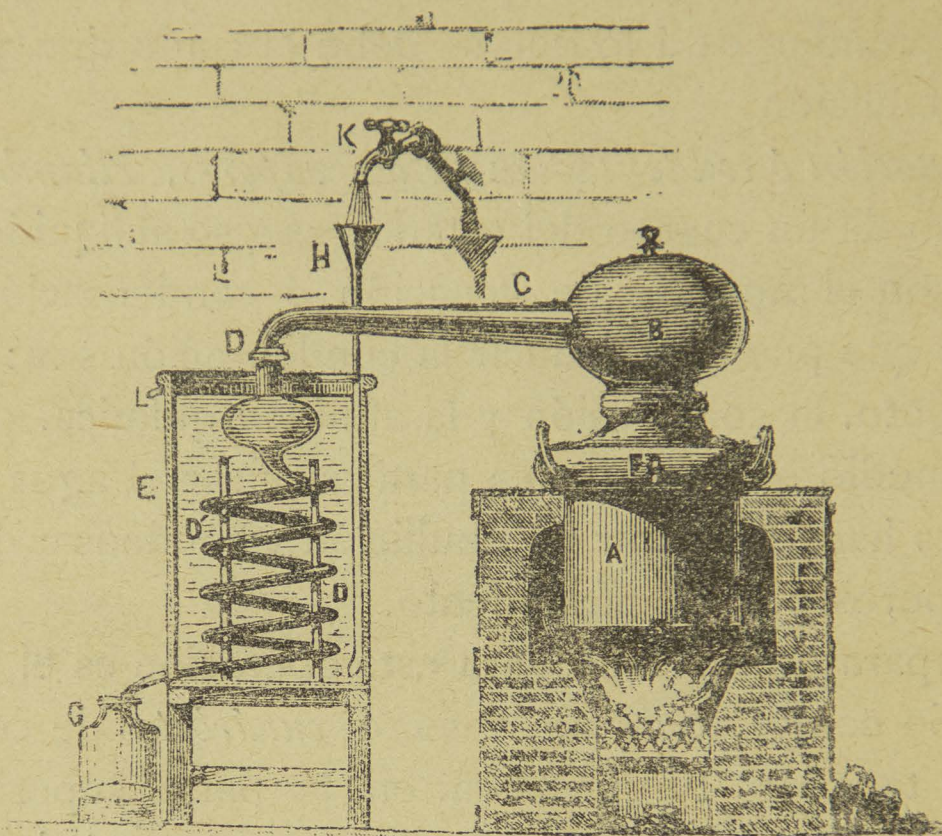


Fig. 74.—Alambique.

por un embudo H, cuyo tubo llega hasta el fondo del refrigerante, y el agua menos fría sale por el tubo L.

El paso de un cuerpo sólido al estado líquido se conoce con el nombre de *fusión*, y el paso de un líquido al estado sólido se llama *solidificación*.

#### MÁQUINAS DE VAPOR.

Cuando el agua se calienta, pasa al estado de vapor; y sabemos también que el vapor formado posee una *fuerza elástica* que ejerce sobre las paredes del recipiente



una presión tanto más grande cuanto más alta es la temperatura.

Una *máquina de vapor* es un motor que convierte el calor en trabajo por intermedio del vapor de agua.

Toda máquina de vapor se compone: 1.º, de una *caldera ó generador* en el cual se produce el vapor necesario para el funcionamiento de la máquina; 2.º, de un cilindro ó *cuerpo de bomba* que contiene un émbolo móvil, sobre cuyas dos caras se hace llegar sucesivamente vapor

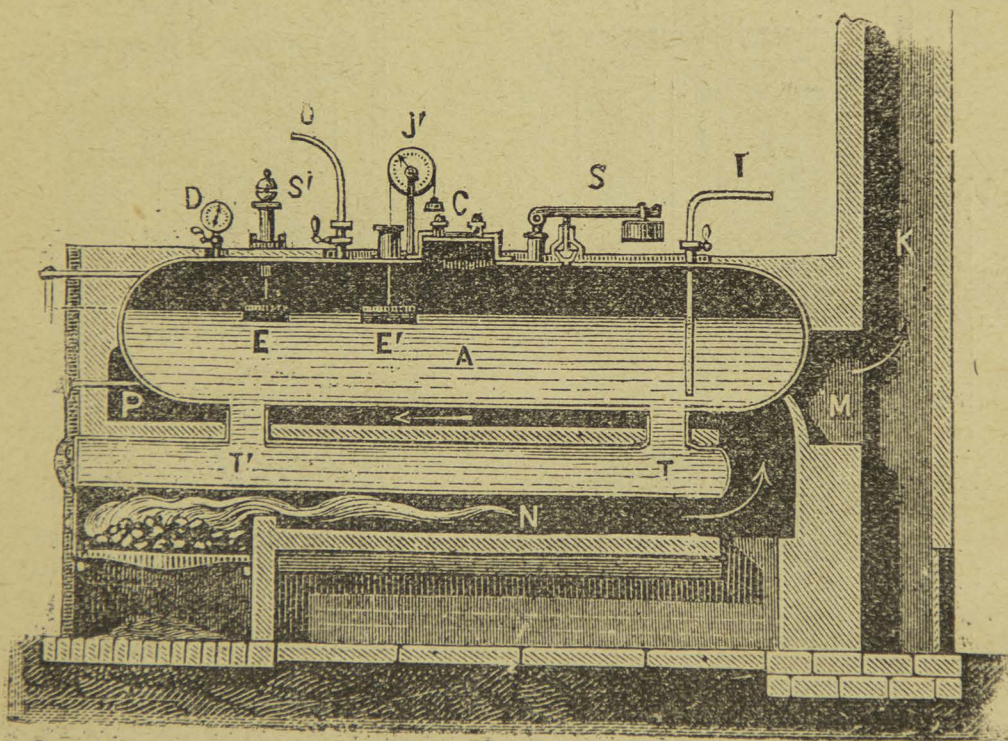


Fig. 75.—Caldera ordinaria.

de agua para que el émbolo adquiriera un *movimiento rectilíneo alternativo*; 3.º, de un distribuidor del vapor; 4.º, de un *mecanismo* destinado á la transmisión del movimiento.

*Caldera.*—Una caldera ordinaria se compone de un cuerpo *A* de lámina de fierro ó de cobre rojo, que co-



munica por su parte inferior con dos tubos T T' rodeados por la llama del hogar. Todo está fijo en un horno de ladrillo, construido de tal manera, que la flama del hogar, producida por la combustión de la leña ó del coque, caliente primero los tubos hervidores T T', después

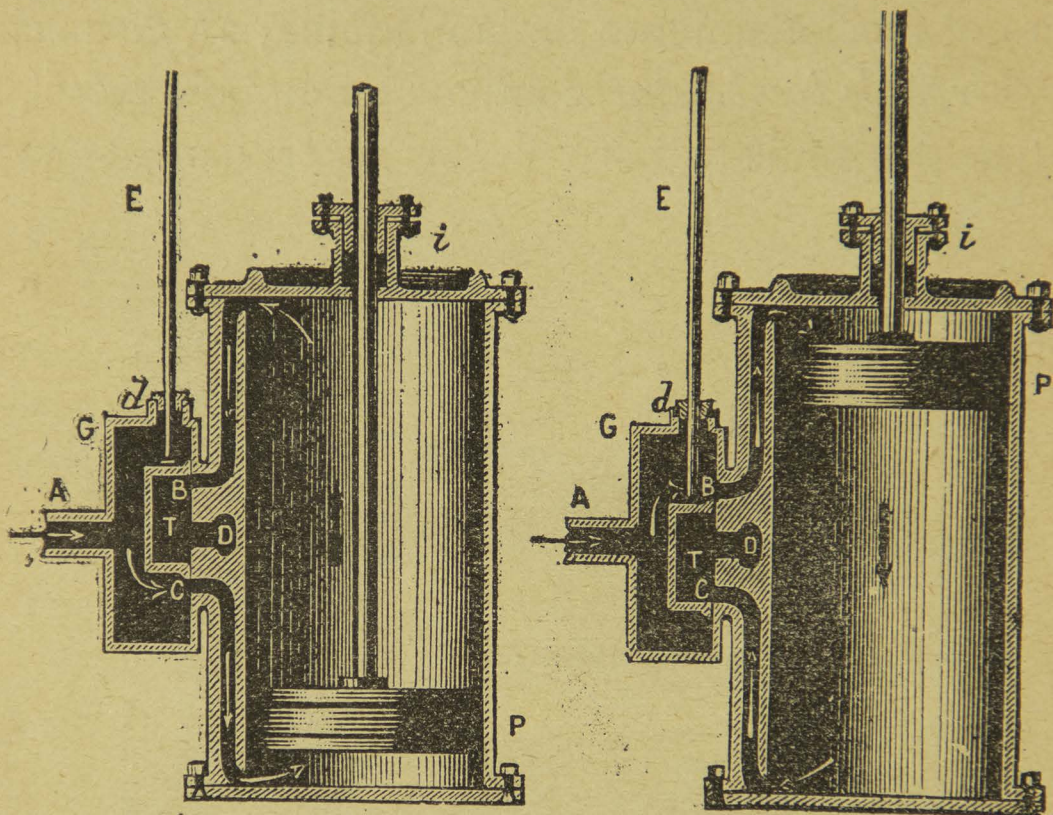


Fig. 76.—El émbolo ocupa la parte inferior.

Fig. 77.—El émbolo ocupa la parte superior.

pase entre éstos y la caldera y regrese hacia atrás en el sentido indicado por las flechas.

Las dimensiones de la caldera han de ser tales, que haya cuando menos un metro cuadrado de superficie de calentamiento por caballo de vapor.

Se entiende por *caballo de vapor* el esfuerzo necesario para elevar un peso de 75 kilogramos á 1 metro de altura en 1 segundo. La potencia del caballo de vapor equivale á la fuerza de 3 caballos de tiro ó de 7 hombres.



El vapor producido en la caldera es conducido por el tubo O al cuerpo de bomba. La caldera está provista de aparatos de seguridad, tales como la *válvula de seguridad* S, el *silbato de alarma* S', un manómetro D y unos aparatos J y J' para indicar el nivel del agua.

*Cuerpo de bomba.*—El cuerpo de bomba es de acero y bastante grueso para resistir la presión del vapor; en el interior se mueve un émbolo provisto de una varilla. Se comprende que para poder imprimir al émbolo un movimiento rectilíneo alternativo, es decir, un movimiento de vaivén, se necesita que el vapor llegue sucesivamente sobre cada una de las caras del émbolo, y que el vapor que ya ha ejercido su acción, se escape á la atmósfera.

*Caja de distribución.*—La caja de distribución permite conseguir este resultado.

El vapor llega por el tubo A á una caja de fundición G que está fija á un lado del cuerpo de bomba. De aquí parten conductos B y C practicados en el espesor de las paredes del cilindro y que dirigen el vapor, uno arriba y otro abajo del émbolo, tal como lo indican las flechas. Entre los dos agujeros hay otro D de donde sale un tubo que va á dar á la atmósfera. Una pieza móvil T, llamado *distribuidor*, cierra y abre alternativamente los agujeros B y C, y así se conseguirá que llegando el vapor por arriba y por abajo, sucesivamente, el émbolo adquiera un movimiento rectilíneo alternativo.

*Mecanismo de transmisión.*—El mecanismo de transmisión más empleado es el de *acción directa*. De la varilla del émbolo sale una barra llamada *biela* que se articula con una manivela fija en el *árbol* de la máquina. Este ár-



bol lleva una rueda muy grande de fierro, el *volante*, y un cilindro ó polea por donde pasa la banda de transmisión.

#### CALOR RADIANTE.

Cuando un cuerpo está colocado en un recinto de temperatura más ó menos elevada que la suya, se observa que la temperatura del cuerpo sube ó baja progresivamente hasta quedar al mismo grado que la del ambiente.

El calor se refleja lo mismo que la luz y el sonido, entendiéndose por *calor radiante* el movimiento vibratorio que se transmite de un cuerpo á otro á través del espacio, y *rayo calorífico* á la línea que sigue el calor propagándose á distancia.

Los cuerpos llamados vulgarmente *cuerpos calientes* no son los únicos que emiten calor, ni los *cuerpos fríos* los únicos que lo absorben. Todos los cuerpos, cualquiera que sea su temperatura, emiten y absorben constantemente calor, aunque en cantidades desiguales.

Las leyes á que está sometido el calor radiante son las que siguen:

1.<sup>a</sup> *Un cuerpo caliente emite calor á su derredor en todas direcciones.*

Esto puede demostrarse colocando un termómetro en distintas direcciones, alrededor de un cuerpo caliente, y viendo que en cada posición acusa una elevación de temperatura.

2.<sup>a</sup> *El calor radiante, en un medio homogéneo, se transmite en línea recta.*



Colocada una pantalla entre un cuerpo caliente y un termómetro sensible, se ve que no hay elevación de temperatura.

3.<sup>a</sup> *El calor radiante se transmite á través del vacío.*

Si se sumerge en el agua caliente un globo en el que haya sido hecho el vacío y que contenga un termómetro en su interior, este instrumento acusa inmediatamente una elevación de temperatura.

No podemos creer que el calor haya sido transmitido

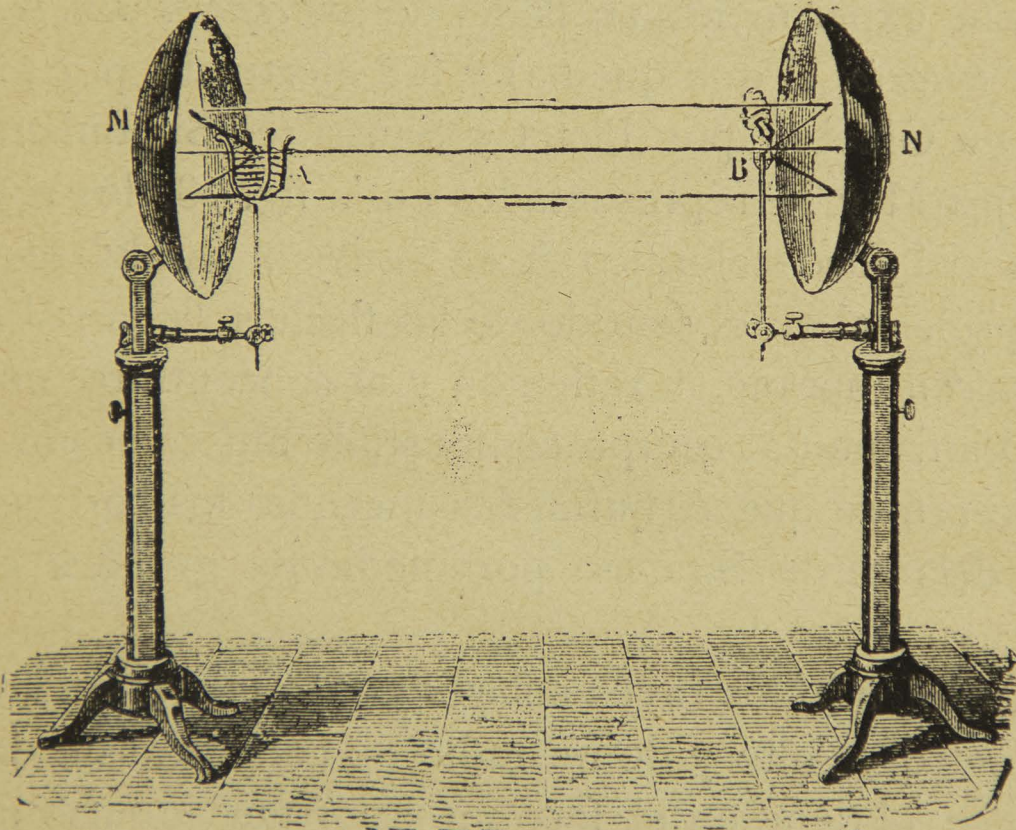


Fig. 78.—Los espejos ustorios.

por el vidrio, porque ya sabemos que este cuerpo es muy mal conductor del calor.

4.<sup>a</sup> *Cuando un rayo de calor cae sobre una superficie pulimentada, se refleja formando un ángulo de reflexión igual al de incidencia, y tanto el rayo incidente como el rayo re*



*flejado, se encuentran en un mismo plano perpendicular á la superficie reflectora.*

Esta ley se demuestra por medio de dos espejos metálicos cóncavos, que se colocan uno frente á otro; en el foco de uno de ellos se colocan unas brasas de carbón, y en el foco del otro espejo se pone un pedazo de yesca con algodón pólvora. Al cabo de un instante se inflama el algodón pólvora debido á la reflexión del calor, según la ley indicada.

Este experimento se llama de los *espejos ustorios* (del latín *ustorio*, el que quema) y fué efectuado por primera vez en Ginebra por Pictet y Saussure. Suponiendo los espejos M y N representados en la fig. 78, los rayos salidos del foco calorífico A se reflejan paralelamente al eje principal en el sentido de las flechas, llegan al espejo N, sufren una nueva reflexión y al concentrarse en el foco B inflaman al cuerpo combustible ahí colocado.

Se refiere que Arquímedes incendió los barcos romanos delante de Siracusa por medio de grandes espejos cóncavos.

Recibiendo los rayos solares en un espejo de latón de un metro de alto y de un radio de curvatura de dos metros, se obtiene en el foco un calor tan intenso que en unos cuantos minutos se funden metales como el oro y la plata.

5<sup>a</sup> *La intensidad del calor radiante varia en razón inversa del cuadrado de la distancia.*

Esta ley se demuestra colocando un termómetro sensible frente á un foco de calor constante á distancias sucesivamente iguales á 1, 2, 3, 4, . . . . Se observa en-



tonces que las temperaturas indicadas por el termómetro son entre sí como  $1, \frac{1}{4}, \frac{1}{9}, \frac{1}{16}$ , es decir, que están en razón inversa del cuadrado de las distancias.

### CUESTIONARIO.

¿Qué efectos produce el calor sobre los cuerpos?—Cómo se construye un termómetro?—Cuáles son las escalas termométricas en uso?—Cuáles son las leyes de la ebullición?—Qué se entiende por destilación?—De qué partes constan las máquinas de vapor?—Cuáles son las leyes del calor radiante?

### Explicaciones del Profesor.

El calor en la Naturaleza.—Los grandes hornos de fundición.—Trabajos de Fulton y de Watt.—Las grandes máquinas y su empleo en la industria.—La destilación fraccionada.—Cuerpos atérmanos y cuerpos diatérmanos.

---

## IX

### MAGNETISMO.

SUMARIO.—Los imanes naturales y los imanes artificiales.—Los polos y la línea neutra.—La aguja magnética.—La ley de los imanes.—La brújula.

*Experimento.*—Se pone una aguja ó una barra imanada sobre limadura de hierro: la limadura se adhiere á las extremidades principalmente, notándose que la fuerza atractiva va creciendo del centro de la barra ó aguja, donde es nula, á las extremidades. Estas extremidades ó centros de atracción reciben el nombre de *polos*, y la parte donde no se manifiesta la fuerza atractiva se llama *línea neutra*. El fenómeno es notable sacando la barra de la limadura: se ve que ésta queda adherida á las extremidades de la barra.



Se puede también hacer el experimento colocando una hoja de papel sobre la barra imanada, y dejando caer sobre el papel la limadura á través de un tamiz, se observa



Fig. 79.—Los polos y la línea neutra.

que las partículas de limadura se sitúan regularmente alrededor de los polos formando las llamadas *líneas de fuerzas* cuyo conjunto constituye el *espectro magnético*. Si el

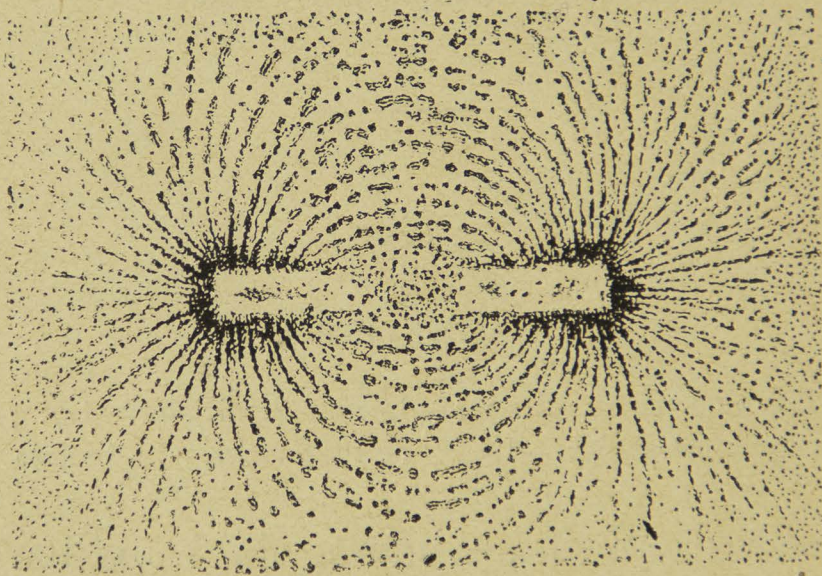


Fig. 80.—Las líneas de fuerza.

ímán tiene forma de herradura, entonces la limadura forma líneas curvas que se unen y forman también *espectro magnético*.

Se le da el nombre de *Magnetismo* á la parte de la Física que estudia los fenómenos que presentan unos cuerpos llamados *imanes*.

Existe en la naturaleza, principalmente en Suecia y en



la isla Elba, un mineral de fierro que tiene la propiedad de atraer al fierro, al acero y á otros metales como al cromo, al níquel y al cobalto. Este mineral se llama *piedra imán* ó *imán natural*, y es un óxido de fierro cuya fórmula es  $\text{Fe}^3\text{O}^4$ . Cuando se le pone sobre limadura de fierro la atrae bajo la forma de penachos colocados irregularmente. Ultimamente se ha comprobado que el oxígeno líquido es también atraído por el imán.

La propiedad atractiva de la piedra imán puede ser comunicada por simple contacto á barras de acero templado, las que reciben entonces el nombre de *imanes artificiales*.

Un imán suspendido libremente se orienta por sí solo en una dirección casi Norte-Sur, y si se le separa de su posición natural, la recobra después de algunas oscilaciones. Este fenómeno tiene por causa la acción que la tierra ejerce sobre los imanes.

En virtud de la ley que dice que *polos del mismo nombre se rechazan y polos del nombre contrario se atraen*, el polo del imán que se dirige al polo Norte de la tierra se llama polo *austral* y el polo que se dirige al polo Sur de la tierra se llama polo *boreal*. Es, sin embargo, más cómodo llamar boreal al que se dirige al Norte y austral al que se dirige al Sur.

Las agujas imanadas tienen ordinariamente la forma de un rombo muy alargado, son de acero templado y tienen en el centro una cavidad cuyo fondo es de ágata y que se apoya sobre un pie terminado en punta. De esta manera se consigue que la aguja tenga la mayor libertad en sus movimientos.



La mitad de la aguja que se dirige hacia el Norte tiene generalmente un color azul.

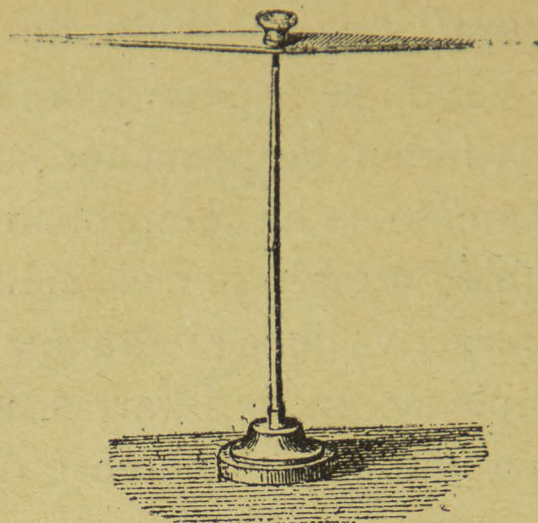


Fig. 81.—La aguja magnética.

**Acción mutua de los imanes.**—Aun cuando los dos polos de un imán ejercen la misma acción atractiva sobre

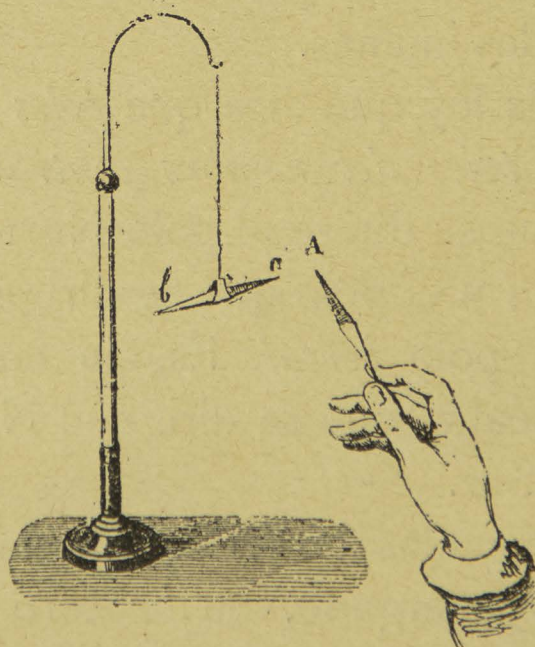


Fig. 82.—Los polos del mismo nombre se rechazan.

el hierro, la fuerza magnética que poseen es diferente en cada uno de ellos. En efecto, si acercamos el po-



lo austral de una aguja al mismo polo de otra aguja que gira libremente sobre un pivote, observamos una viva repulsión; pero si se acerca el polo boreal al polo austral de la aguja movable, notamos una atracción. Lo mismo sucedería acercando el polo austral de la aguja que se tiene en la mano al boreal de la aguja movable. Esta acción recíproca queda expresada con la siguiente ley:

*Los polos del mismo nombre se rechazan y los de nombre contrario se atraen.*

Cuando se rompe por la mitad una aguja imanada, cada mitad se convierte en un nuevo imán con sus polos y su línea neutra. Cada mitad rota en dos fragmentos da dos nuevos imanes, y así sucesivamente.

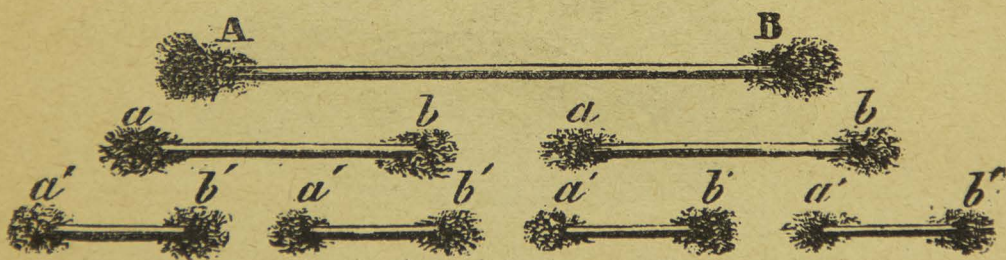


Fig. 83 —Cada fragmento es un nuevo imán.

Se admite, por lo tanto, que en el hierro dulce y en el acero cada partícula puede imanarse y presentar dos polos bajo la influencia del imán, y en virtud de las neutralizaciones sucesivas de los polos  $a'$  y  $b'$  se producen solamente dos polos *eficaces* A y B.

*La brújula.*—La brújula es un instrumento que sirve para trazar la dirección de los puntos cardinales, para las operaciones topográficas y para dirigir los navíos en el mar.



Las brújulas terrestres tienen generalmente la forma de una caja circular que se puede fijar horizontalmente sobre un tripié. La aguja se mueve en el centro de un cuadrante graduado de 0 á 180° á derecha é izquierda de un diámetro que se toma como origen.

Para hacer una observación se comienza por nivelar la brújula de manera que el pivote quede perfectamente vertical; después se orienta la línea 0 — 180 del círculo graduado, paralelamente á la dirección del meridiano geo-

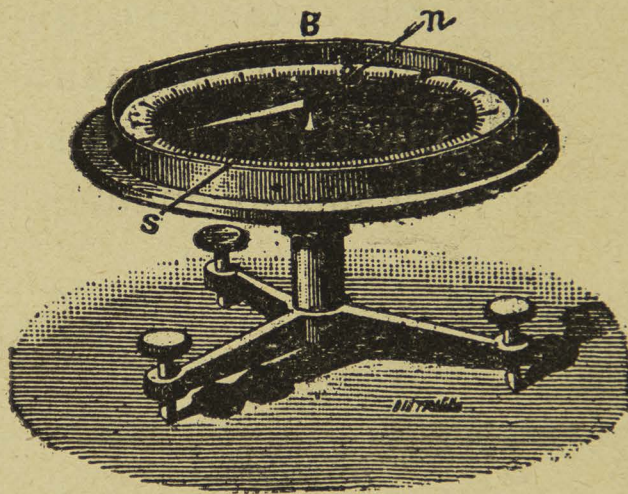


Fig. 84 —Brújula ordinaria.

gráfico N S del lugar, determinado por procedimientos astronómicos. La división del círculo en que se detiene la punta norte de la aguja hace conocer la declinación. En México la declinación es oriental y tiene por valor:  $7^{\circ} 21' 10''$  (\*).

La brújula marina, llamada también *compás*, está formada por una aguja movable sobre un pivote, el disco está pegado sobre la aguja y lleva dibujada una rosa

(\*). Observaciones del Departamento Magnético de Tacubaya.



de los vientos. La aguja es por lo tanto invisible, pero en la caja de la brújula hay una señal llamada *línea de fe*, que corresponde á la línea de simetría del buque. Se lee el ángulo formado por la línea de fe con la punta norte de la aguja, á ese ángulo se le resta la declinación y se obtiene la verdadera dirección del barco.

Con objeto de que la aguja quede horizontal, no obstante los movimientos del buque, la brújula está suspendida por un sistema especial llamado de *Cardán*.

### CUESTIONARIO.

¿De qué trata el magnetismo?—Qué cosa es un imán?—Qué pasa cuando se fracciona un imán?—Qué clase de aparato es la brújula y para qué sirve?

### Explicaciones del Profesor.

Los yacimientos de piedra-imán.—Los métodos de imanación.—Imanación por el paso de una corriente eléctrica.—La fuerza coercitiva.—El acero y el hierro dulce.—Imanes en forma de herradura.—Los imanes Jamin.

---

## X

### ELECTRICIDAD ESTÁTICA.

SUMARIO.—Cuerpos conductores y cuerpos aisladores.—La máquina eléctrica.—La botella de Leyden.—Experimentos con la máquina eléctrica.—El rayo y el pararrayo.

*Experimento.*—Tómese una barra de lacre bien seca, frótese fuertemente con un pedazo de franela que también deberá estar muy bien seca, y acérquese á cuerpos ligeros, como pedacitos de oro volador ó de papel de china, y se verá que estos cuerpecitos son vivamente



atraídos por el lacre frotado, y que tan pronto como hay contacto son rechazados. En algunos casos este último hecho no es muy notable por un fenómeno de adherencia. Pero si una vez frotado el lacre por una extremidad se acerca á los cuerpos ligeros la extremidad no frotada, no se verifica ningún fenómeno de atracción ni de repulsión, lo que demuestra que el lacre no es buen conductor de la electricidad, pues el fluido únicamente se limitó á la parte frotada y no se repartió por toda la masa. Lo mismo pasará al hacer el experimento con una barra de vidrio, ebonita ó azufre.

*Experimento.*—En una jarra llena de agua se introduce un sifón, que puede hacerse fácilmente doblando un tubo de cristal con la ayuda de una lámpara de alcohol, cuidando de sumergir en el líquido la rama más corta del sifón; absorbiendo el aire por la rama más larga, el agua empieza á escurrir sobre una taza ó cualquier otro recipiente.

Si se acerca al chorro de agua una barra electrizada de lacre ó vidrio el chorro se desvía notablemente y llega á formar una S.

Seiscientos años antes de Jesucristo, el filósofo griego Thales descubrió que el ámbar amarillo (*electrón* en griego) tenía, cuando se le frotaba, la propiedad curiosa de atraer á los cuerpos ligeros, y explicaba el fenómeno diciendo que el ámbar *adquiría alma* por efecto del frotamiento y atraía á los cuerpos ligeros como por un soplo. Más tarde, Teofastro, en su "Tratado de las piedras preciosas," menciona la propiedad del ámbar amarillo y hace notar que otros cuerpos, como la turmalina, pueden



adquirir por el frotamiento la misma propiedad que el ámbar.

En el año de 1727 el Sr. Gray acompañado de su amigo Wheeler, se ocupaba en electrizar un tubo de vidrio frotándolo con franela y tuvo la curiosidad de ver si obtendría el mismo resultado tapando el tubo con un corcho. Entonces observó que el tapón se había electrizado á pesar de que el corcho estaba colocado entre los cuerpos *aneléctricos*. Entonces Gray atravesó el corcho con un hilo de cáñamo de cuya extremidad libre colgó una esfera de marfil y comprobó que al frotar el tubo de vidrio la electricidad pasaba hasta el marfil. Gray, llevando adelante sus investigaciones, se subió al tercer piso de una casa, frotó el tubo de vidrio, y la bola de marfil que colgaba hasta cerca del suelo atrajo pequeños cuerpos; de esto dedujo que había habido transmisión de la electricidad. Entonces quiso saber si el experimento saldría lo mismo colocando el hilo horizontal y no verticalmente. Para esto suspendió la cuerda horizontalmente en un jardín, sosteniéndola por medio de hilos de seda muy finos, con la idea de que la electricidad no podría escaparse fácilmente por esos sostenes tan delicados. El experimento salió perfectamente; pero un día que quiso repetirlo, se rompió uno de los hilos y entonces lo reemplazó por un hilo muy delgado, pero metálico. Desde este momento el experimento ya no dió resultado. Este hecho casual fué el que condujo á Gray al notable descubrimiento de los *cuerpos buenos conductores* y los *cuerpos malos conductores ó aisladores*. El cuerpo humano, los vegetales, los animales, los metales, el agua, son buenos



conductores; la seda, el vidrio, la resina, el lacre, el aire seco, son aisladores.

Tyndall hacía la siguiente clasificación de algunos cuerpos:

Conductores.	Medio-conductores.	Aisladores.
—	—	—
Metales.	Alcohol.	Aceites.
Carbón de retorta.	Eter.	Yeso.
Acidos concentrados.	Madera seca.	Caucho.
Soluciones salinas.	Mármol.	Popel seco.
Agua de lluvia.	Papel.	Cabello.
Lino.	Paja.	Seda.
Animales y vegetales.		Vidrio.
		Cera.
		Azufre.
		Goma laca.

*Electroscopios.*—Para reconocer si un cuerpo está electrizado nos valemos de aparatos llamados *electroscopios*. El más sencillo es el péndulo eléctrico que consiste en una columnita de cristal terminada en la parte superior por una pieza metálica encorvada, que sostiene un hilo de seda terminado en una bolita de médula de saúco. Al acercar al péndulo un cuerpo electrizado, la bolita es primero atraída, y apenas hay contacto, rechazada; pero observamos que si se frota una barra de lacre ó de resina por una sola extremidad, y se acerca al péndulo la extremidad no frotada, la bolita no es atraída ni rechazada, sino que permanece inmóvil. Esto indica que la electricidad no se ha repartido por toda la masa de las barras, ó en otros términos, que el lacre y la resina *no son buenos conductores de la electricidad*. En cambio si se frota



una barra de hierro, aislada, por una extremidad y se presenta al péndulo por la otra, la bolita es atraída, lo que demuestra que la electricidad se repartió por toda la masa del cuerpo. Los metales son, pues, *buenos conductores de la electricidad*.

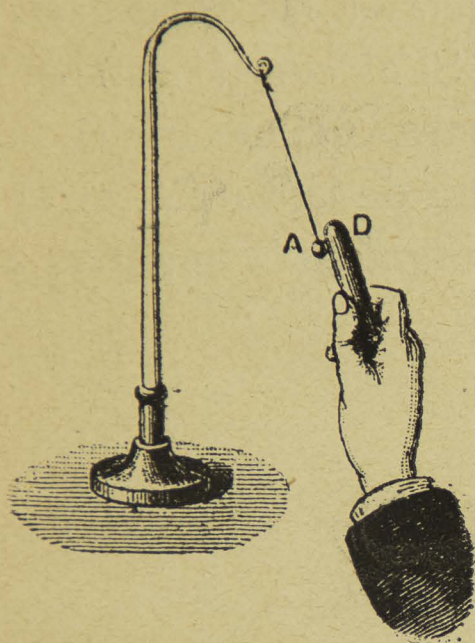


Fig. 85.—Primeramente hay atracción.

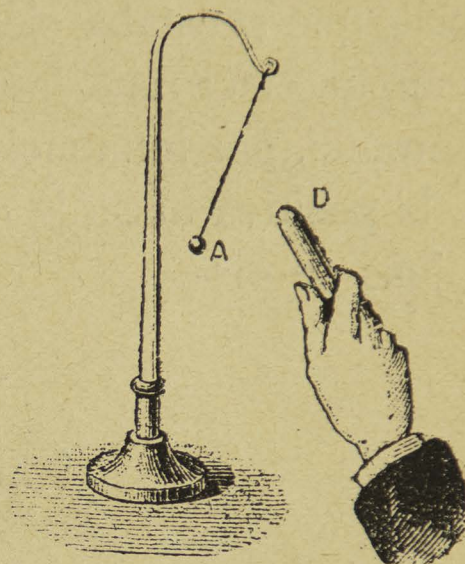


Fig. 86.—Después hay repulsión.

Si después de que la bolita del péndulo ha sido rechazada al hallarse en contacto con una barra de vidrio electrizado, se acerca una barra de resina, se observa una fuerte atracción, y si después de que la bolita ha sido rechazada por la resina, se acerca el vidrio, la bolita es atraída con fuerza. Es decir, que un cuerpo rechazado por el vidrio es atraído por la resina, y recíprocamente: un cuerpo atraído por el vidrio es rechazado por la resina.

Luego la electricidad desarrollada sobre el lacre no es igual á la electricidad desarrollada sobre el vidrio.

El electroscoPIO de hojas de oro se compone de una campana de vidrio B atravesada por una varilla metálica



C que termina exteriormente en una esfera y en la parte interior lleva dos laminitas de oro *n n*. La parte superior de la campana está lacrada, y todo el aparato debe estar muy seco.

Para saber si un cuerpo está electrizado se acerca lentamente al botón C; la divergencia de las hojas haría conocer que sí estaba electrizado. Si el cuerpo estaba, por ejemplo, electrizado negativamente, esta electricidad descompone, por influencia, la neutra de la varilla, atrayendo la positiva hacia la esfera y cargando la negativa á las hojitas de oro.



Fig. 87.—Electroscopio de hojas de oro.

Para saber la clase de electricidad de que está cargado un cuerpo, se comienza por electrizar el electroscopio con una electricidad conocida; supongamos que sea positiva. Después acercamos el cuerpo cuya electricidad se trata de conocer; si las hojas divergen, la electricidad del cuerpo será positiva y si caen será negativa.

*Electróforo*.—El electróforo, inventado por el distin-



guido físico Alejandro Volta, es un pequeño aparato productor de electricidad.

Se compone de una caja cilíndrica de madera, llena de resina fundida, ó bien de un simple disco de ebonita sobre el que se apoya un disco de latón aislado con un mango de vidrio.

Para producir electricidad con este aparato, se sacude la resina con una piel de gato ó se frota la ebonita con un pedazo de franela, y en seguida se apoya encima el disco de latón.

La resina al ser golpeada con la piel de gato se electrizó negativamente, esta electricidad descompone la electricidad neutra del disco metálico atrayendo la positiva á su cara inferior y rechazando la negativa á la superior. Si después tocamos con el dedo la cara superior del disco, la electricidad negativa se pierde por el suelo, y al levantar el disco estará cargado de electricidad positiva. Comprobamos la carga eléctrica del platillo acercando el dedo y viendo que salta una chispa.

Volviendo á poner el platillo sobre la resina y tocando otra vez con el dedo, se cargará de nuevo y es posible repetir muchas veces el experimento sin necesidad de volver á frotar la resina, sobre todo cuando el aire está seco.

#### LA MÁQUINA ELÉCTRICA.

Cabe el alto honor de haber construido la primera máquina eléctrica á Otto de Guéricke, burgomaestre de



Magdeburgo, ya conocido por su invención de la máquina neumática.

Las máquinas que hasta hace pocos años se usaban en los gabinetes eran la de Ramsden y la de Carré, pe-

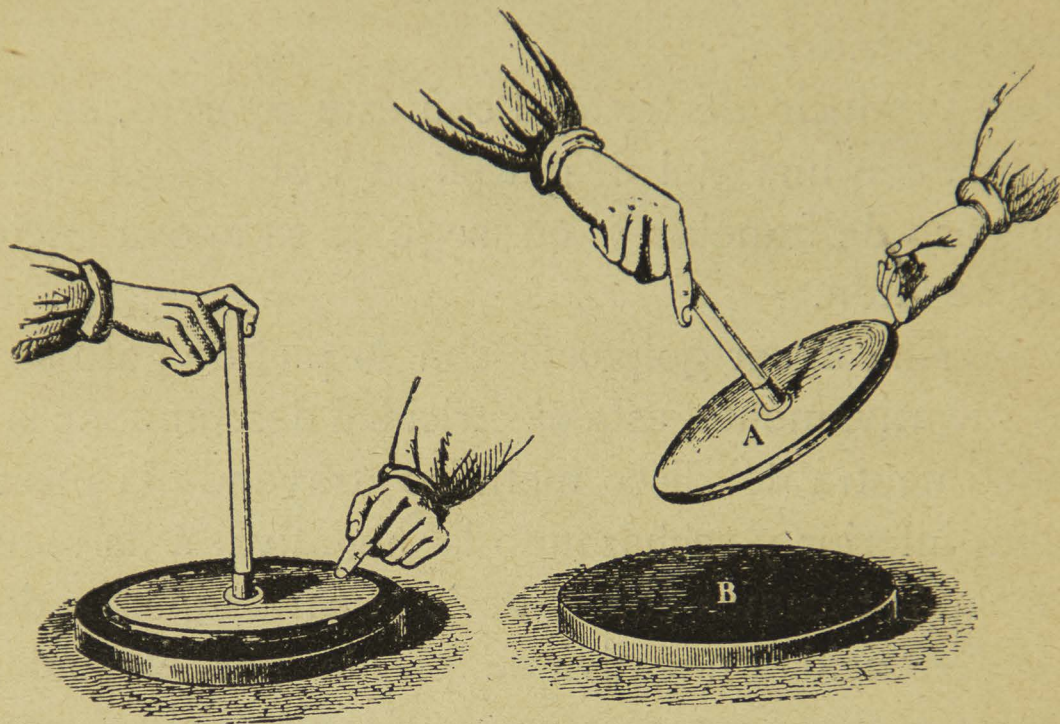


Fig. 88.—Funcionamiento del electróforo de Volta.

ro ahora está enteramente generalizada la de Wimshurst que es de gran potencia y de uso muy cómodo.

*Máquina de Wimshurst.*—La máquina de Wimshurst se compone de dos discos de vidrio, uno algo más pequeño que el otro; y ambos llevan pegadas unas tiritas de papel de estaño en el sentido de los radios, ó bien unos discos con unos casquetes esféricos de latón niquelado. En las extremidades del diámetro horizontal y frente al disco, van dos peines de latón que comunican con los conductores de la máquina. Estos conductores, que pueden



acercarse ó alejarse á voluntad, terminan en unas esferas entre las que saltan las chispas.

Hay, además, otros dos conductores cruzados en án-

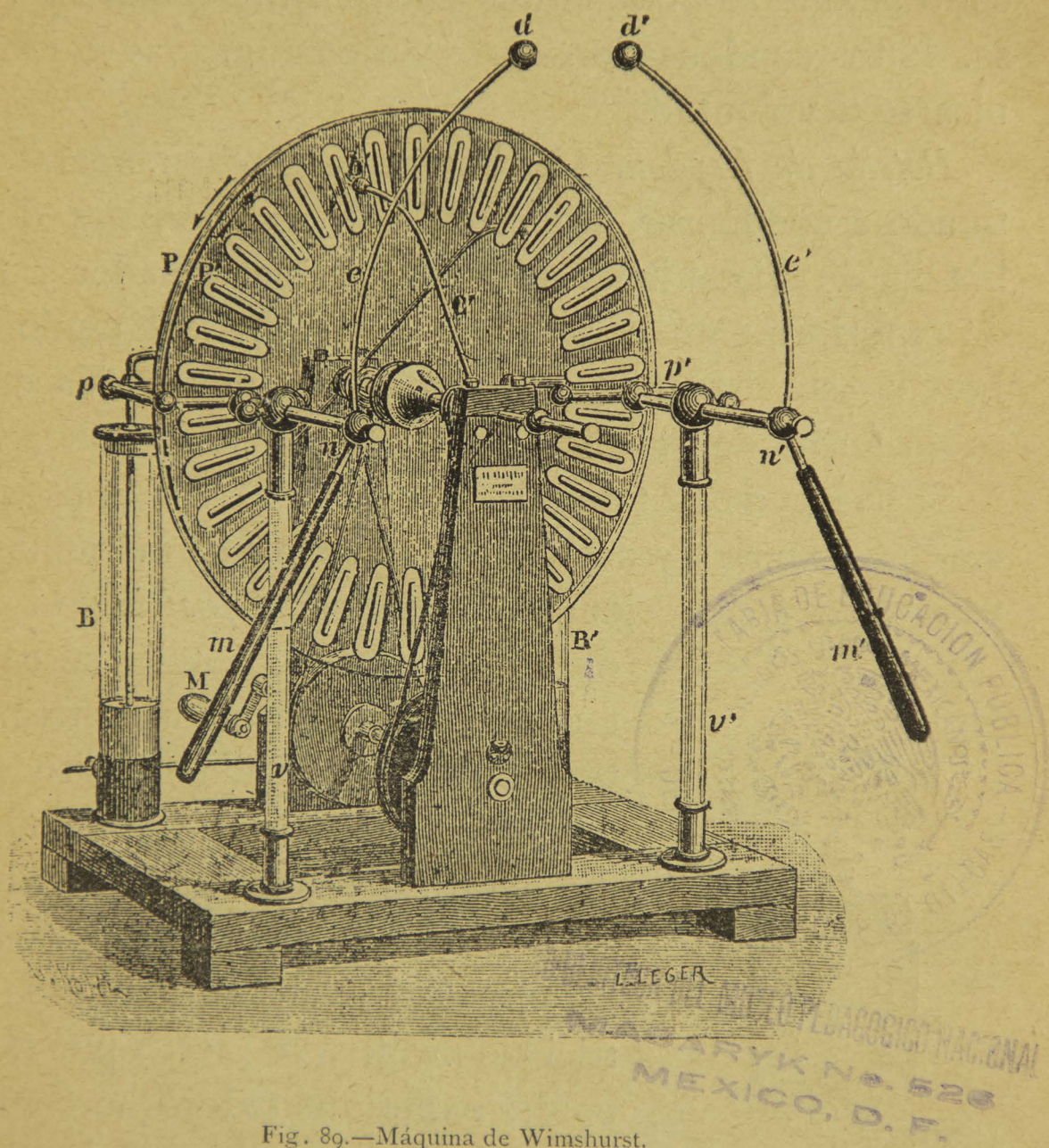


Fig. 89.—Máquina de Wimshurst.

gulo recto y que llevan unas escobillas de talco que fro-  
tan contra las hojas ó discos de estaño.

En las máquinas de construcción más reciente hay un  
conductor provisto de peines frente al disco pequeño é  
inclinado á 45°.



El disco grande lleva unas pequeñas piezas metálicas provistas de escobillas.

En la mesa de la máquina hay dos condensadores con cuyo auxilio se obtiene una chispa muy grande y ruidosa. Estos condensadores pueden comunicarse ó incomunicarse á voluntad.

*Botella de Leyden.*—La botella de Leyden, aparato destinado á condensar la electricidad, se compone de una botella de cristal llena de hojitas de oro volador y forrada exteriormente con papel de estaño. El tapón de la botella está lacrado y atravesado por una varilla metálica en forma de gancho.

Si una persona tiene la botella de Leyden por la armadura exterior y acerca la interior á una máquina eléctrica que dé, por ejemplo, electricidad *positiva*, la armadura interior de la botella se cargará también de electricidad positiva. Entonces esta electricidad positiva descompone, *á través del vidrio*, el estado neutro de la armadura exterior, atrayendo la electricidad *negativa* contra el vidrio y haciendo que la electricidad positiva se pierda por el cuerpo del experimentador que comunica con el suelo.

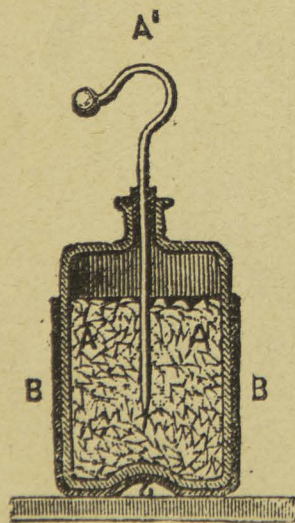


Fig. 90.—Botella de Leyden.

De esta manera se van acumulando las dos electricidades de nombre contrario en las paredes del vidrio de la botella, y la carga será tanto mayor cuanto más grande sea la superficie de la botella.

Para descargar la botella se toca con un arco de metal,



llamado *excitador*, la armadura exterior, después se acerca la otra extremidad del excitador á la armadura interior de la botella y entonces salta una chispa brillante y ruidosa. Si la persona que tiene la botella por la armadura exterior toca con la otra mano la armadura interior, experimenta una conmoción tanto más fuerte cuanto mayor sea la botella y mayor la carga que ésta haya recibido.

#### EXPERIMENTOS CON LA MÁQUINA ELÉCTRICA.

*El campanario eléctrico.*—El aparato para el experimento del campanario eléctrico consiste en una varilla de latón de la cual penden tres timbres, los de las extremidades con cadenas de latón y el central con hilo de seda. Este timbre comunica con el suelo por medio de una cadenita metálica. Entre los timbres hay unos hilos de seda con unas esferitas de latón. Tan pronto como la máquina funciona, las esferitas son sucesivamente atraídas y rechazadas entre los timbres. El fenómeno es muy bonito en la obscuridad, pues se ven saltar numerosas chispas.

Suponiendo que el experimento se ejecute con el polo positivo de la máquina, resulta que los timbres A y B se cargan de electricidad positiva. Esta electricidad descompone la neutra de cada esfera y entonces hay una atracción que se convierte en repulsión en el momento del contacto. Las esferi-

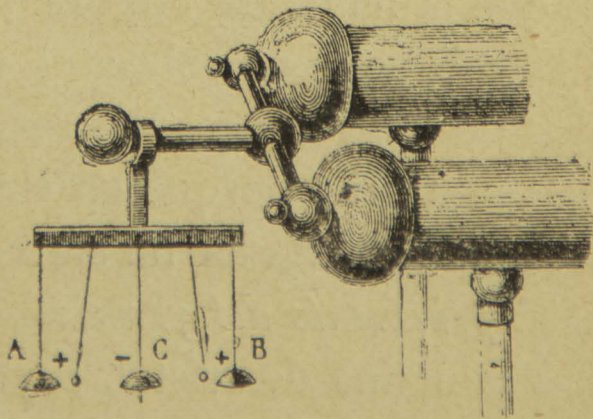


Fig. 91.—El campanario eléctrico.



tas son rechazadas y la electricidad que llevan la comunican al timbre C que la conduce al suelo. Vuelven las esferas al estado neutro, pero como la máquina ha seguido funcionando, se verifica una nueva atracción y así sucesivamente.

*El molinete eléctrico.*—Para demostrar que la electricidad se pierde por las puntas, se fija una varilla en el conductor de la máquina eléctrica, y sobre esta varilla puede girar una estrella de alambre, cuyas puntas están dobladas en el mismo sentido. Al funcionar la máquina, la estrella gira en sentido contrario á la dirección de las puntas.

Al escaparse la electricidad por las puntas, el aire se electriza de la misma clase de electricidad y entonces hay una repulsión. Esta repulsión de parte del aire es la causa del movimiento que adquiere el molinete; lo que se comprueba observando que al hacer el experimento en el vacío el aparato no se mueve.

Puede variarse el experimento colocando en el conductor de la máquina eléctrica una punta metálica encorvada en ángulo recto; si ya que está funcionando la máquina se acerca á la punta una vela encendida, se observa que la flama es impulsada por un soplo. En cambio, si la vela se pone sobre el conductor y se le acerca una punta que se tiene en la mano, la flama se mueve en sentido contrario, porque en este caso la electricidad neutra del experimentador ha sido descompuesta por influencia.

*Experimento del granizo.*—El aparato se compone de una campana de cristal, cuyo cuello está atravesado por una varilla de latón que sostiene un platillo metálico. En



la base hay otro platillo de metal con muchas esferitas de médula de saúco. Se comunica la varilla con la máquina eléctrica, y luego que ésta funciona, se ven saltar las esferitas entre ambos platillos.

*El taburete eléctrico.*—El taburete eléctrico se compone de una plancha de madera sostenida por cuatro pies de vidrio y sirve para aislar á una persona y poder electrizarla por contacto con una máquina eléctrica.

Si estando una persona parada en el taburete eléctri-

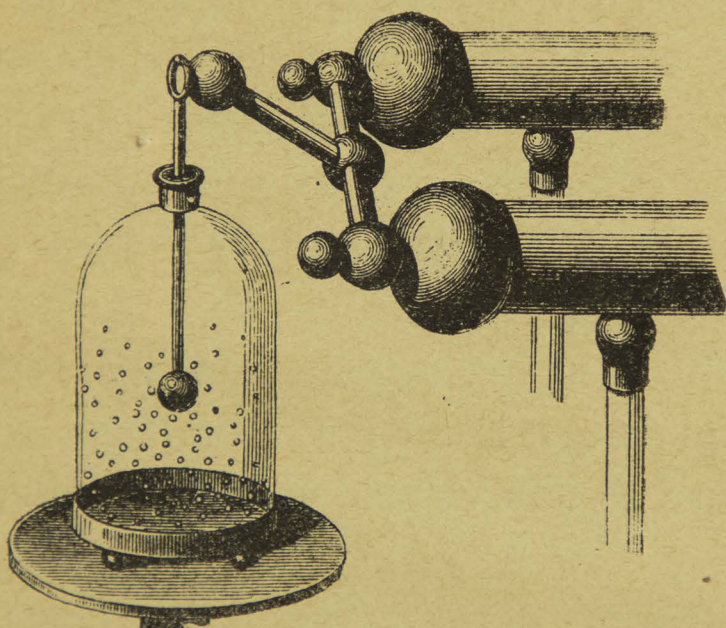


Fig. 92.—Experimento del granizo.

co y en comunicación con un manantial de electricidad, se le toca en cualquier punto del cuerpo, salta una chispa y ambos experimentadores sienten una pequeña conmoción.

El físico Duffay fué quien por primera vez sacó chispas del cuerpo humano, y este experimento llamó mucho la atención.

El banquillo eléctrico sirve para hacer muchos experi-



mentos. Una persona electrizada y aislada en el banquillo produce la atracción de los cuerpos ligeros que se le acercan, y si se colocan en su mano pedacitos de papel de China, son rechazados y se escapan en forma de lluvia. Acercando tubos de cristal con gases enrarecidos á una persona electrizada, los tubos se encienden á distancia por un efecto de influencia eléctrica.

*El rayo y el pararrayo.*—En el año de 1752, Benjamín Franklin descubrió, por medio de su célebre experimento del papelote, que el rayo que se produce durante las tempestades es un fenómeno eléctrico; es realmente una enorme chispa que salta entre dos nubes cargadas de electricidades contrarias ó entre una nube y la tierra. La identidad del rayo y de la chispa eléctrica es completa. La luz es el relámpago, el ruido es el trueno. Ambos fenómenos son simultáneos y si el ruido del trueno lo percibimos después que la luz del relámpago, se debe á que la luz camina con una velocidad mucho mayor que el sonido.

Franklin inventó el pararrayo, aparato destinado á precavernos contra los efectos del rayo.

El pararrayo—que debe colocarse en la parte más elevada del edificio que se trata de proteger—se compone de una barra de hierro de 8 á 9 metros de altura, terminada en una punta de cobre dorado ó de platino; la barra debe comunicarse con el suelo por medio de un cable de alambre de hierro llamado *conductor*, el cual penetra en un pozo ó en una excavación llena de cisco de carbón. Debe cuidarse de que la comunicación entre la varilla y el conductor sea perfecta.



## CUESTIONARIO.

¿Cómo se reconoce si un cuerpo está electrizado?—Cuántas clases de electricidad se conocen?—Cuál es la máquina más usada actualmente en los laboratorios?—Qué experimentos se pueden hacer con la máquina eléctrica?—Hay algún aparato que nos defienda contra los efectos del rayo?

## Explicaciones del Profesor.

Historia de la electricidad.—Las máquinas eléctricas antiguas y modernas.—Coloraciones de los gases enrarecidos por el paso de la electricidad.—Experimentos de Franklin acerca de la electricidad atmosférica.

## XI

## ELECTRICIDAD DINÁMICA Y ELECTRO-MAGNETISMO.

SUMARIO.—Trabajos de Galvani y Volta.—Las pilas eléctricas.—Experimento de Ersted.—Los electro-ímanes.—Las campanas eléctricas.—El telégrafo.—El teléfono.—El micrófono.—Los rayos X.

El experimento de Galvani, tal como se repite anualmente en los gabinetes, consiste en dividir á una rana á

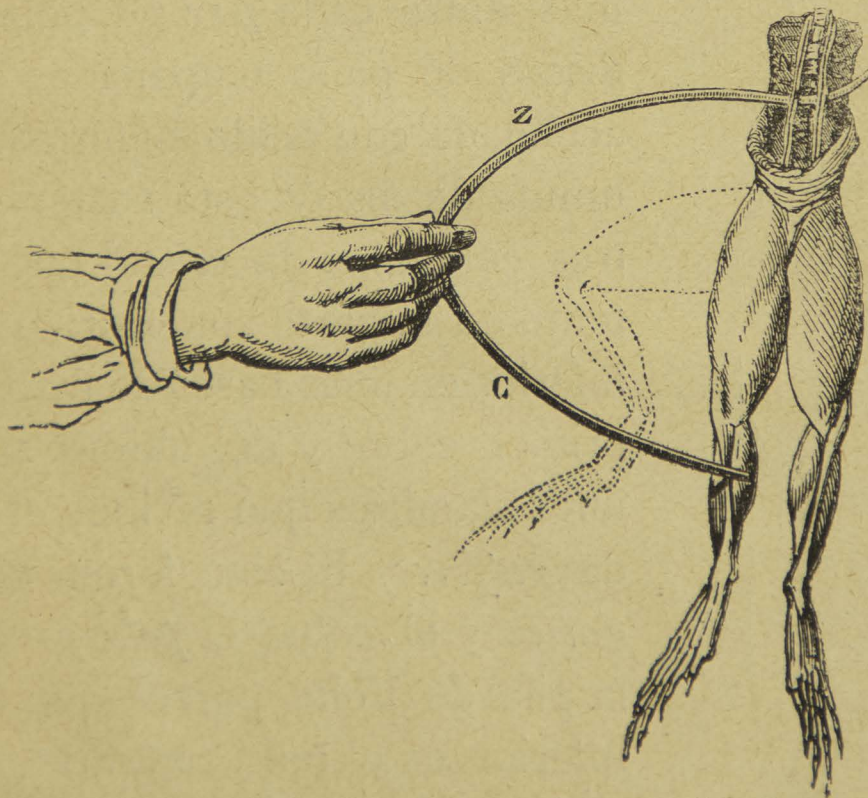


Fig. 93.—Experimento de Galvani.

la altura de los nervios lumbares, en seguida se le despoja de la piel, y después, haciendo uso de un compás, una



de cuyas ramas es de cobre y la otra de zinc, se toca con el cobre los nervios lumbares, y al tocar con el zinc el muslo del animal se observa en aquellos restos unas vivas contracciones.

Este experimento, verificado por primera vez en el año de 1780, sirvió de base á Alejandro Volta para la construcción de su pila, que fué presentada á la Sociedad Real de Londres en el año de 1800.

La pila de Volta se compone de una sucesión de discos de cobre y de zinc soldados entre sí. Estos pares de

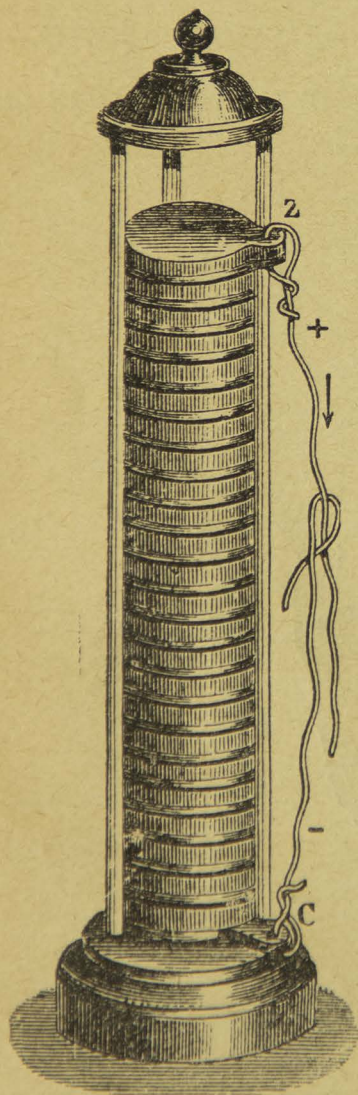


Fig. 94.—Pila de Volta.

zinc se van colocando unos encima de otros, teniendo cuidado de que vayan todos en el mismo orden; además, entre cada *par* se ponen unos discos de paño empapados en agua acidulada con ácido sulfúrico. La columna de discos está sostenida entre tres columnas de cristal que se fijan tanto en la parte superior como en la inferior en unas bases de madera. Del primer cobre y del último zinc salen unos alambres que reciben el nombre de *reóforos*. El zinc forma el *polo negativo* y el cobre el *polo positivo*. En la pila de Volta parece que el cobre inferior es el polo negativo, pero en realidad lo es el zinc, pues el cobre no hace más que veces de conductor; lo mismo decimos del zinc superior que sólo conduce la electricidad posi-



tiva del cobre con quien se halla soldado. La electricidad positiva se designa con *más* (+) y la negativa con *menos* (—).

La reacción en esta pila se expresa de la manera siguiente:

El zinc, lo mismo que el hierro, níquel, cobalto, cromo, vanadio, cadmio, indio y uranio, tiene la propiedad de descomponer el agua á la temperatura ordinaria, en presencia de un ácido enérgico, pues si no hay ácido de por medio, la descomposición se efectúa sólo á la temperatura del rojo sombrío.

En presencia del ácido sulfúrico el zinc descompone el agua en sus elementos O y H; se combina con el O para formar protóxido de zinc, y deja libre al hidrógeno; entonces el óxido de zinc desaloja una molécula de agua del ácido sulfúrico y se forma sulfato de zinc.

Esta sucesión de reacciones produce la corriente eléctrica.

Esta primera pila presentaba graves inconvenientes; la solución ácida se debilita constantemente por la combinación del ácido con el zinc, y el sulfato de zinc que se forma es un cuerpo mal conductor de la electricidad.

Se establecen, además, tensiones eléctricas secundarias, es decir, en sentido contrario al de la corriente principal, y que tienen sobre todo, como causa, la formación de una capa de hidrógeno naciente en la superficie del cobre.

*Pila de Bunsen.*—La pila de Bunsen se compone de un vaso de cristal, dentro de éste hay un cilindro de zinc que tiene una ranura longitudinal, más adentro sigue un



vaso poroso y dentro de éste hay un prisma de carbón. Del vaso de zinc sale un alambre que forma el *electrodo negativo*, y del prisma de carbón sale otro alambre que forma el *electrodo positivo*.

Para que funcione la pila se vierte en el vaso de vidrio agua acidulada con ácido sulfúrico, y en el vaso poroso se pone ácido nítrico.

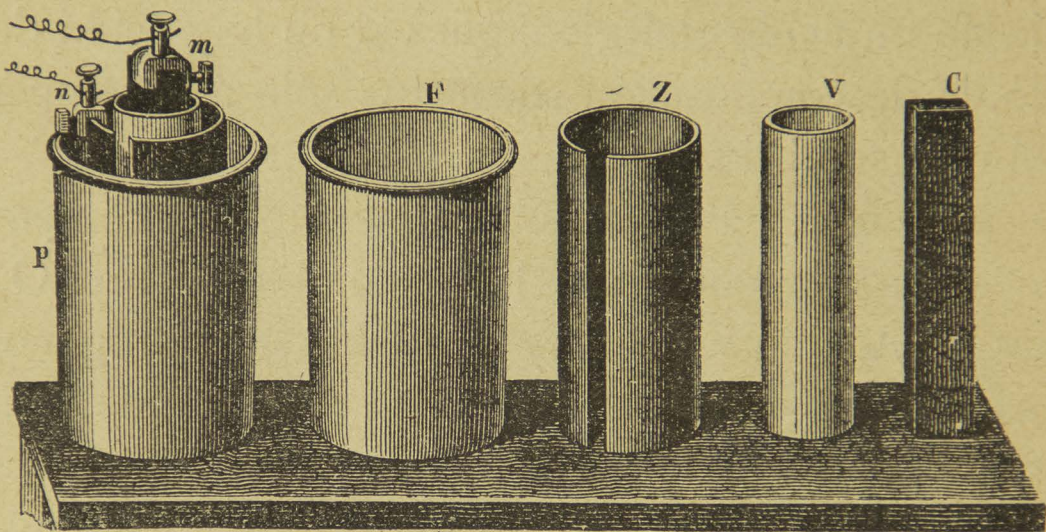


Fig. 95.—Pila de Bunsen.

El zinc, en presencia del ácido sulfúrico, descompone el agua quitándole el oxígeno para formar óxido de zinc y combinándose después con el ácido sulfúrico para formar sulfato de zinc. El hidrógeno del agua que quedó en libertad atraviesa el vaso poroso y va á ponerse en contacto con el ácido nítrico, al cual le quita el oxígeno para formar agua, quedando el ácido nítrico convertido poco á poco en anhídrido hiponítrico.

Esta sucesión de reacciones químicas es lo que produce la corriente en la pila. Para establecer el circuito no hay más que poner los electrodos en comunicación.



*Pila de Grenet.*—La pila de bicromato de potasio ó de Grenet consta de una botella, de cuya tapa penden dos barras de carbón y una de zinc. Esta puede subir ó bajar por medio de un vástago. La pila de Grenet se carga con agua, ácido sulfúrico, bicromato de potasio y una corta cantidad de bisulfato de mercurio. Estas pilas son de gran duración, con tal de tener el zinc levantado mientras la pila no esté en uso.

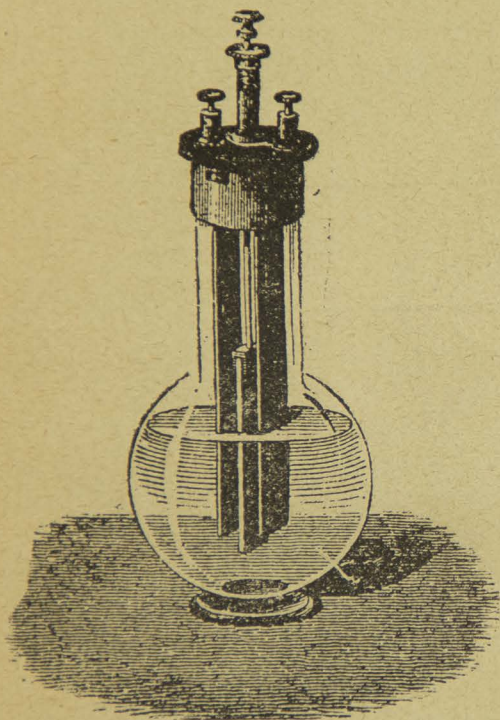


Fig. 96.—Pila de Grenet.

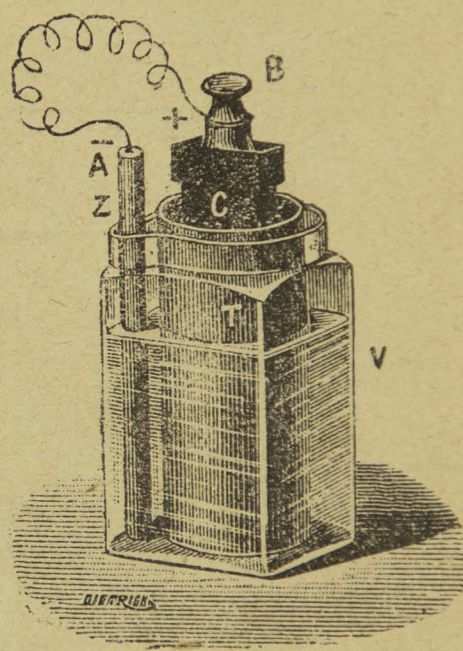


Fig. 97.—Pila de Leclanché.

*Pila de Leclanché.*—La pila de Leclanché se compone de un vaso de cristal con una solución concentrada de clorhidrato de amoníaco. El polo negativo lo forma una barra de zinc amalgamado y el polo positivo está formado por un prisma de carbón de retorta que se sumerge en un vaso poroso lleno con una mezcla de bióxido de manganeso y coke.

*Experimento de Ørsted.*—En el año de 1820, el físico Ørsted, profesor de física en la Universidad de Copen-



hague, descubrió que cuando una corriente eléctrica pasa por un alambre situado en el plano de una aguja magnética y cerca de ella, la aguja tiende á ponerse en cruz con la dirección de la corriente. El sentido de la desviación es dada en todos los casos por la siguiente regla de Ampere:

*El polo norte de la aguja imanada se desvía siempre hacia la izquierda de la corriente.*

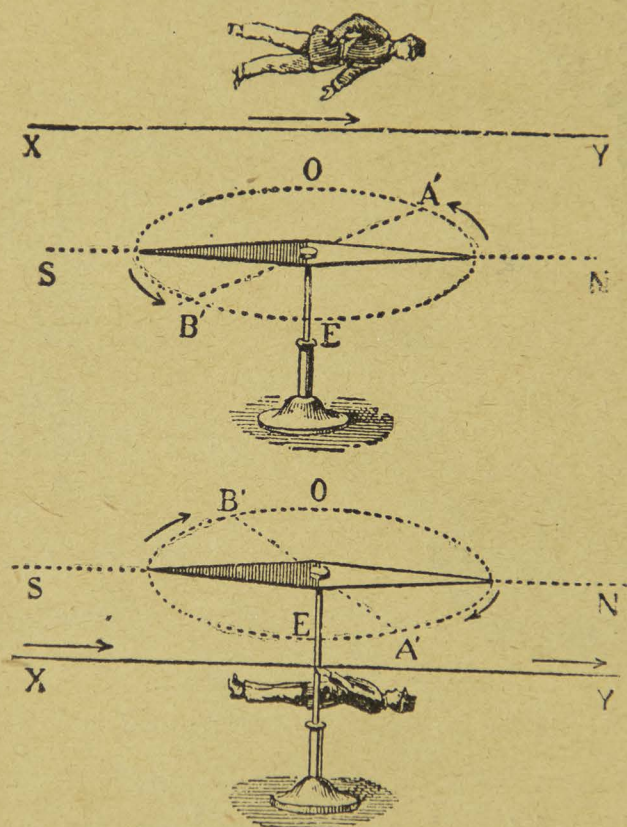


Fig. 98.—Experimento de Oersted.

Para definir la izquierda de la corriente, supongamos, como hacía Ampere, á un observador acostado sobre el hilo conductor, de tal manera que la corriente le entre por los pies y le salga por la cabeza, debiendo, además, estar siempre viendo la aguja; la izquierda del observador será la izquierda de la corriente. Así, por ejemplo, supon-



gamos una corriente X Y que camine de Sur á Norte por encima de una aguja imanada; el polo Norte se desviará hacia el Oeste ó sea hacia la izquierda del hombre y se colocará en la dirección A' B'.

Si la corriente pasa por debajo, también de Sur á Norte, el polo Norte de la aguja se desviará hacia el E., ó sea hacia la izquierda del hombre.

Si no obrara la acción de la tierra, la aguja imanada se pondría exactamente *en cruz* con la dirección de la corriente, cualquiera que fuera la intensidad de ésta, pero la tierra tiende á volver á la aguja á la dirección Norte-Sur.

*Electro-imán.*—Un electro-imán está formado por una barra de hierro dulce A B que sirve de eje á un carrete de madera C en el que se enrolla un alambre de cobre aislado con seda. Si se hace pasar una corriente por el alambre, el eje de hierro se convierte inmediatamente en un imán, de lo que se convence uno viendo que atrae al acero, al níquel, al fierro, y que introducido el polo A ó el polo B en marmaja, forma un hermoso penacho; pero tan pronto como se interrumpe la corriente pierde todo poder magnético.

*Campana eléctrica.*—Una campana eléctrica se compone de una plancha de madera dispuesta verticalmente y sobre la cual se fija un electro-imán E, al cual llega por un terminal M la corriente de una pila. Saliendo del electro-imán, la corriente sigue por una lámina elástica de acero C que lleva la armadura A del electro-imán. Sigue después por un resorte de latón B que está en contacto con la armadura y regresa á la pila por el terminal N.



Cada vez que pasa la corriente por el electro-imán, la armadura es atraída y con ella el martillo P que pega contra el timbre T y lo hace sonar. Pero en el momento en que la armadura es atraída por el electro-imán, ce-

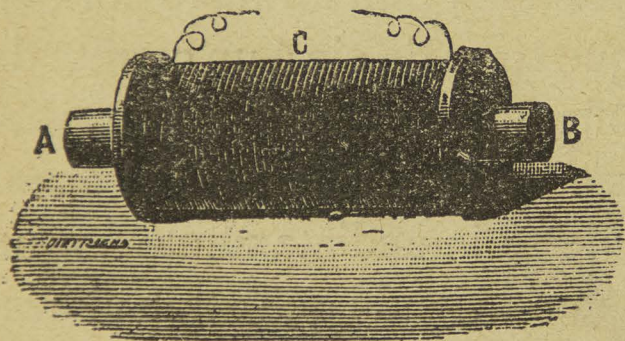


Fig. 99.—Electro-imán.

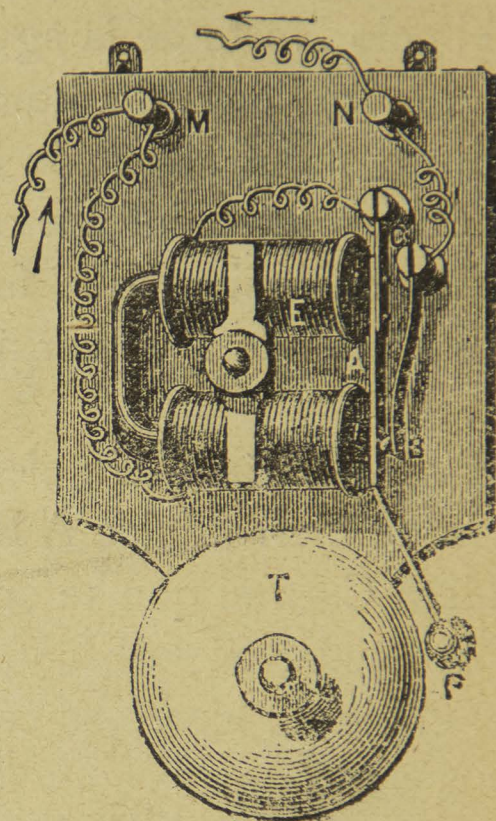


Fig. 100.—Campana eléctrica.

sa el contacto entre la armadura A y el resorte B, y entonces se interrumpe la corriente. Quedando abierto el circuito, el electro-imán pierde su poder atractivo y entonces la lámina de acero, en virtud de su elasticidad, impulsa á la armadura contra el resorte B, pasa de nuevo la corriente y se repite la misma serie de fenómenos.

Para hacer funcionar la campana á distancia hay que interrumpir el circuito en uno de sus puntos, y aquí se coloca un botón de marfil, que al ser comprimido, pone



en contacto dos resortes de latón que establecen la corriente.

#### TELÉGRAFO DE MORSE.

El telégrafo—de *tele*, lejos, y *gráfo*, escribir—es una reunión de aparatos que sirven para transmitir á distancia la palabra escrita.

Un telégrafo se compone principalmente de la pila, la línea, el manipulador y el receptor. La pila que se usó mucho tiempo en los telégrafos fué la de Daniell; ahora se prefiere la de Callaud; la línea consiste en un alambre de cobre sostenido por unos postes de madera que se colocan de distancia en distancia y que llevan unos aisladores de vidrio.

En el momento en que queremos mandar una señal establecemos la corriente, y entonces el electroimán atrae á la armadura; si interrumpimos la corriente, la armadura dejará de ser atraída.

La experiencia ha demostrado que no es necesario el hilo de regreso, y que basta comunicar con el suelo, en una estación, uno de los hilos del electroimán, y en la otra estación comunicar, también con el suelo, uno de los hilos de la pila.

El manipulador consiste en una palanca de primer género *ab* que está apoyada en una de sus extremidades

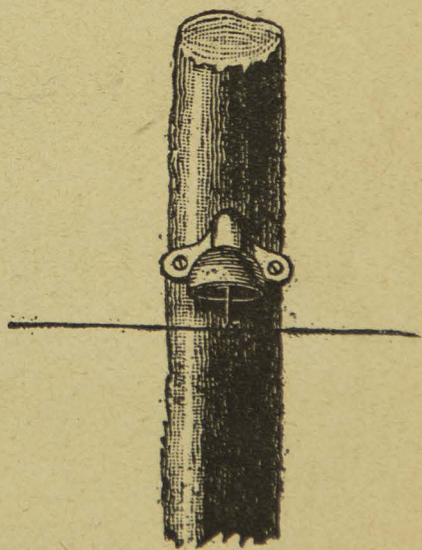


Fig. 101.—Poste y aislador.



sobre una pieza metálica por donde pasa la corriente; en la otra extremidad tiene un botón de madera ó de marfil

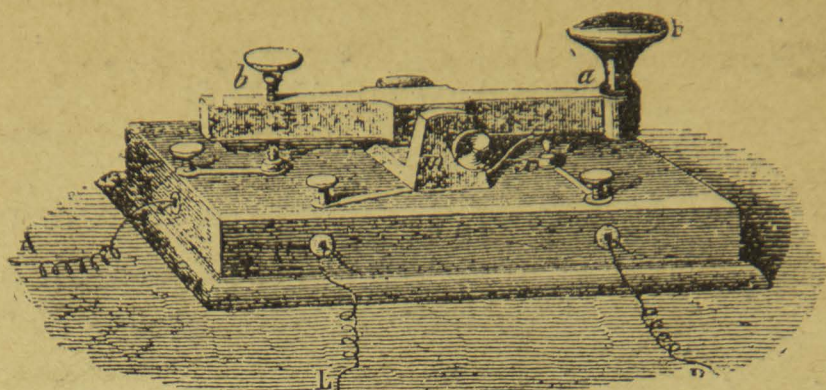


Fig. 102.—El manipulador.

B, que lleva inferiormente un pivote que apoya so-

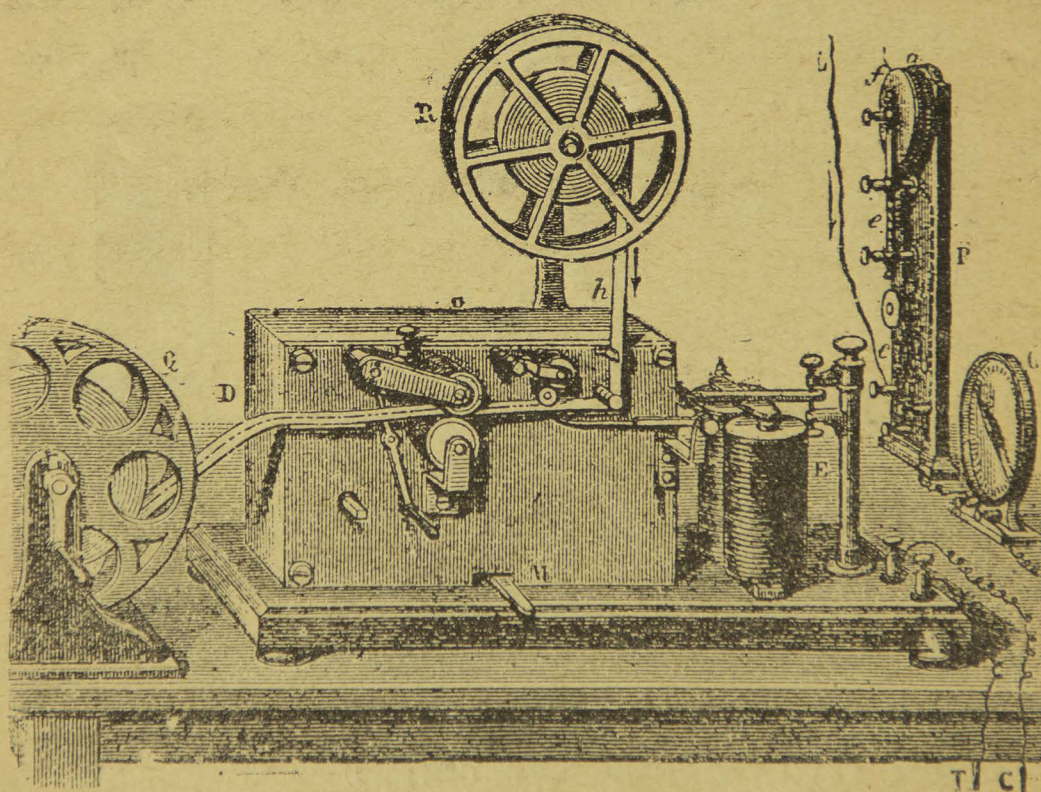


Fig. 103.—El receptor.

bre un pequeño yunque cuando el telegrafista oprime el botón.

El receptor consiste en una caja de cristal D que lle-



va en su interior un movimiento de relojería; en la parte superior tiene una rueda R donde se enrolla una tira de papel, delgada y muy larga. Esta tira pasa por unos cilindros y va á enrollarse en una segunda rueda Q colocada lateralmente. A un lado de la caja hay un electroimán E, arriba del cual se encuentra una pieza de hierro dulce A en comunicación con una palanca. Cuando el telegrafista de una estación apoya el dedo sobre el botón del manipulador, se establece la corriente, se imana la armadura del electroimán, la barra de hierro dulce es atraída y entonces la palanca obliga á la tira de papel á apoyarse sobre el cilindro entintador. Si el contacto dura un instante se produce un punto en la tira de papel, y si el contacto es prolongado se produce una raya más ó menos larga. El alfabeto de Morse y el adaptado ahora como alfabeto internacional consta de puntos y rayas.

He aquí cómo se representan las vocales en el telégrafo de Morse:

a . —	i . .	u . . —
e .	o — — —	

Además de los aparatos que hemos mencionado, hay en un telégrafo el aparta-rayos, que sirve para evitar una descarga cuando existe mucha electricidad en la atmósfera; el galvanómetro para saber la existencia, intensidad y dirección de la corriente, un timbre, etc., etc.

En la actualidad casi no se emplea ya el receptor



Morse, sino sencillamente un electro-imán llamado *sonador*, y los telegrafistas reciben los telegramas *al oído*.

En el año de 1886 el sabio alemán Enrique Hertz descubrió que la electricidad era susceptible de propagarse en forma de ondas; y en el año de 1890 Eduardo Branly, que los metales en palos, que de ordinario son malos conductores de la electricidad, se vuelven buenos conductores bajo la influencia de las ondas de Hertz.

En estos descubrimientos se fundó el joven italiano Guillermo Marconi para su invento de la telegrafía sin alambres.

Ahora es posible enviar telegramas á través del espa-

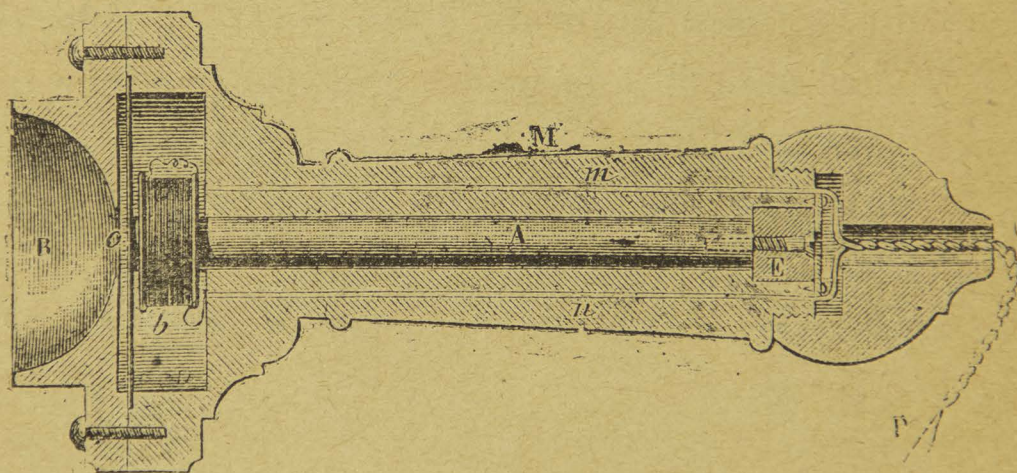


Fig. 104.—Un aparato telefónico.

cio, sin necesidad de alambres, hasta una distancia de 140 kilómetros.

*El teléfono.*—El teléfono inventado por el sabio americano Graham Bell, de Boston, es un aparato que sirve para hablar á gran distancia. Se compone de una pequeña barra imanada, colocada dentro de una caja ó estuche de madera, y que lleva en una de sus extremidades un pequeño carrete dónde se enrolla un alambre de cobre ais-



lado con seda. Las extremidades del alambre bajan á lo largo del estuche y salen por la otra punta. Frente á la extremidad ó polo del imán, donde está el carrete, se halla una lámina delgada de hierro que está fija por su contorno en una bocina que forma cuerpo con el estuche de madera.

Un aparato como el descrito comunica por medio de alambres de cobre aislados con seda, con otro enteramente igual, y cada uno de estos aparatos sirve alternativamente para hablar ó para escuchar.

Las vibraciones de la placa, delante de la cual se habla, determinan variaciones de intensidad en la fuerza de la barra que se halla en el estuche; y esas corrientes al pasar de un carrete á otro á través del hilo conductor, van á hacer variar de idéntica manera la fuerza de la barra del estuche receptor, lo que da origen á que la segunda placa vibre de igual manera que la primera, obteniéndose así, para el que escucha, sonidos iguales á los que producen la voz del que habla.

En los teléfonos modernos se ha introducido en el circuito una pila de corta intensidad y un micrófono.

Existen hoy líneas telefónicas en todas las ciudades importantes del mundo. El primer servicio á gran distancia se estableció en Bélgica entre Bruselas y Amberes, á 44 kilómetros. En América es donde existe la línea más larga construída hasta hoy, entre Nueva York y Boston, pues mide 1,000 kilómetros.

La palabra puede llevarse, pues, á 250 leguas, siempre que los hilos sean de cobre y que haya hilo de regreso.

Innumerables son las aplicaciones que ha prestado el



teléfono. Se empleó en la última guerra con los rusos, siendo los cables tan ligeros que un solo hombre podía colocarlos á pesar de medir de 400 á 500 metros.

Otra de las mayores ventajas del teléfono es su aplicación á la marina para el servicio de los buques, en puertos y fuertes marítimos, así como para transmitir las órdenes dentro de los buques.

Entre las aplicaciones industriales que se han hecho del teléfono se cuenta la que se intentó en el año de 1877 en Inglaterra y América para el servicio de las minas. Las galerías de éstas son algunas veces muy largas, y la transmisión de órdenes de servicio necesitaba emplear telégrafos eléctricos; pero como los mineros no están muy prácticos en el manejo de estos aparatos, el servicio dejaba mucho que desear. El teléfono, que permite á cualquiera persona transmitir y recibir comunicaciones sin práctica previa, hace que se faciliten las órdenes entre las galerías y el exterior.

Ha sido posible emplear los hilos telegráficos para el envío de mensajes telefónicos, sin que se perturbe una y otra comunicación. El Sr. Ingeniero D. Manuel Ramírez ha verificado ensayos fructuosos entre México, Puebla, Toluca y Cuernavaca.

*El micrófono.*—El micrófono es un aparato que sirve para aumentar la intensidad de los sonidos muy débiles. El más sencillo es el de Hughes.

Se compone de dos planchas de madera que forman ángulo recto; en la plancha vertical hay dos dados de carbón que tienen unas cavidades donde se apoya una ba-



rra cilíndrica de carbón, cuyas extremidades son cónicas:  
una especie de lápiz de dos puntas.

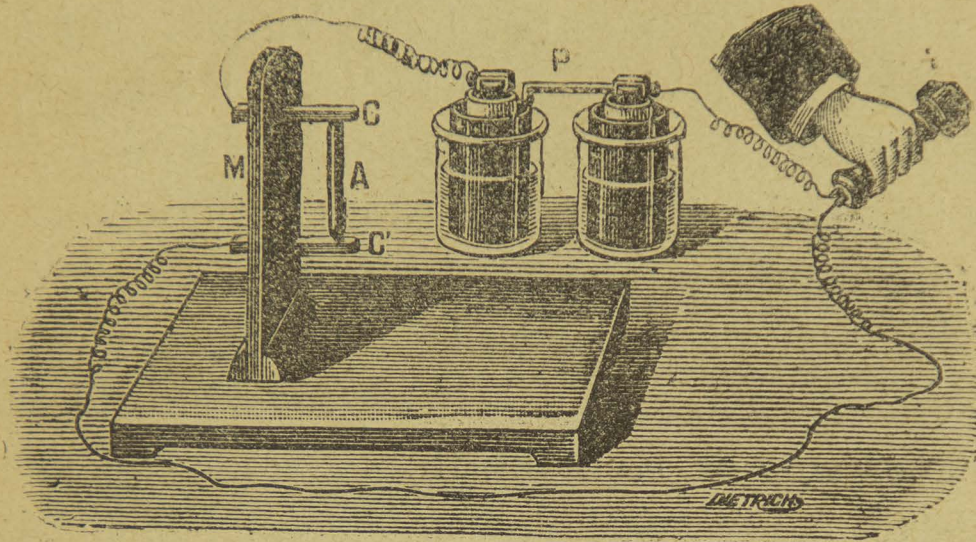


Fig. 105.—El micrófono.

De uno de esos dados sale un alambre que va á dar al polo de una pila; del otro polo de la pila parte un alambre que comunica con uno de los contactos de un aparato telefónico, y el otro contacto se une, por medio de un alambre, con el otro dado del micrófono. Si se coloca en la plancha un reloj ó un insecto, las vibraciones se transmiten á la plancha vertical, y de aquí á los dados y al lápiz de dos puntas. Estas modificaciones en la corriente se traducen en vibraciones de la lámina telefónica, pero de tal manera intensas que el tic-tac de un reloj se oye como si alguien golpeará sobre la tabla, y puede percibirse el andar de un insecto.



## LOS RAYOS X.

En los primeros días de Enero de 1896 un periódico francés, *La Rappel*, publicaba una pequeña nota escrita por el redactor científico Sr. Jorge Vitoux, anunciando el descubrimiento hecho por el Profesor Röntgen, de la Universidad alemana de Wurzburg, de un procedimiento para fotografiar á través de los cuerpos opacos.

El sabio alemán se encontraba en Diciembre de 1895 en su laboratorio, estudiando las propiedades de los *rayos catódicos* en un tubo de Crookes iluminado por un poderoso carrete de Ruhmkorff.

Al efecto, había instalado cerca una pantalla cubierta con una substancia fosforescente—platino cianuro de bario,—substancia que presenta la particularidad de dar una fluorescencia muy brillante cada vez que es influenciada por los rayos catódicos.

En el curso de sus investigaciones el Sr. Röntgen, queriendo impedir que los rayos catódicos producidos en su aparato llegaran á la pantalla sensible, cubrió el tubo de Crookes con una caja de cartón. No obstante que la caja de cartón era perfectamente opaca para la luz ordinaria, la pantalla continuó brillando con luz fosforescente.

¿Cómo explicarse este fenómeno inesperado sino por la hipótesis de que á pesar del estuche de cartón que cubría el tubo, la pantalla sensible recibía rayos capaces de excitarla y que habrían tenido que atravesar el obstáculo? Pero una vez observado el hecho, faltaba ver si el cartón era el único cuerpo que poseía la facultad imprevista de dejarse atravesar por ciertos rayos producidos



por los tubos de Crookes y capaces de hacer luminiscente el platino cianuro de bario.

El Sr. Röntgen comenzó á interponer entre el tubo y la pantalla diversos cuerpos opacos, como papel, madera, láminas delgadas de aluminio, telas gruesas de lana y algodón, y el fenómeno seguía verificándose. Pero los ensayos llevados á cabo con láminas metálicas algo gruesas, indicaron que si hay cuerpos transparentes para esos rayos misteriosos, hay otros completamente opacos, es decir, que no se dejan atravesar.

El Sr. Röntgen trató en seguida de averiguar si esos rayos ejercían influencia sobre las substancias químicas y substituyó á la pantalla de platino-cianuro de bario una placa fotográfica. La placa fué impresionada rápidamente.

El descubrimiento quedaba, pues, completo con este experimento capital, y entonces el distinguido sabio alemán se apresuró á ejecutar el experimento definitivo y concluyente que tanto llamó y llama todavía la atención del público.

El Sr. Röntgen comenzó por encerrar en una caja de madera dos monedas de un peso, colocó la caja sobre una placa fotográfica envuelta en muchas hojas de papel negro y expuso la caja á la acción del tubo de Crookes. Una vez revelada la placa, apareció clara la imagen de las dos monedas.

Entonces el distinguido profesor tuvo la idea de radiografiar la mano de un sér viviente, y todos conocemos el notable resultado que obtuvo: el esqueleto de la mano quedó completamente marcado y el tejido blando aparecía como una sombra debilísima.



La fotografía á través de los cuerpos opacos era ya un nuevo triunfo de la ciencia, y no tardó en encontrar fecundas y notables aplicaciones.

### CUESTIONARIO.

¿Qué experimento sirvió de base á la electricidad dinámica?—Cuál fué la primera pila?—Cuáles son las pilas más usadas en la actualidad?—En qué consistió el experimento de Ersted?—Cómo es un electro-imán?—Qué aplicaciones han tenido los electro-imanés?—Qué son los Rayos X?

#### Explicaciones del Profesor.

Volta y sus inventos.—Trabajos de Arago, de Ampere y de Faraday.—Acción de las corrientes sobre los imanes.—Las corrientes de inducción.—El carrete de Ruhmkorff.—Los trabajos de Marconi.

---

## XII

### LOS FENÓMENOS DE LA ATMÓSFERA.

SUMARIO.—La atmósfera.—Meteoros aéreos, luminosos, acuosos y eléctricos.

Siendo la atmósfera el océano aéreo en que vivimos, el estudio de sus fenómenos reviste el mayor interés.

Por mucho tiempo se creyó que el aire era un cuerpo simple, pero desde los trabajos del gran Lavoisier á fines del XVIII quedó comprobado que el aire es una mezcla de los gases oxígeno y nitrógeno. La composición normal del aire según experimentos recientes es como sigue:

Nitrógeno . . . . .	79.2
Oxígeno . . . . .	20.8
Argón . . . . .	0.01
Vapor de agua . . . . .	0.010
Acido carbónico . . . . .	0.0004



Existe también en el aire, en cantidades variables, ácido nítrico, nitrito y nitrato de amoníaco, carburos de hidrógeno, ozono é hidrógeno libre.

Todos los fenómenos que se verifican en la atmósfera se conocen con el nombre de *meteoros*, y éstos pueden ser de cuatro clases: *aéreos*, *luminosos*, *acuosos* y *eléctricos*.

Los meteoros aéros son los vientos que tiene principalmente por causa una diferencia de temperatura entre dos masas de aire cercanas.

Si un lugar determinado de la tierra se calienta por la acción de los rayos solares, el aire en contacto con ese lugar también se calienta, disminuye de densidad y asciende. Entonces las masas laterales se dirigen á ocupar el lugar del aire que ascendió y entonces se producen corrientes que son las que constituyen los vientos.

Los vientos regulares por excelencia, es decir, aquellos que soplan todo el año en la misma dirección, son los *alisios*, que soplan constantemente de N. E. á S. W. en el hemisferio boreal, y de S. E. á N. W. en el hemisferio austral, y que tiene por causa la diferencia de temperatura entre la zona de ecuador y las otras zonas de la tierra.

Para la dirección del viento se adaptan los 8 rumbos principales, á saber: Norte, Sur, Este, Oeste, Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste.

La dirección del viento se mide con un aparato llamado *veleta* y la velocidad del viento ó sea el número de metros que recorre por segundo, se calcula con un aparato llamado *anemómetro*.<sup>(\*)</sup>

(\*) Para pormenores completos véase los "Fenómenos del Aire" por Luis G. León.



Las brisas son vientos que soplan en las costas alternativamente del mar á la tierra y de ésta al mar. Se cree que son debidas á la siguiente causa: La tierra en el día se calienta más que el agua del mar; por consiguiente, el aire que está en contacto con ella se dilata y se eleva, siendo reemplazado por el aire más frío que estaba en contacto con el agua. Esta brisa empieza á soplar después de la salida del Sol, aumenta de intensidad entre 2 y 3 de la tarde y decrece á la puesta del Sol. En la noche la tierra se enfría con mayor violencia que el mar y da lugar á una corriente de aire en sentido contrario, es decir, de la tierra al mar.

Los meteoros luminosos son aquellos en los que interviene la luz. Entre otros citaremos el arco-iris, los halos, las coronas y los crepúsculos. Todos estos fenómenos tienen por causa principal la descomposición de la luz blanca del Sol á través de las gotas de agua de lluvia, ó de los cristales de hielo de que están formadas las nubes llamadas *cirrus* y *cirro-stratus*.

Los meteoros acuosos son aquellos en los que interviene el agua, como las nubes, la lluvia, el rocío, el sereno y la helada.

Las nubes resultan de la condensación de los vapores que constantemente se elevan del suelo, así es que las nubes están formadas ó por cristales de hielo ó por gotitas de agua sumamente finas y no por vapores como se creyó por tanto tiempo.

Howard fué quien propuso la primera clasificación de nubes en los cuatro tipos siguientes: *cirrus*, *cúmulus*, *stratus* y *nimbus*.



La Comisión Internacional de Nubes, reunida en Upsala en 1895, propuso la siguiente clasificación que ha sido adoptada en los principales Observatorios del mundo:

**A. Nubes superiores**, 9,000 metros por término medio.

- a. 1. *Cirrus*
- b. 2. *Cirro-stratus*.

**B. Nubes medianas**, entre 3,000 y 7,000 metros.

- a. { 3. *Cirro-cúmulus*.
- 4. *Alto-cirrus*.
- b. 5. *Alto-stratus*.

**C. Nubes inferiores**, menos de 2,000 metros.

- a. 6. *Strato-cúmulus*.
- b. 7. *Nimbus*.

**D. Nubes de las corrientes ascendentes diurnas.**

- a. 8. *Cúmulus*. Cima 1,800 metros, base 1,400.
- b. 9. *Cúmulo-nimbus*. Cima 3,000 á 8,000 metros, base 1,400 metros.

**E. Altas nieblas**, menos de 1000 metros.

- 10. *Stratus*.

Para estudiar las formas de las nubes se ha recurrido á la fotografía, y para estudiar su altura, velocidad y dirección se recurre á instrumentos llamados *nefoscopios*.

La lluvia es la caída de gotas de agua de las nubes. La cantidad de agua de lluvia caída en un lugar se mide en aparatos llamados *pluviómetros*.

El rocío es la condensación del vapor de agua atmosférico, como resultado del enfriamiento de aire. En las mañanas de primavera se observan muy bien las gotas



de rocío en las hojas de las plantas y en los pétalos de las flores.

Los meteoros eléctricos son aquellos en los que interviene la electricidad, tales como el rayo, el granizo, las trombas y las auroras polares.

El rayo—del que ya hemos hablado en capítulo anterior,—es la descarga eléctrica que se verifica entre dos nubes tempestuosas cargadas de electricidades contrarias ó entre una nube y la tierra.

El granizo es la caída de pedruscos de hielo de las nubes de tempestad. Algunos autores creen que la formación del granizo se debe á la atracción y repulsión de los cristales de hielo entre dos nubes cargadas de electricidades contrarias; pero últimamente ha prevalecido la teoría de que el granizo se debe al fenómeno conocido en Física con el nombre de sobrefusión, es decir, que el agua tranquila puede resistir una temperatura hasta de 12 grados abajo de cero sin solidificarse, pero basta la menor conmoción para que inmediatamente se solidifique.

Las granizadas abundantes causan grandes perjuicios á la Agricultura.

#### CUESTIONARIO.

¿Qué es la atmósfera?—Cómo se llaman los fenómenos que se verifican en el aire?—Qué clase de vientos son los alisios?—Qué causa produce la lluvia?—A qué se debe el arco-iris?—Qué clase de fenómeno es el granizo?

#### Explicaciones del Profesor.

La composición del aire.—Experimento de Lavoissier.—Los huracanes.—Las tempestades.—La electricidad atmosférica.—Los observatorios.

**FIN.**



## INDICE.

---

Capítulos.	Págs
I. GENERALIDADES.—Los tres estados de la materia.—La extensión y la impenetrabilidad.—El estado esferoidal.—Los fenómenos físicos y los fenómenos químicos.....	7
II. NOCIONES DE MECÁNICA.—La mecánica y su objeto.—Las fuerzas y sus elementos.—Las palancas.—Otras máquinas sencillas.—El movimiento .....	11
III. GRAVEDAD.—Los cuerpos son pesados.—El tubo de Newton.—El martillo de agua.—Centro de gravedad.—Las tres clases de equilibrio.—La balanza.—Método de la doble pesada.—La romana y la báscula.....	18
IV. HIDROSTÁTICA.—El principio de Pascal.—Las presiones de los líquidos.—El principio de Arquímedes.—El ludión.—Vasos comunicantes.—Los niveles.—Las densidades de los cuerpos.....	27
V. NEUMÁTICA.—La fuerza expansiva de los gases.—La presión atmosférica y sus efectos.—El experimento de Torricelli.—Los globos.—El sifón.—La máquina neumática .....	41
VI. ACÚSTICA.—Cuerpos sonoros.—Propagación del sonido.—Reflexión.—El eco.—Cuerdas y tubos.—El fonógrafo.	53
VII. OPTICA.—Cuerpos luminosos y opacos.—Sombra y penumbra.—Reflexión y Refracción de la luz.—El prisma.—Las lentes.—Instrumentos de óptica .....	62
VIII. CALOR.—Efectos del calor.—La dilatación.—El termómetro.—La evaporación.—La ebullición.—La destilación.—Las máquinas de vapor.—Reflexión del calor.—El calor radiante.....	80
IX. MAGNETISMO.—Los imanes naturales y los imanes artifi-	



	ciales.—Los polos y la línea neutra.—La aguja magnética.—La ley de los imanes.—La brújula.....	99
X.	ELECTRICIDAD ESTÁTICA.—Cuerpos conductores y cuerpos aisladores.—La máquina eléctrica.—La botella de Leyden.—Experimentos con la máquina eléctrica.—El rayo y el pararrayo.....	105
XI.	ELECTRICIDAD DINÁMICA Y ELECTRO-MAGNETISMO.—Trabajos de Galvani y Volta.—Las pilas eléctricas.—Experimento de Oersted.—Los electro-imanes.—Las campanas eléctricas.—El telégrafo.—El teléfono.—El micrófono.—Los rayos X.....	119
XII.	LOS FENÓMENOS DE LA ATMÓSFERA.—La atmósfera.—Meteoros aéreos, luminosos, acuosos y eléctricos.....	136





RECOMENDAMOS  
A LOS SEÑORES PROFESORES

LAS SIGUIENTES OBRAS MODERNAS DEL PROFESOR LUIS G. LEON:

Física Popular.. . . . .	\$ 2 50
Química Popular . . . . .	„ 1 00
Los Fenómenos del aire . . . . .	„ 2 50

Librería de **Ch. Bouret**, Calle del 5 de Mayo  
número 14.—México, Distrito Federal.

---













BIBLIOTECA DEL INSTITUTO PEDAGOGICO NACIONAL  
MEXICO No. 526  
MEXICO, D. F.

LB1593 F5 L4.3



11903



FECHA DE DEVOLUCION

11 Dic. 1988

El lector se obliga a devolver este material antes del vencimiento de préstamo señalado por el último sello.

10	11	12	13
----	----	----	----



# LIBRERIA DE CH. BOURET

CALLE DEL 5 DE MAYO NUM. 14.—MEXICO.

---

Surtido completo de material escolar.—Gabinetes de Física.—Laboratorios de Química.—Gabinetes de Historia Natural.

Aparatos y útiles para la enseñanza de Lecciones de cosas.

---

**¡TODO LO NUEVO!**

**¡TODO LO MODERNO!**

Trenes eléctricos.—Cinematógrafo.—Rayos X.—Telegrafía sin alambres.—Fonógrafo.

---

Se mandan instrucciones para el manejo de los aparatos.

**VDA. DE CH. BOURET**

CALLE DEL 5 DE MAYO NUM. 14.

**MEXICO!**