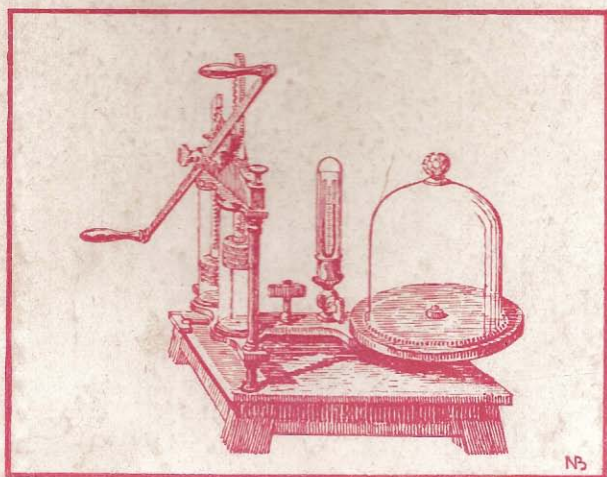




ELEMENTOS  
DE  
FÍSICA USUAL

POR  
G. M. BRUÑO



LIBRERÍA de la V<sup>da</sup> de C. BOURET  
PARÍS MÉXICO  
23, Rue Visconti, 23 45, Cinco de Mayo, 45

ELEMENTOS  
DE  
FISICA USUAL



ELEMENTOS  
DE  
FISICA USUAL

POR  
G. M. BRUÑO



LIBRERÍA DE LA V<sup>DA</sup> DE CH. BOURET

PARIS

23, Rue Visconti, 23

MÉXICO

Sociedad de Edición y de Librería  
Franco Americana

29 y 45, Avenida Cinco de Mayo

1929

*Todo ejemplar que no vaya acompañado de la  
firma abajo estampada, será reputado como falso.*

*G. M. Arce*

---

Quedan asegurados los derechos conforme a la ley.

---

# ELEMENTOS DE FÍSICA USUAL

---

## CAPÍTULO I

### NOCIONES PRELIMINARES

#### § I. — Los tres estados de la materia.

1. **Sólidos.** — Una piedra, una lámina de plomo, una esfera, una regla, un pedazo de gis tienen una forma determinada, y para cambiarla será necesario cierto esfuerzo : podemos romper la piedra a marti-

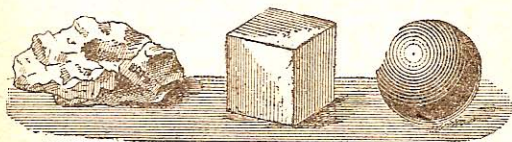


Fig. 1. — Cuerpos sólidos.

llazos, quebrar la regla o el gis con las manos, doblar la lámina de plomo, cortarla con tijeras, etc. Estos cuerpos pueden mantenerse en la mano, y basta coger uno de ellos por una parte cualquiera para arrastrarlo todo; decimos que tales cuerpos son **sólidos** : tienen *forma propia y volumen determinado*, no se rompen fácilmente y las partículas que los componen están muy unidas entre sí : *tienen mucha cohesión*.



**2. Líquidos.** — Si echamos medio litro de agua en un vaso, en un frasco, en una botella u otro recipiente cualquiera, el agua conserva su volumen, medio litro, pero toma la forma del recipiente en el cual la echa-

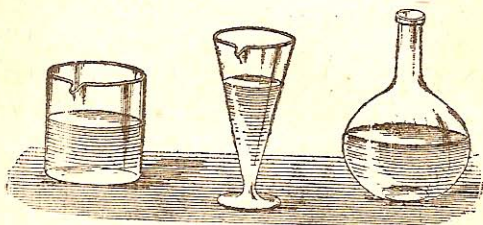


Fig. 2. — Un líquido no tiene forma determinada.

mos. Lo propio sucede con el aceite, el azogue, la leche, etc... Estos cuerpos se llaman **líquidos**; *su volumen es invariable, pero no tienen forma determinada, sino que toman la de las vasijas en que se echan, y cuando se los derrama, se esparcen en todas direcciones; las partículas se separan fácilmente: tienen poca cohesión.*

**3. Gases.** — Un vaso vacío colocado verticalmente y boca abajo en el agua no se llena de líquido porque

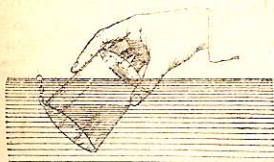


Fig. 3. — El aire sale en forma de burbujas.

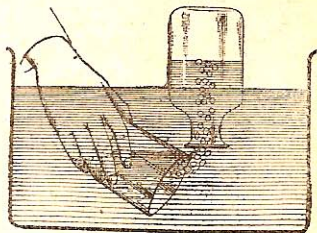


Fig. 4. — Paso del gas de un recipiente a otro.

el aire contenido en él se opone a la **entrada** del agua. Pero si inclinamos el vaso sale el aire en forma de bur-

bujas, y entonces entra el agua en el vaso y llena poco a poco el espacio que antes ocupaba el aire. El aire es un gas o cuerpo gaseoso. Los gases *no tienen ni forma propia ni volumen determinado*: introducidos en un recipiente cerrado lo llenan enteramente y ejercen presión sobre las paredes; las partículas *no tienen cohesión* y parece que se rechazan recíprocamente. La mayor parte de los gases son incoloros: oxígeno, hidrógeno, gas carbónico, etc...

**4. Cuerpos y materia.** — *Se da el nombre de cuerpos a todos los objetos que impresionan nuestros sentidos y ocupan un lugar en el espacio.* Los cuerpos que nos rodean se presentan en tres estados físicos: sólidos, líquidos y gaseosos; algunos cuerpos que llamamos pastosos, ocupan el lugar intermedio entre los líquidos y los sólidos; tales son el alquitrán, los jarabes. La materia es la sustancia de los cuerpos. La molécula es la menor parte de materia que pueda existir libre.

## § II. — Fenómenos.

**3. Cambio de estado físico.** — Un pedazo de plomo o de azufre cuando se lo calienta, se derrite, pasa al estado líquido; el agua por el efecto del calor se transforma en vapor, y cuando este vapor se enfría vuelve al estado líquido como se puede comprobar manteniendo un platillo frío encima del cazo en que hierve el agua. El agua mediante un frío excesivo se transforma en hielo, cuerpo sólido. Luego los cuerpos pueden cambiar de estado físico bajo la influencia del calor o del frío, y un mismo cuerpo, como el agua, puede pasar sucesivamente por los tres estados.

En estos diferentes estados no hay modificación esencial en la materia, sólo quedan alteradas algunas

de sus propiedades; al volver a su estado primitivo, recobra el cuerpo sus propiedades anteriores.

El paso de un estado a otro va acompañado de alguna manifestación de energía que puede transformarse en

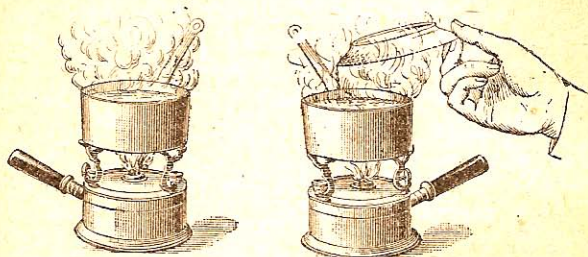


Fig. 5. — El agua calentada pasa a vapores; al contacto de un cuerpo frío, los vapores forman gotitas.

un trabajo determinado : la fuerza del vapor de agua se utiliza en las máquinas llamadas de vapor o de presión.

**6. Fenómeno.** — *Llámanse fenómeno toda modificación en el estado o en las propiedades de un cuerpo.* Un fenómeno es físico si la modificación es *transitoria*, v. g. el paso del agua al estado de vapor, la fusión del plomo, la caída de una piedra, etc...

El fenómeno es químico en caso de haber alguna *combinación o descomposición* de las cuales resultan otros cuerpos de propiedades diferentes; v. g. el carbón que arde se combina con el oxígeno del aire para dar gas carbónico; el agua por el efecto de la corriente eléctrica se descompone en dos gases : oxígeno e hidrógeno. El gas carbónico no tiene las propiedades del carbón; ni el oxígeno y el hidrógeno las del agua.

**7. Física.** — *La física es el estudio de las fuerzas naturales, de las causas de estas fuerzas y de sus efectos.* Esta ciencia nos enseña los fenómenos del calor, de la



luz, del sonido, de la electricidad, del magnetismo, etc...

Los fenómenos físicos no alteran de una manera permanente los cuerpos en los cuales se producen, pero originan generalmente una manifestación de energía : por eso podríamos definir la física diciendo que es *la ciencia de la energía y de sus transformaciones*.

### § III. — Propiedades generales de los cuerpos.

8. — Los cuerpos sólidos, líquidos o gaseosos tienen unas propiedades comunes a todos, aunque en grado muy diferente, y que por eso se han llamado **generales**; tales son *la porosidad, la impenetrabilidad, la compresibilidad, la elasticidad, la divisibilidad, la inercia*.

9. **Porosidad.** — Los cuerpos son porosos, es decir que dejan entre sus moléculas unos vacíos llamados espacios intermoleculares. Puede uno formarse una idea de estos espacios figurándose las moléculas como pequeñas esferas (munición chica); estas bolitas no se tocan en todos puntos y dejan entre sí unos vacíos. De la misma manera en un vaso lleno de arena fina podemos introducir bastante agua, porque ésta ocupa los espacios libres entre los granitos.

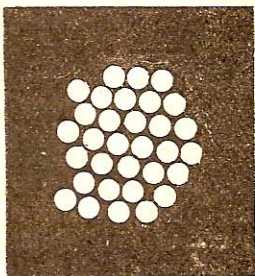


Fig. 6. — Moléculas y espacios intermoleculares.

El aparato llamado *lluvia de mercurio* sirve para demostrar prácticamente la porosidad de los cuerpos. Este aparato es un tubo de vidrio, un extremo del

cual está tapado herméticamente por medio de una gamuza o de una tablita de palo; encima de la gamuza o de la tablita hay un poco de mercurio. El aparato

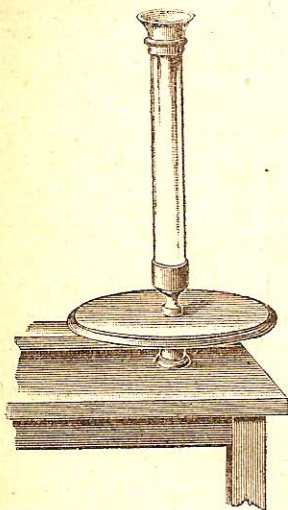


Fig. 7. — Lluvia de mercurio.

se atornilla en la máquina neumática; se hace el vacío, y por el efecto de la presión atmosférica el mercurio atraviesa el tabique poroso y cae dentro del tubo en forma de lluvia fina.

#### 10. Impenetrabilidad.

— La impenetrabilidad es la propiedad que tienen los cuerpos de no poder, varios de ellos a un tiempo, ocupar el mismo lugar. Cuando v. g. clavamos una punta en una tabla, donde está el clavo no hay madera, y reciprocamente. Cuando una esponja se empapa en agua, ésta ocupa los espacios libres

del cuerpo poroso, pero en un punto dado no puede haber las dos materias.

**11. Compresibilidad.** — La compresibilidad es la propiedad que tienen los cuerpos de disminuir de volumen cuando se los comprime fuertemente. Los gases son muy compresibles; los líquidos casi no lo son; la compresibilidad de los sólidos varía según su constitución. Ciertos gases se venden comprimidos en tubos de acero, v. g. el oxígeno.

**12. Elasticidad.** — La elasticidad es la propiedad que tienen muchos cuerpos de volver a su estado primitivo, cuando deja de obrar la fuerza que los

comprime o deforma : expansión de los gases, elasticidad de un muelle de acero, de una tira de caucho. El plomo v. g. no tiene elasticidad : un tubo de este metal después de haber sido encorvado no vuelve a su posición primitiva. Se puede comprobar la elasticidad de los gases por medio del eslabón de aire; el gas comprimido rechaza el émbolo cuando se suprime

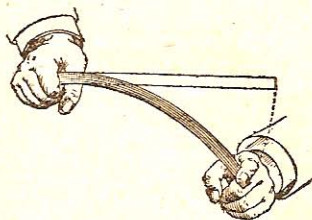


Fig. 8. — Elasticidad del acero.

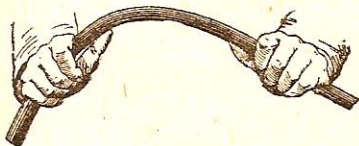


Fig. 9. — El plomo es flexible pero no elástico.



Fig. 10. — Eslabón de aire.

la presión. La elasticidad de los cuerpos tiene aplicación en los muelles y resortes, las llantas neumáticas, las pelotas...

**13. Divisibilidad.** — La divisibilidad es la propiedad que tiene la materia de poder dividirse en partículas extremadamente pequeñas : agua pulverizada, materia colorante disuelta en un líquido (cada gotita contiene algo de la materia colorante), perfumes y olores (partículas ínfimas de materia se ponen en contacto con el órgano del olfato).



**14. Inercia.** — La materia es inerte, es decir que no puede por sí misma modificar el estado de reposo o de movimiento en que se encuentra; pero esta materia inerte puede transformarse en un poderoso manantial de energía mediante el influjo de algún fenómeno. El agua estancada v. g. es absolutamente inerte; pero si corre, salta de lo alto, o se reduce a vapor, llega a ser uno de los más poderosos auxiliares de la industria moderna.

Unos hechos familiares se explican por la inercia de los cuerpos. El volante de una máquina sigue en su movimiento mucho tiempo después de quitar la fuerza que lo impulsó; cuando al fin se para, es por la acción de otras fuerzas: gravedad, resistencia del aire, frotamiento..... Para enmangar un martillo se golpea el mango verticalmente sobre un cuerpo resistente; cuando la parte inferior del mango pega el cuerpo, el mango entero pasa al estado de reposo, mientras que el fierro, por su inercia, sigue su movimiento hacia abajo. La inercia explica también las sacudidas que experimentan los viajeros cuando el coche o el tren se para o se pone en marcha bruscamente; por tanto cuando se apea uno de un tranvía en marcha, es necesario echar el cuerpo hacia atrás, por la misma razón un jinete cae hacia la derecha cuando su cabalgadura da de repente la vuelta hacia la izquierda, o se cae por delante, cuando el animal se para súbitamente.

## CAPÍTULO II

### FUERZAS

**15. Definición de las fuerzas.** — Cogiendo en la mano una silla, un libro u otro objeto cualquiera, podemos alzarlos, cambiarlos de posición; de la misma manera, un caballo tirando de un carro lo mueve de un lugar a otro; el vapor de agua empuja el émbolo de la máquina, y lo mueve hacia un lado u otro; apretando los frenos, el maquinista detiene la locomotora: llamamos **fuerzas** a todas estas *causas capaces de producir un movimiento, de aumentar o disminuir la velocidad, o de modificar de un modo cualquiera el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo.*

**16. Elementos de una fuerza.** — En una fuerza se considera la *dirección, el punto de aplicación y la*

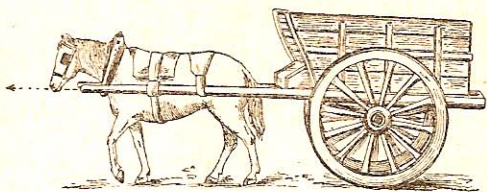


Fig. 11. — Fuerza muscular.

*intensidad o magnitud.* La **dirección** es el lado en que la fuerza tiende a mover el cuerpo. El **punto de aplicación** es la parte del cuerpo en que se ejerce la fuerza. La **magnitud** de una fuerza se expresa generalmente

en kilogramos, y en kilográmetros el trabajo producido por dicha fuerza.

El **kilográmetro** es el *trabajo que produce un peso de un kilogramo al caer de la altura de un metro*; o recíprocamente el *kilográmetro es el esfuerzo necesario para elevar a un metro un peso de un kilogramo*.

Llámase **caballo de vapor** (en inglés : *horse power*, H.P.) la unidad de potencia de una máquina. El caballo de vapor representa el *esfuerzo necesario para levantar en un segundo a un metro de altura 75 kgs* (o 76 en Inglaterra y E. U.) lo que equivale a 75 kilográmetros por segundo. Así se dice que una máquina es de 10 o 20 caballos cuando es capaz de levantar a un metro en un segundo 750 o 1500 kgs.

**17. Motores.** — Los motores son *máquinas que puestas en movimiento por una fuerza cualquiera transforman la energía en trabajo útil*; las fuerzas que se utilizan en los motores son : la fuerza muscular del hombre y de los animales; los elementos de la naturaleza : saltos de agua, vientos; las fuerzas resultantes de fenómenos químicos o físicos : motores de vapor, de aire comprimido o caliente; motores de petróleo; motores eléctricos...



## CAPÍTULO III

### GRAVEDAD

**18. Noción de la gravedad.** — Si soltamos una piedra, un libro, un objeto cualquiera que tengamos en la mano, el cuerpo cae y sigue una dirección fija hacia el centro de la tierra : esta dirección se llama **vertical**. La fuerza que atrae así los cuerpos hacia abajo y hace que caigan cuando nada los sostiene, se llama

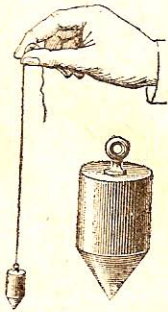


Fig. 12. — La plomada.

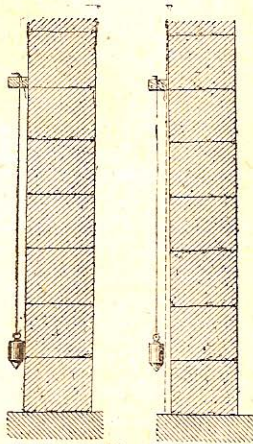


Fig. 13. — Verificación de la vertical.

gravedad o pesantez y más comúnmente peso de un cuerpo. Todos los cuerpos materiales tienen peso. Se conoce la dirección vertical colgando de un hilo flexible una masa de metal u otro cuerpo pesado; cuando la masa está en equilibrio el hilo tendido indica la dirección vertical. El aparato así construido se llama la plomada.

La plomada sirve para verificar la dirección vertical en la construcción de las paredes, la colocación de los muebles...

### 19. Leyes de la caída de los cuerpos. —



Fig. 14. — Caída en el aire.

*Caída en el aire.* — Dejando caer al mismo tiempo una pluma de ave, una tablita de palo, una bala de plomo, veremos que no llegan al suelo todos juntos, sino que primero llega el plomo, después la tablita y por fin la pluma de ave; es decir que los cuerpos más densos caen con mayor velocidad, porque en ellos es menor el efecto de la resistencia del aire.

Si tomamos dos hojas de papel de igual peso y tamaño y que con una de ellas hacemos una bolita, veremos que ésta toca el suelo mucho antes que la otra aunque las dos tengan el mismo peso; la velocidad va modificada por la resistencia del aire, la cual llega a ser mayor cuando aumenta la superficie del cuerpo.

*Caída en el vacío.* — En un tubo de vidrio (tubo de Newton) de unos dos metros de largo y cerrado en ambas extremidades se han echado pedazos de varias materias : plomo, madera, papel. Haciendo el vacío en este tubo por medio de la bomba neumática y volteándolo rápidamente, se ve que los cuerpos caen

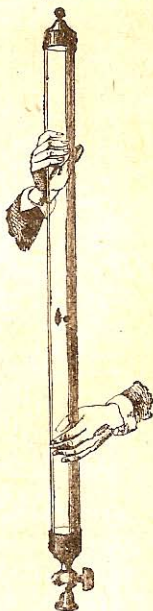


Fig. 15. — Tubo de Newton.

todos juntos. Luego *en el vacío todos los cuerpos caen con la misma velocidad* cualesquiera que sean su densidad y su forma. Se ha comprobado que en el vacío un cuerpo cayendo libremente recorre en un segundo 4,90 metros.

**20. Ley de los espacios.** — *El espacio recorrido en un tiempo dado es proporcional al cuadrado de los tiempos empleados*; v. g. una piedra que cae libremente de lo alto de una torre recorre 4,90 metros durante el primer segundo (se prescinde de la resistencia del aire), al cabo de dos segundos habrá recorrido  $4,90 \times 2^2$  o  $4,90 \times 4 = 19,60$  metros; al cabo de tres segundos  $4,90 \times 3^2$  o  $4,90 \times 9 = 44,10$  metros.

**21. Ley de la velocidad adquirida.** — *La velocidad adquirida por un cuerpo que cae es proporcional al tiempo de caída.* Llámase velocidad el camino recorrido en la unidad de tiempo, el segundo ordinariamente. Si después de un segundo la velocidad adquirida es de 9,80 metros, después de dos, tres segundos, la velocidad será dos, tres veces mayor o  $9,80 \times 2$ ,  $9,80 \times 3$ ..., etc.

**22. Caída de los líquidos.** — Los líquidos al caer en el aire se dividen en muchas gotitas a causa de su poca cohesión y de la resistencia del elemento gaseoso.

El líquido encerrado en un tubo vacío de aire cae en una sola masa produciendo un ruido parecido a un martillazo; se pone de manifiesto esta propiedad por medio del aparato llamado martillo de agua.

Para construirlo se echa agua en un tubo cerrado en una extremidad; se calienta para que hierva el líquido; el vapor

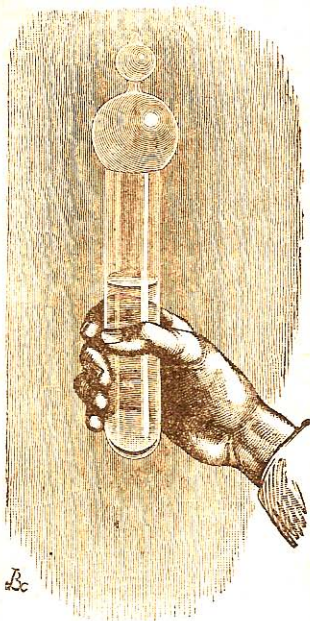


Fig. 16. — Martillo de agua.



producido rechaza el aire; luego se cierra el tubo con el soplete o la lámpara de soldar.

**23. Centro de gravedad.** — *El punto de aplicación de la pesantez o gravedad se llama centro de gravedad.* En los cuerpos de forma regular y de composición homogénea, se conoce fácilmente este centro, que corresponde al centro de figura de dicho cuerpo. En una regla el centro de gravedad está en

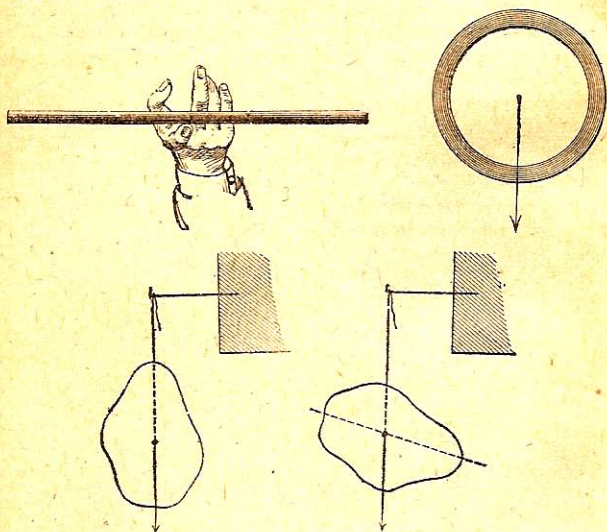


Fig. 17. — Centro de gravedad.

medio de la longitud; en una esfera, una rueda, en el centro.

Para determinar mediante la experiencia la posición del centro de gravedad de un cuerpo cualquiera, se lo cuelga de un alambre en dos puntos diferentes. El punto en que se cortan las dos verticales trazadas por los puntos de suspensión cuando el cuerpo está en equilibrio es el centro de gravedad.



## 24. Equilibrio. — Un cuerpo colgado de un punto



Fig. 18. — Equilibrio de un cuerpo colgado.

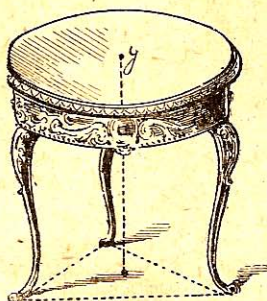
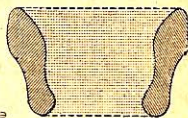


Fig. 19. — Base de apoyo.



fijo oscila durante algunos momentos hasta que por fin se queda completamente inmóvil; entonces está en equilibrio, y la vertical que pasa por el centro de gravedad del cuerpo pasa también por el punto de suspensión.

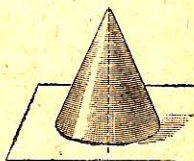


Fig. 20. — Equilibrio estable.

Un cuerpo colocado en un plano está en equilibrio cuando la vertical que pasa por el centro de gravedad atraviesa el polígono de base. Llámase **polígono de base** o *base de apoyo*, el polígono convexo formado por los puntos de contacto más exteriores del cuerpo con el plano.

El equilibrio es **estable** cuando el cuerpo

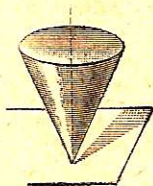


Fig. 20 et 21. — Equilibrio inestable

ligeramente desviado de su posición vuelve por sí solo a su posición de equilibrio, v. g. la plomada, un cono descansando en su base.

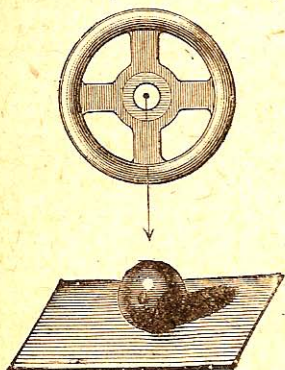


Fig. 22. — Equilibrio indiferente.

El equilibrio es **instable** cuando el cuerpo se aleja de su posición de equilibrio por poco que se lo mueva; v. g. un bastón en equilibrio en el dedo, un cono colocado verticalmente punta abajo...

El equilibrio es **indiferente** cuando el cuerpo permanece en equilibrio en cualquiera posición; v. g. una esfera en una mesa

horizontal, una rueda alrededor de su eje.

**Aplicaciones.** — Para que un hombre esté en equi-



Fig. 23. — Un hombre cargado modifica su postura.

librio la vertical del centro de gravedad de su cuerpo ha de caer adentro de la superficie determinada por la posición de los pies; si va cargado de algún fardo,



debe modificar su postura de manera que el centro de gravedad del conjunto formado por el hombre y la carga satisfaga la condición de equilibrio.

Un coche o un carro es muy estable cuando hay mucha distancia entre las ruedas, y cuando el centro de gravedad está muy abajo; se consigue esta última condición poniendo lo más pesado abajo.

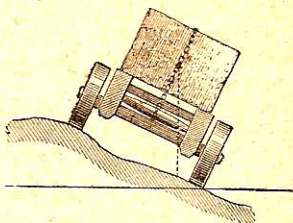


Fig. 24. — Equilibrio de un carro.

**25. Péndulo y su aplicación a los relojes.** — Si de un hilo flexible de un metro de largo más o menos, colgamos una bala de plomo, el hilo toma la dirección vertical; pero si desviamos la bala de su posición, veremos que se producen oscilaciones o movimientos regulares de derecha a izquierda, y viceversa. El aparato que así se obtiene es el péndulo. El

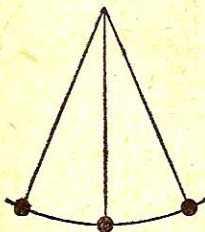


Fig. 25. — Péndulo.

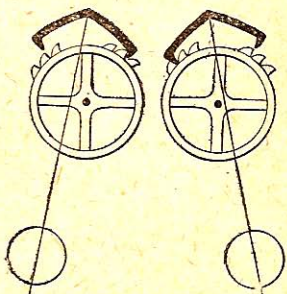


Fig. 26. — Aplicación del péndulo a los relojes.

ángulo formado por las posiciones extremas del hilo se llama **amplitud de la oscilación**.

Las oscilaciones de poca amplitud son de igual duración o **isócronas**. La duración de la oscilación sólo depende de la longitud del péndulo y no de la densidad de la materia pesante. El isocronismo de las oscilaciones de poca amplitud en el péndulo tiene aplicación en la **construcción de los relojes**.



Una rueda (rueda de escape) que lleva 30 dientes, gira al rededor de su eje por medio de la tensión de unas pesas o de la fuerza de un muelle. Una áncora que participa del movimiento del péndulo detiene la rueda anclándose entre los dientes de ella.

Si la longitud del péndulo está calculada de manera que cada oscilación corresponda a un segundo (se dice que el péndulo bate segundos) la rueda adelanta un diente cada dos oscilaciones o dos segundos, y da una vuelta por minuto. A cada escape la rueda comunica al péndulo un ligero empuje que mantiene regular su movimiento. Dando cuerda al reloj de vez en cuando, el movimiento del péndulo se continúa sin interrupción. (En México el péndulo que bate segundos mide 0,992 metros).

## CAPÍTULO IV

### PESOS Y VOLÚMENE

#### § I. — Medida de los pesos.

**26. Masa y peso.** — *La masa de un cuerpo es la cantidad de materia que este cuerpo contiene; su peso es la acción de la gravedad sobre este cuerpo.* En el habla ordinaria la palabra peso se emplea en el sentido de masa.

El peso de un cuerpo se calcula por comparación con una masa cuyo peso se toma por unidad.

En la práctica las unidades más empleadas son el gramo, el kilogramo, y la tonelada.

Se valúa el peso por medio de la balanza y de pesas marcadas. Hay varias clases de balanzas: *la balanza ordinaria, la balanza de Roberval, la balanza romana, la báscula...*

**27. Balanza ordinaria.** — La balanza ordinaria se compone de una barra recta de metal, llamada *astil* (o *cruz*), y de dos *platillos* de igual peso que cuelgan de sus extremos. El eje sobre el cual se mueve el astil es el *cuchillo*, prisma triangular de acero, cuya arista inferior se apoya en un plano de acero o de ágata, fijo en la parte superior del pie del instrumento. Una *aguja* (el *fiel*) fijada perpendicularmente en medio del astil se mueve delante de un arco graduado, cuyo cero corresponde a la posición hori-

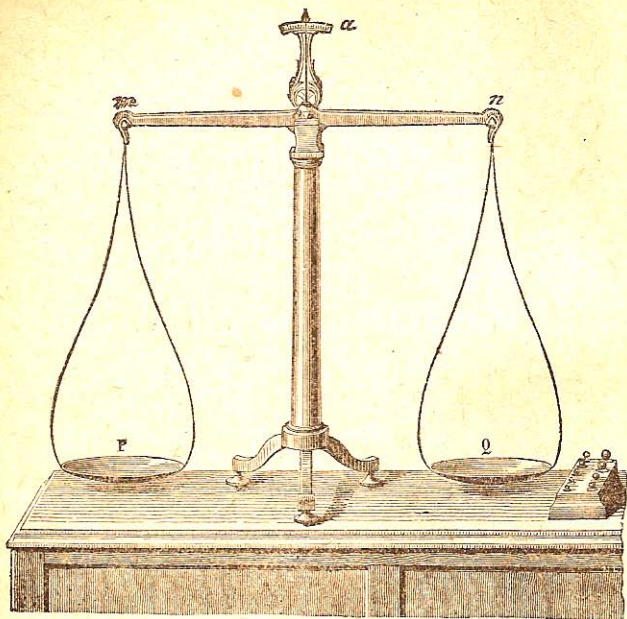


Fig. 27. — Balanza ordinaria.

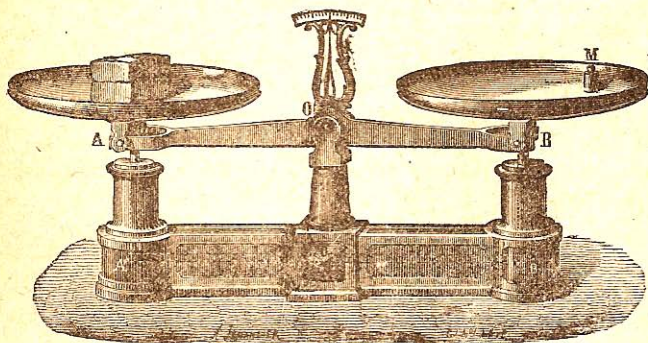


Fig. 28. — Balanza de Roberval.



zontal del astil y, por consiguiente, indica equilibrio perfecto.

**28. Balanza de Roberval.** — En la balanza de Roberval, hay dos astiles paralelos, uno de los cuales está colocado debajo de la caja que forma el pie, o zócalo del aparato, y articulados con dos varillas verticales que llevan los platillos. Esta balanza es muy cómoda, pero falta de precisión.

**29 Balanza romana.** — La balanza romana está compuesta de un astil de brazos desiguales y de una

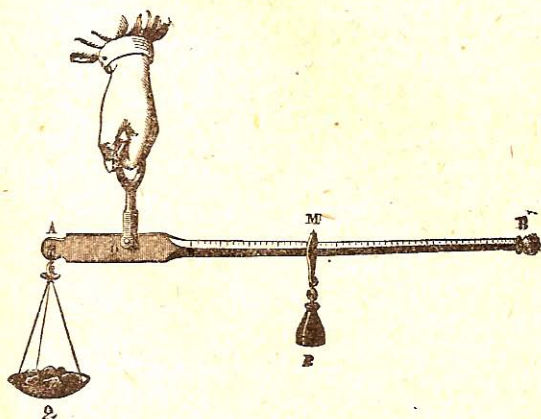


Fig. 29. — La romana.

pesa única (o pilón) que corre a lo largo del brazo grande, donde se leen las divisiones que indican el peso del cuerpo colgado del otro brazo.

**30.** Las básculas al *décimo*, o al *centésimo*, están construídas de tal manera que una pesa de un kilogramo v. g. haga equilibrio a otra de diez o de cien colocada en la plataforma del aparato.

Se construyen otras varias clases de básculas que

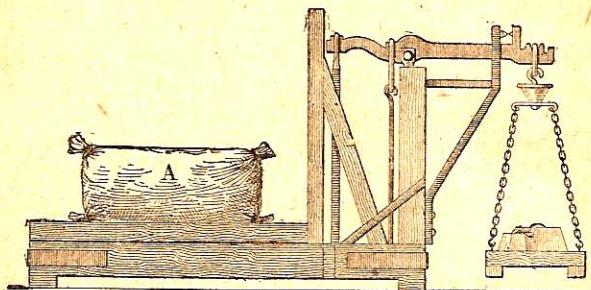


Fig. 30. — Báscula al décimo.

son como una combinación de la romana y de la bás-

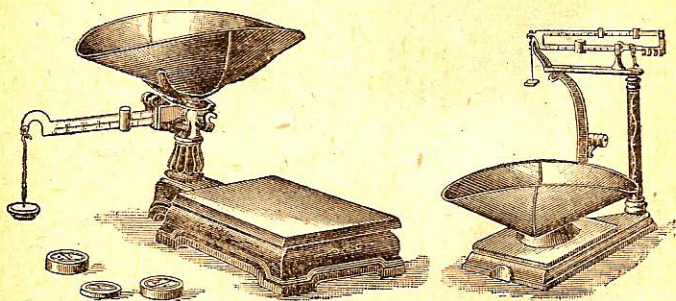


Fig. 31. — Básculas.

cula al décimo; tienen la ventaja de no necesitar muchas pesas marcadas.

**31. Cualidades de la balanza.** — Toda balanza debe ser *exacta* y *sensible*. Una balanza es *exacta* cuando da el verdadero peso de los cuerpos, y *sensible* cuando una pesa mínima colocada en uno de los platillos desvía el astil de su posición horizontal; y cuanto mayor sea la desviación, tanto más sensible será la



balanza. Para comprobar la exactitud de una balanza, se coloca en un platillo un cuerpo pesado y en el otro pesas marcadas hasta que el astil se ponga horizontal; después se cambian de platillo el cuerpo y las pesas: el astil debe seguir horizontal.

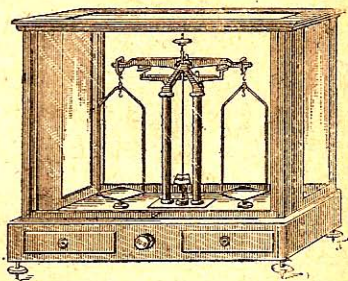


Fig. 32. — Balanza de precisión.

Las balanzas llamadas de precisión son sensibles a masas inferiores a la décima parte de un miligramo.

**32. Pesas usuales.** — Las pesas marcadas son de

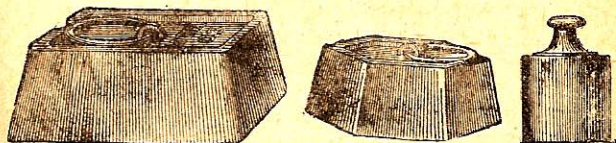


Fig. 33. — Pesas marcadas.

varias clases; las hay de fundición, de cobre, de chapas metálicas (latón, aluminio, platino).

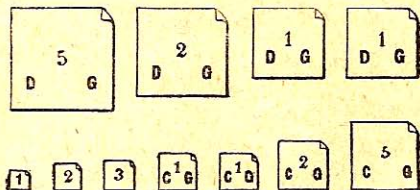


Fig. 34. — Pesas de chapas metálicas.

La serie de pesas para el uso ordinario comprende: una pesa de 1 gr., 2 de 2 gr., 1 de 5 gr., 2 de 10 gr.,



1 de 20 gr., 1 de 50 gr., 2 de 100 gr., 1 de 200 gr., 1 de 500 gr., y 1 de 1 kg., el peso total de la serie es de 2 kg.



Fig. 35. — Marco de pesas de latón.

**33. Peso de un sólido.** — Para pesar un cuerpo sólido, ordinariamente se lo coloca en uno de los platillos de la balanza, y en el otro se ponen pesas marcadas, hasta que haya equilibrio perfecto. Sumando las pesas se conoce el peso del cuerpo. Este método no da buenos resultados, sino cuando la balanza es muy exacta. Si no lo fuera, se emplearía el método llamado de la doble pesada, o *método de Borda*, que da el peso exacto con cualquiera balanza, con tal que sea sensible aunque no precisa.

**34. Método de la doble pesada.** — Se pone el cuerpo cuyo peso se busca en uno de los platillos, y en

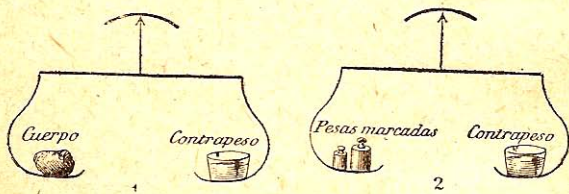


Fig. 36. — Doble pesada.

el otro perdigones, arena seca, etc. hasta equilibrarlo. Se retira luego el cuerpo y se ponen en su lugar pesas marcadas hasta restablecer el equilibrio. Estas pesas dan el peso del cuerpo, puesto que, en las mismas condiciones, hacen equilibrio a un mismo contrapeso.

De la misma manera, si se quiere tomar por doble pesada, una cantidad determinada de una materia, 49 gr. por ejemplo, se ponen en un platillo las pesas ( $20 + 10 + 10 + 5 + 2 + 2$ ), y en el otro perdigones, arena, o un contrapeso cualquiera, hasta conseguir equilibrio perfecto. Después, quitando las pesas, se pone en su lugar la materia indicada.

**35. Peso de un líquido. — Método ordinario. —** Primero se coloca el vaso o frasco vacío en uno de los platillos y se le equilibra poniendo en el otro un con-



Fig. 37. — Peso de un líquido por doble pesada.

trapeso cualquiera; luego se añaden al contrapeso las pesas marcadas conforme a la cantidad que se quiere tomar y se vierte poco a poco el líquido en el vaso hasta restablecer el equilibrio.

Si queremos pesar v. g. 115 gr. de ácido sulfúrico por medio de la *doble pesada*, pondremos en un platillo el recipiente vacío y las pesas marcadas ( $100 + 10 + 5$ ); en el otro un contrapeso cualquiera hasta equilibrarlo todo; en seguida quitando las pesas, verteremos poco a poco el ácido en el vaso, hasta restablecer el equilibrio primitivo.

**36. —** Los pesacartas, la balanza romana y otros instrumentos que sirven para pesar son muy cómodos, pero son menos exactos que las balanzas con pesas marcadas.

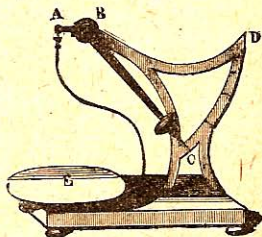


Fig. 38. — Pesacartas.



## § II. — Medida de los volúmenes.

**37. Sólidos.** — El volumen de los cuerpos sólidos puede obtenerse de varias maneras. Si el objeto tiene forma regular se miden sus dimensiones y se calcula el volumen según las reglas de la geometría; v. g. el cubo, el prisma, la pirámide, el cilindro, el cono, la esfera.

Si se trata de una piedra o de algún cuerpo de configuración cualquiera, se lo mete en un líquido, y se calcula el aumento de volumen que resulta de la inmersión.

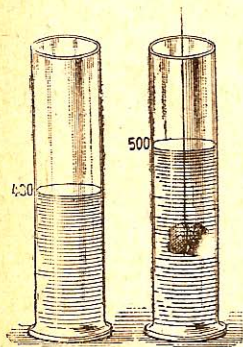


Fig. 39. — Volumen de un sólido.

**38. Líquidos.** — El volumen de los líquidos se obtiene por medio de vasos de cabida conocida, o de frascos graduados en centímetros cúbicos y fracción.

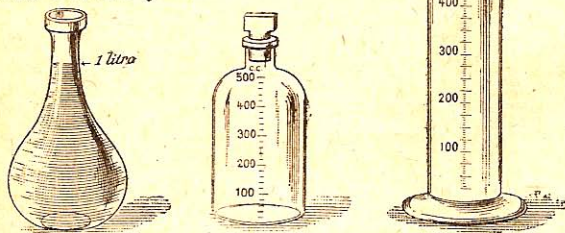


Fig. 40. — Medición de los líquidos.

**39. Densidad de los sólidos y de los líquidos.** — Conociendo el peso de un cuerpo y su volumen, se obtiene la densidad dividiendo el número que representa su peso en gramos por el número



que representa su volumen en centímetros cúbicos

La densidad de los sólidos y de los líquidos se compara con la del agua. La densidad es, pues, un número abstracto que indica la relación que hay entre el peso de un volumen dado de un cuerpo y el peso de igual volumen de agua.

La densidad del hierro es 7,8, es decir que un decímetro cúbico de este metal pesa 7,8 veces más que un decímetro cúbico de agua. La densidad del petróleo es 0,8; es decir que un litro de este líquido pesa las 8 décimas partes del peso de un litro de agua, ó sean 800 gramos.

Para encontrar la densidad de un líquido se calcula el peso de este líquido que llena exactamente un frasco. Después se busca el peso de la misma cantidad de agua destilada. El cociente del peso del líquido por el del agua es la densidad buscada.



Fig. 41. — Frasco para medir la densidad de los líquidos.

#### 40. Densidad de algunos cuerpos :

Agua . . . . .	1	Diamante . . . . .	3,5
Platino . . . . .	22	Vidrio . . . . .	2,5
Mercurio . . . . .	13,6	Azufre . . . . .	2
Plomo . . . . .	11,35	Azúcar . . . . .	1,6
Plata . . . . .	10,34	Arena . . . . .	1,5
Cobre . . . . .	8,8	Corcho . . . . .	0,24
Hierro . . . . .	7,84	Ácido sulfúrico . . . . .	1,84
Estaño . . . . .	7,24	Leche . . . . .	1,03
Zinc . . . . .	6,86	Aceite de olivas . . . . .	0,915
Aluminio . . . . .	2,56	Gasolina . . . . .	0,65

## CAPÍTULO V

### PALANCAS

41. — La balanza ordinaria es una aplicación del equilibrio en las palancas. La palanca se compone de

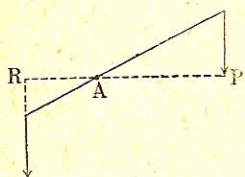


Fig. 42. — Brazos de la palanca.

una *barra rígida móvil alrededor de un punto fijo y sometida a la acción de dos fuerzas llamadas respectivamente potencia (fuerza activa) y resistencia (fuerza pasiva)*. El punto alrededor del cual gira la palanca se llama **punto de apoyo**. **Brazo de la palanca** es la distancia

desde el punto de apoyo hasta el punto de aplicación de la fuerza; esta distancia se mide por la perpendi-

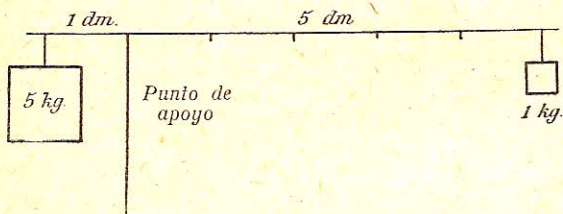


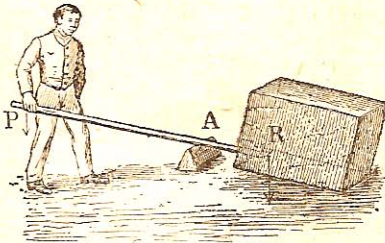
Fig. 43. — Equilibrio en las palancas.

cular trazada desde el punto de apoyo a la dirección de la fuerza.

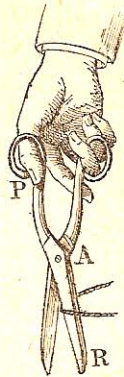
Hay equilibrio en una palanca cuando el producto de la fuerza por su brazo es igual de cada lado.

La barra que sirve al cantero para mover los sillares tiene el brazo de la potencia mucho más largo que el de la resistencia, y así con poco esfuerzo se alzan enormes pesos.

**42. Géneros de palancas.** — Hay tres géneros de palancas, según



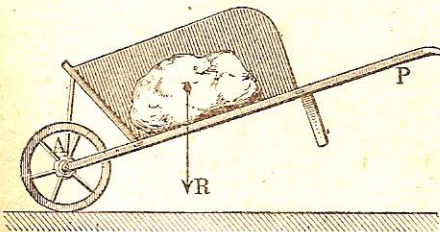
La barra.  
Fig. 44. — Palancas del 1<sup>er</sup> género



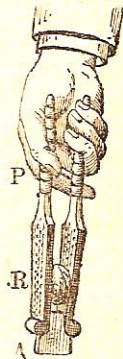
Las tijeras.

la posición relativa del punto de apoyo y de las fuerzas.

**1<sup>er</sup> género.** — *El punto de apoyo está entre las dos fuerzas.* Representando por P la potencia, R la resistencia y A el punto de apoyo, la disposición en el primer género será P. A. R. Es el caso de la barra, de



La carretilla.  
Fig. 45. — Palancas del 2<sup>o</sup> género.



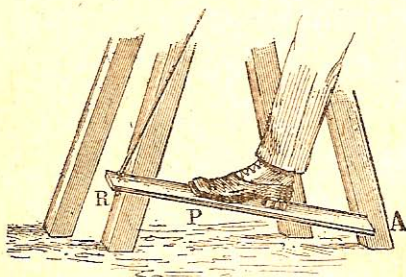
El cascanueces.

la balanza, de las tijeras, de los alicates, de la podadora, de las tenazas.

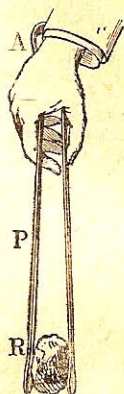


2º género. — *La resistencia está entre la potencia y el punto de apoyo* A. R. P., ejemplos : la carretilla, el cascanueces, los remos de la barca.

3º género. — *La potencia está entre*



El pedal.



Las pinzas.

Fig. 46. — Palancas del 3º género.

*la resistencia y el punto de apoyo* A. P. R.; ejemplos : los pedales, algunas pinzas, el brazo del hombre que alza un cuerpo.

## CAPÍTULO VI

### EQUILIBRIO DE LOS LÍQUIDOS

43. — Cuando echamos agua en un recipiente de forma cualquiera, notamos que luego que haya equilibrio, la superficie del líquido es *plana y horizontal*; inclinamos la vasija, el nivel superior queda todavía horizontal. Esta dirección es *perpendicular a la dirección vertical* indicada por la plomada,

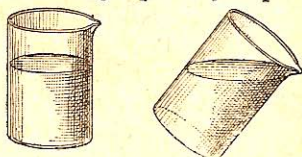


Fig. 47. — La superficie de un líquido es horizontal.

como se puede comprobar por medio de una escuadra que se coloca de tal manera que uno de los lados del ángulo recto toque la superficie del líquido; el otro sigue exactamente la dirección de la plomada.

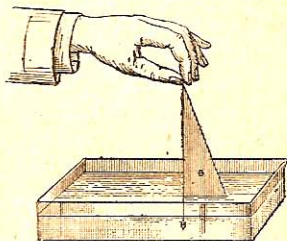


Fig. 48. — La superficie de un líquido es perpendicular a la dirección de la plomada.

44. Nivel de aire. — Este aparato consta de un tubo de vidrio ligeramente combado por arriba, que se llena de un líquido muy movable (alcohol o éter) dejando dentro, al cerrarlo, una burbuja de aire. El tubo de vidrio va encerrado en otro de latón fijado a una regla del mismo metal, y abierto por arriba, para que se pueda ver el lugar que ocupa la burbuja de aire entre varias líneas divisorias marcadas en el tubo.

Cuando se aplica el aparato en una superficie perfectamente

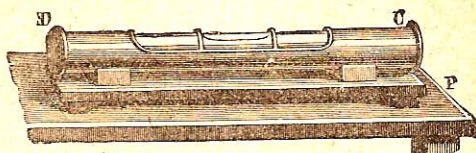


Fig. 49. — Nivel de aire.

horizontal, la burbuja de aire ocupa la parte central del tubo; en caso de ser la superficie algo inclinada, la burbuja se va hacia el lado más alto.

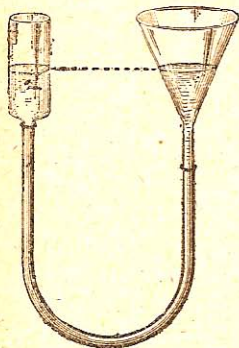


Fig. 50. — Principio de los vasos comunicantes.

#### 43. Vasos comunicantes.

— Por medio de un tubo cualquiera, de goma por ejemplo, hacemos comunicar dos vasos diferentes de forma y tamaño; en uno de ellos echamos agua; el líquido se pasa luego al otro, y notamos que *en ambos vasos la superficie libre está en el mismo plano horizontal*.

El nivel superior quedará siempre en el mismo plano horizon-

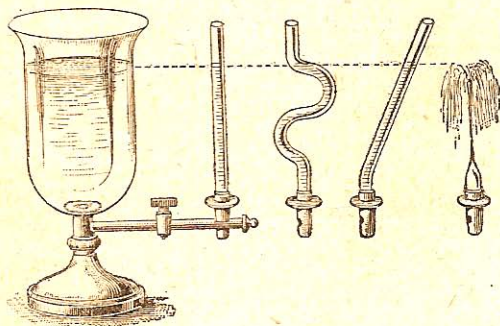


Fig. 51. — Vasos comunicantes



tal, ora se alejen o se aproximen los vasos, ora se inclinen, aun cuando se alce o bajo uno de ellos.

El principio de los vasos comunicantes tiene en la práctica aplicaciones importantes, entre las cuales el *nivel de agua*, las esclusas, la distribución del agua en las ciudades, los surtidores, los pozos ordinarios y los pozos artesianos.

**46. Nivel de agua.** — El nivel de agua sirve para conocer la diferencia de altura entre dos puntos

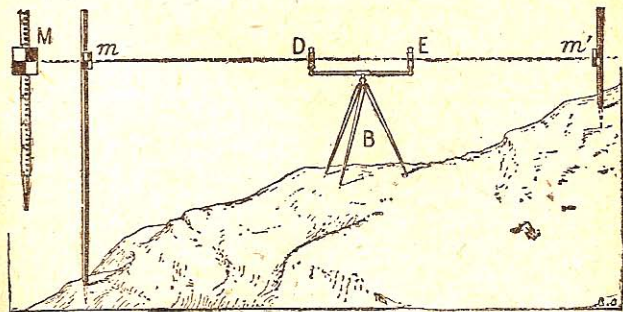


Fig. 52. — Nivel de agua.

de un terreno. Este instrumento se compone de dos redomas de vidrio colocadas verticalmente y que comunican entre sí por medio de un tubo de metal fijo en una tripode. Se vierte un líquido colorado en una de las redomas; el líquido sube al mismo nivel en la otra y las dos superficies líquidas determinan un plano horizontal.

**47. Las esclusas.** — Las esclusas son cortas porciones de un canal que por medio de puertas se pueden aislar sea del tramo superior, sea del inferior. Las puertas están provistas de compuertas que hacen posible la comunicación del espacio comprendido entre ellas ya con el tramo superior, ya con el inferior.

Para hacer pasar un barco del tramo inferior al superior, se le entra en la esclusa cuando el nivel corresponde al del tramo inferior. Cerrando luego las puertas y compuertas A, y alzando

las compuertas de B, se llena la esclusa hasta alcanzar el nivel superior, elevando al mismo tiempo la embarcación; se abre luego la puerta superior B, y el barco sigue adelante. Para

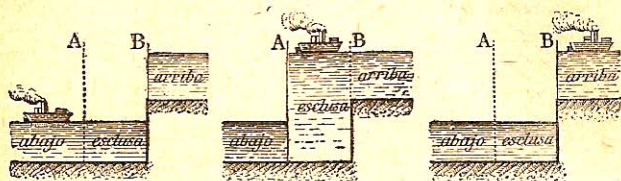


Fig. 53. — Las esclusas (figura tórica).

hacer pasar el barco del tramo superior al inferior, se deja llenar la esclusa cerrando las compuertas de abajo A y abriendo las de arriba B. Se entra el barco en la esclusa y se cierran las puertas y compuertas B. Alzando luego las compuertas A, el agua baja gradualmente y con ella la embarcación hasta el nivel inferior; se abre la puerta A y el barco sigue adelante.

#### 48. Distribución del agua en las ciudades.

— Para distribuir el agua en las ciudades se la conduce primero a un depósito grande situado a mayor elevación que las casas más altas, generalmente en alguna colina o cerro. De este depósito sale el conducto de distribución, que se ramifica en las

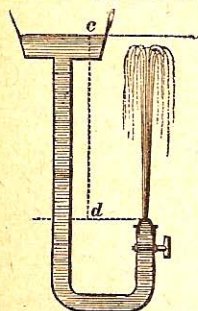


Fig. 54. — Surtidor de agua.

varias calles de la población. Los tubos que conducen el agua a las casas forman vasos comunicantes con el depósito general, y el agua sube a los diferentes pisos, donde están adaptadas las llaves de distribución.

**49. Surtidores.** — Fijando a la tubería un tubo vertical con abertura estrecha se obtiene un surtidor de agua, como los que se ven en las plazas públicas y los

jardines. Si el agua de un surtidor no sube hasta alcanzar la altura del depósito, es por el peso de la

misma agua, la resistencia del aire y el choque de las gotas que caen, con el agua que sube.

**50. Pozos ordinarios y pozos artesianos.** — Los pozos ordinarios son hoyos cilíndricos abiertos en el suelo a una profun-

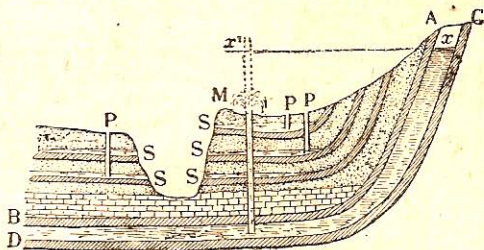


Fig. 55. — Pozos.

dididad suficiente para alcanzar el nivel de algún depósito subterráneo de agua. Las aguas de infiltración se mantienen en estos depósitos, detenidas por alguna capa impermeable (arcilla).

En los pozos artesianos, la abertura es más angosta y puede alcanzar mucha profundidad; el de Passy (París) tiene 580 metros; el de Southampton (Inglaterra), 1 360 m. Un tubo metálico forma generalmente la pared de estos pozos, a lo menos en la parte superior.

**51. Equilibrio de los líquidos superpuestos.** — En un mismo frasco se vierte agua, mercurio y petróleo (líquidos que no pueden mezclarse, ni reaccionar uno sobre el otro). Cuando se agita el frasco, se mezclan los líquidos; pero no tardan en separarse, luego que se deja en reposo; el mercurio cae en el fondo, y después siguen el agua y el petróleo, es decir que los líquidos se *sobreponen por orden de densidad*.



Fig. 56. — Líquidos superpuestos.

**52.** Si en vasos comunicantes se vierten líquidos de densidad diferente, v. g. agua y petróleo, el nivel del agua queda más bajo que el del petróleo. Midiendo las columnas de líquido arriba de la superficie de separación, hallaremos que una columna de agua de 8 cm. hace equilibrio a una columna de



petróleo de 10 cm. Siendo la densidad del petróleo 0,8 (8 décimas) y la del agua 1 (10 décimas), *la altura es inversamente proporcional a la densidad de los líquidos.*

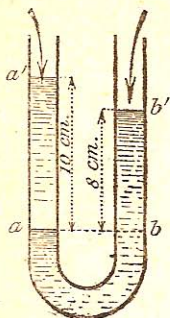


Fig. 57. — Líquidos de densidad diferente en los vasos comunicantes.

**53. Nociones de capilaridad.** — Si en un tubo de muy poco diámetro interior y cerrado en una extremidad echamos agua colorada; vemos que el nivel del agua no forma un plano horizontal, sino que la superficie es cóncava y el agua parece treparse por las paredes del tubo. Si en otro tubo análogo echamos mercurio veremos que la superficie del líquido es convexa es decir más alta en el centro. Luego podemos decir que en los vasos muy angostos la superficie del líquido no es horizontal.

Si ahora metemos en un vaso de agua colorada un tubo de vidrio de menos de un milímetro de diámetro interior (tubo capilar),abierto en sus dos extremidades, el agua se eleva en el tubo más arriba del nivel en el vaso.

En un tubo capilar metido en el mercurio se observa el fenómeno contrario.

Lo propio sucede cuando un tubo capilar está en comunicación con otro de mayor diámetro. En el tubo capilar el nivel es superior si el líquido moja el tubo, como sucede con el agua, porque ésta trepa por las paredes del tubo. Si el líquido

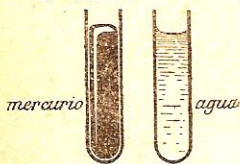


Fig. 58. — Superficie de los líquidos en los vasos angostos.

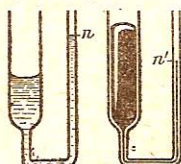


Fig. 59. — Fenómenos de capilaridad.

no moja el tubo, como sucede con el mercurio, el nivel en el tubo capilar es inferior al de otro tubo.

Estos fenómenos se llaman fenómenos de *capilaridad* y se producen no solamente en los

tubos, sino también en las materias porosas, en las plantas, etc.

Por eso un terrón de azúcar, un pedazo de gis, una lira de papel secante cuya extremidad se introduce en un líquido, se mojan rápidamente hasta arriba.

Por el efecto de la capilaridad sube el aceite en las mechas de las lámparas, la savia en los tallos y las ramas de los vegetales, pasa la sangre de las arterias a las venas, se propaga la humedad en el suelo, etc...

## CAPÍTULO VII

### PRESIÓN DE LOS LÍQUIDOS

#### § I. — Presión sobre el fondo.

Los líquidos contenidos en un recipiente ejercen presión sobre el fondo y sobre todas las paredes de este recipiente.

54. — La presión que un líquido ejerce sobre el fondo del vaso es igual al *peso de una columna de líquido que tuviera como base la superficie del fondo y como altura la distancia desde el fondo hasta el nivel superior del líquido*. La presión será pues la misma, cualesquiera que sean la forma y el volumen del vaso con tal que no varíen la superficie del fondo ni la altura del líquido. Este principio se demuestra prácticamente por medio de los aparatos de *Haldat*, de *Masón*, o de *Pellat*.

55. — El aparato de *Haldat* consta de un tubo formando dos ángulos rectos, y de varios vasos de igual fondo y de forma y capacidad diferentes, que pueden atornillarse en una de las extremidades del tubo encorvado. Después de llenar de mercurio este tubo, se echa agua en el primer vaso *m* hasta que el líquido llegue a corta altura *H*, punto que se marca con cuidado; a consecuencia de la presión del agua, el mercurio sube algún tanto en la otra extremidad del tubo encorvado; se marca también el nivel. Después

se atornillan sucesivamente los demás vasos y se nota

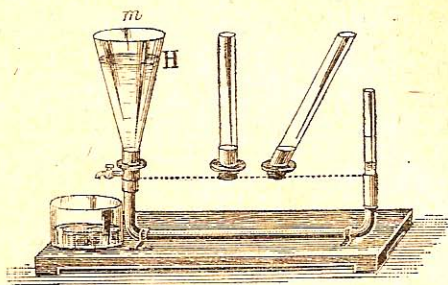


Fig. 60. — Aparato de Haldat.

que por una misma altura de agua sube e mercurio exactamente hasta el mismo punto.

**56.** — El aparato de Masón consta de unos vasos que tienen igual fondo, pero forma y volumen diferentes, y pueden atornillarse en un soporte fijo. Un disco móvil forma el fondo; este disco cuelga por medio de un alambre de uno de los brazos de la balanza; en el platillo del otro brazo se colocan pesas de manera que el disco se adhiera fuertemente con el borde

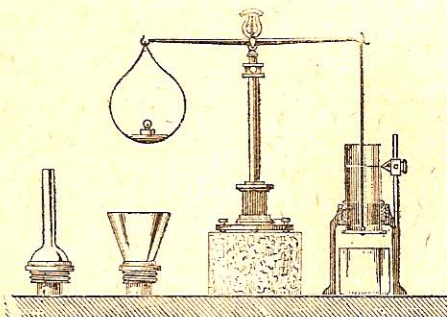


Fig. 61. — Aparato de Masón.

inferior del vaso. Se vierte agua en el primer vaso; cuando ésta alcanza cierta altura, cae el disco; se apunta con exactitud el punto donde llegó el agua. Después se atornillan sucesiva-



mente los demás vasos, y se puede ver que el disco cae precisamente cuando el agua alcanza hasta el mismo punto que la primera vez.

El aparato de Pellat es una modificación del aparato de Masón. En lugar de un disco móvil, hay en el fondo una membrana que hace presión sobre una palanquita, la cual mueve una aguja delante de un arco graduado y así indicá la presión.

57.—La presión en el fondo y en las paredes llega a ser enorme en los tanques y presas de mucha profundidad cuando se llenan de agua; por eso deben construirse con el mayor esmero y con materiales muy resistentes.

## § II. — Presión lateral.

58. — Si en la pared lateral de una cuba llena de agua se abre un agujero, el líquido sale con fuerza, tomando primero una dirección horizontal, encorvándose después hacia el suelo a consecuencia de la gra-

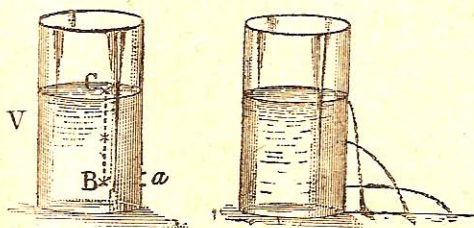


Fig. 62. — Presión lateral.

vedad. La presión que así empuja el agua se llama presión lateral y es igual al peso de una columna de líquido que tuviera por base la superficie considerada y por altura la distancia desde el centro de gravedad de dicha superficie hasta el nivel del líquido. Supongamos en el vaso V el agujero a, círculo de 5 centímetros cuadrados, y la distancia  $BC = 30$  centímetros, desde

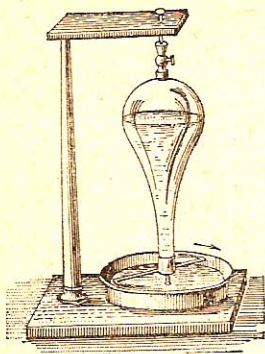


Fig. 63. — Torniquete hidráulico.

tubos laterales, encorvados en su extremidad y en sentido opuesto. Cuando se escurre el agua, la presión ejercida en el codo del tubo encorvado hace girar el aparato en dirección inversa a la de la caída del líquido.

**60. Tonel de Pascal.** — El sabio físico Blas Pascal demostró la fuerza de la presión lateral por medio de un tonel lleno de agua, en el fondo superior del cual había adaptado un tubo alto.

Echando agua en el tubo conseguía una presión cada vez más fuerte, y al fin se separaban las duelas y reventaba el tonel. Una columna de agua de 10 m. (1 000 cm.) de alto ejerce una presión de 1 000 gramos o 1 kg.

el centro del círculo hasta el nivel del agua; la presión en el círculo *a* es igual al peso de  $5 \times 30 = 150$  centímetros cúbicos de agua; o sean 150 gramos.

**59. Torniquete hidráulico.** — La existencia de las presiones laterales se pone de manifiesto por medio del torniquete hidráulico. Este torniquete consta de un tubo vertical que puede girar fácilmente alrededor de su eje. Se adaptan cerca del fondo dos

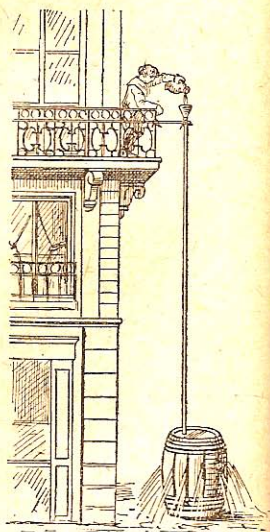


Fig. 64. — Tonel de Pascal.

por cada centímetro cuadrado de pared lateral. Para una superficie de 2 metros cuadrados v. g. o sean 20 000 centímetros cuadrados, la presión será de 20 000 kilogramos.

### 61. Aplicaciones de las presiones laterales.

— El hombre aprovecha esa fuerza del agua en la construcción de los **motores hidráulicos**, como son las *ruedas hidráulicas* y las *turbinas*. La fuerza utilizada es el agua de los ríos o de los saltos de agua.

*Principio de los motores hidráulicos.* — Una masa de agua, que cae de alguna altura, posee una energía que puede transformarse en trabajo mecánico. Los motores hidráulicos son aparatos que recogen la energía producida por la presión del agua que los acciona directamente, y restituyen esta energía en forma de movimiento; éste se transmite directamente a las máquinas por medio de engranajes y correas, o bien a distancia en forma de fuerza eléctrica.

**62. Fuerza de un salto de agua.** — Para calcular la fuerza de un salto de agua se multiplica la altura de la caída, expresada en metros, por el número de litros que caen en un segundo; el producto dividido por 75 (o 76) da la fuerza expresada en caballos de vapor. Sea un depósito que deja escapar 8 metros cúbicos (8 000 litros) de agua por segundo en un salto de 3 metros de alto; la energía correspondiente será

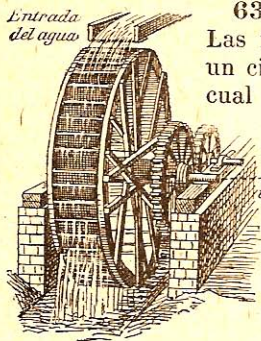
$$\frac{8000 \times 3}{75} = 320 \text{ caballos.}$$

Aprovechando los saltos de agua que caen desde una altura considerable, por medio de tubos colocados en la falda de los montes, se podrá obtener muchísima energía con un volumen relativamente reducido de líquido.

Los motores de agua son ruedas, unas de eje horizontal, otras de eje vertical: las de eje vertical se llaman ordinariamente turbinas.



*Entrada  
del agua*



*Árbol de  
transmisión*

Fig. 65. — Rueda hidráulica.

varía según el género

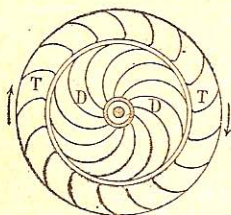
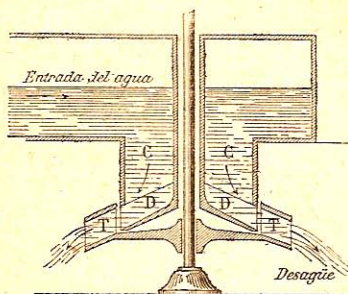


Fig. 66. — Turbina

### 63. Ruedas hidráulicas. —

Las ruedas hidráulicas constan de un cilindro hueco o tambor, en el cual están fijadas láminas planas o encorvadas llamadas aletas (o paletas), que se colocan en dirección de los radios de la rueda.

Disposiciones especiales permiten recibir la impulsión del agua desde arriba, desde abajo, o del lado. Hay ruedas que tienen cangilones en lugar de aletas. La altura de la caída

para las de cangilones, de 1 a 4 metros para las ruedas que la reciben del lado, etc... Unos aparatos accesorios regulan la entrada del agua (compuertas que se abren más o menos). Los antiguos molinos instalados en los riachuelos y arroyos son movidos por ruedas hidráulicas que giran por la presión del saetín de agua que cae en las aletas.

### 64. Turbinas. —

Las turbinas producen siempre un movi-

miento rápido y convienen a las caídas de cualquiera altura.

Se componen esencialmente de una cuba grande C y de dos ruedas concéntricas, una fija arriba (*o en el centro*) D, la otra móvil debajo (*o exterior a la 1ª*) T. Cada una tiene cierto número de paletas o álaves; pero colocados en dirección inversa. El agua del salto o del río llega a la cuba C, entra por los canales que forman las paletas de la rueda fija D, y saliendo de ellas reacciona, sobre las paletas de la rueda inferior (*o exterior*) T, que se pone en movimiento, y el agua se escapa por el desagüe río abajo. Se construyen turbinas de varios tamaños y fuerzas : de 20 o 30 caballos para talleres de construcción mecánica, para imprentas, para ingenios de azúcar; de 100, 200.... caballos para la producción de la corriente eléctrica.

### § III. — Principio de Arquímedes.

**65.** Los líquidos no solamente ejercen presión sobre las paredes de los vasos que los contienen sino también sobre los cuerpos que se surmergen en ellos. Cuando queremos meter un cubo en el agua para llenarlo sentimos cierta resistencia que aumenta a medida que se le sumerge. Se expresa este fenómeno diciendo que *todo cuerpo sumergido en un líquido recibe por parte de este líquido una presión vertical de abajo hacia arriba, igual al peso del líquido que desaloja.*

**66.** Demostración experimental del principio de Arquímedes. — Una verificación muy sencilla del principio de Arquímedes puede hacerse por medio de una probeta graduada y de la balanza hidrostática. Esta balanza tiene columna más alta, y platillos cortos con un ganchito debajo.

1º Por medio de un hilo o alambre se cuelga un cuerpo cualquiera de uno de los platillos y se hace equilibrio por medio de un contrapeso que se coloca en el otro platillo.

2º El cuerpo suspendido se mete en la probeta graduada que contiene agua hasta cierto nivel que se apunta exactamente ( $300 \text{ cm}^3$  v. g.); después de haber medido el cuerpo se rompe

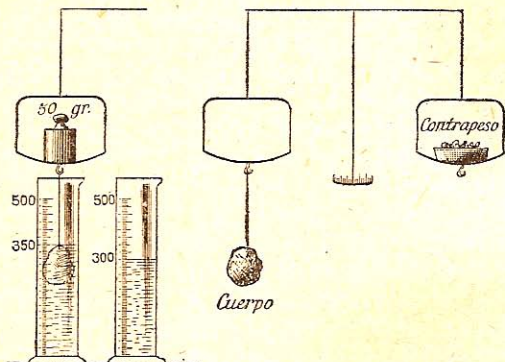


Fig. 67. — Demostración experimental del principio de Arquímedes.

el equilibrio y sube el nivel del agua (hasta  $350 \text{ cm}^3$  v. g.); el volumen del cuerpo es pues  $50 \text{ cm}^3$  (véase nº 38).

3º Para restablecer el equilibrio habrá que poner en el platillo que sostiene el cuerpo el peso de  $50 \text{ cm}^3$  de agua o sean 50 gramos. Este peso corresponde al empuje que ejerce el agua debajo del cuerpo sumergido.

### 67. Equilibrio de los cuerpos sumergidos.

— Un cuerpo sumergido queda sometido a dos fuerzas verticales; una, la gravedad o peso del cuerpo que lo arrastra hacia abajo, y otra, la presión del líquido que lo empuja hacia arriba. Por eso un cuerpo parece mucho más ligero en el agua que en el aire; v. g. un cubo lleno de agua que se saca del pozo; con pocos esfuerzos sube hasta el nivel del líquido.

Cuando un cuerpo está sumergido en un líquido, tres casos pueden presentarse :

1º caso : *El cuerpo tiene una densidad mayor que el líquido, o lo que es lo mismo, la gravedad es mayor que el empuje del agua; entonces el cuerpo cae al fondo, pero más despacio que en el aire, y tanto más*



espacio cuanto sea menor la diferencia de densidad. En el agua de mar es más fácil nadar que en el agua dulce, porque el agua salada tiene una densidad mayor que la dulce.

2º caso : *La densidad del cuerpo sumergido es igual a la del líquido*; entonces el cuerpo queda en equilibrio en el seno del líquido, porque el empuje que recibe desde abajo hacia arriba es igual a su propio peso; v. g. un huevo en agua salada.

3º caso : *La densidad del cuerpo es inferior a la del líquido*; entonces el cuerpo flota en la superficie; la presión ejercida por el líquido es mayor que el peso del cuerpo : v. g. el corcho en el agua, el fierro en el mercurio. Pero hay que notar que el cuerpo flotante siempre tiene parte de su masa sumergida en el líquido, y el volumen de líquido así desalojado tiene un peso exactamente igual al peso del cuerpo flotante; un buque se hunde más en el agua a medida que se le va cargando. Los buques flotan en el agua, aunque estén fabricados con materias muy pesadas, porque abultan mucho y tienen una forma hueca que les permite desalojar gran volumen de agua, cuyo peso es superior al peso total del barco.

**68. Experimentación práctica.** — Los tres casos indicados arriba pueden realizarse prácticamente

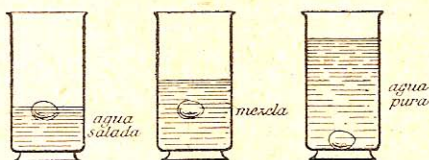


Fig. 68. — Equilibrio de los cuerpos sumergidos.

por medio de un huevo que va al fondo de una probeta que contiene agua pura, flota en el agua muy

cargada de sal, y queda en equilibrio en una mezcla conveniente de los dos líquidos anteriores.

También se pueden conseguir estos resultados por medio del ludión. Este aparato consta de un figurín de porcelana o de vidrio colgado de una bolita hueca de vidrio agujereada en su parte inferior; el aparato se coloca en una probeta casi llena de agua y cerrada herméticamente por una membrana elástica. Si se ejerce presión sobre la membrana, el agua comprimida penetra algún tanto en la bola y aumenta el peso del aparato: el ludión baja. Si se suprime la presión, el aire de la bola rechaza el agua, y el aparato aligerado vuelve a subir. Por una presión moderada, se podría mantener el ludión en equilibrio en medio de la probeta.



Fig. 69 — Ludión.

Los peces en el agua realizan estos varios casos de equilibrio comprimiendo más o menos su vejiga natatoria.

**69. Aplicaciones del principio de Arquímedes.** — Entre las principales aplicaciones del principio de Arquímedes, tenemos los cinturones de corcho para ayudar en la natación, los cinturones de salvamento, las boyas, los flotadores en las calderas, los barcos submarinos y los sumergibles, los areómetros...

**70. Submarino.** — Un barco submarino tiene un casco de acero de paredes dobles en forma de huso, y cuya sección transversal es ordinariamente circular. El grueso de las planchas metálicas varía según la profundidad a que se sumerge el barco para que éste pueda resistir perfectamente a la presión del agua. En la parte inferior del casco y entre las dos paredes están dispuestos compartimientos cerrados que se llenan de agua, *water-ballasts* (palabra inglesa que quiere decir lastre de agua) Por medio del aire comprimido se expelle esta agua para aligerar el submarino cuando debe subir. Unas válvulas adecuadas dejan entrar el agua para efectuar la sumersión.

Una hélice colocada en la popa y unas aletas laterales sirven para hacer caminar el barco y dirigirle. El submarino lleva varios aparatos accesorios: depósitos de aire comprimido, aparatos de visión, manómetros que indican la presión exterior



y por ende la profundidad en que está el barco, motores de varias clases, etc.

El submarino ordinario se aleja poco de las costas; la fuerza motriz se obtiene por acumuladores eléctricos.

Los submarinos no solamente pueden prestar mucho servicio

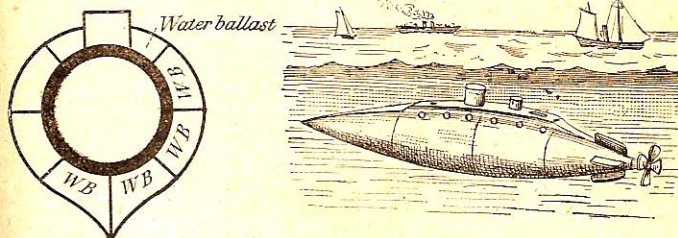


Fig. 70. — Submarino.

en un combate naval, sino que también son de grande utilidad en las exploraciones submarinas.

El sumergible navega en la superficie de las aguas por la acción de motores de petróleo; se vale de los acumuladores cuando se sumerge.

**71. Areómetros.** — Los areómetros son flotadores de vidrio que sirven para determinar el grado de concentración de los ácidos, de las disoluciones salinas, de los jarabes, de los líquidos alcohólicos... Cuando estos aparatos flotan en equilibrio a la superficie de un líquido, el peso del líquido desalojado es igual al peso del instrumento; este peso es pues constante, pero el volumen varía conforme el areómetro esté más o menos sumergido en el líquido; estos aparatos indican ya la densidad ya un grado de concentración; según estén graduados para el uno o el otro. Los que indican grado de concentración, se llaman de Baumé, del nombre de su constructor, y son de dos clases unos para líquidos más densos que el agua (*pesa ácidos, pesa sales...*); éstos tienen el cero de la graduación en la parte supe-

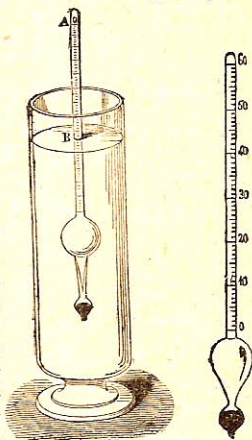


Fig. 71. — Areómetros.



rior; otros para líquidos menos densos que el agua (*pesa alcohol, pesa éter...*), el cero entonces está a la base del tubo. El ácido sulfúrico concentrado marca 66° Baumé, el ácido nítrico 36° B., el éter rectificado 65° B.

Los densímetros son areómetros que llevan indicación de la densidad del líquido en que se meten.



Fig. 72. — Alcohómetro centesimal de Gay-Lussac.

**72. Alcohómetro de Gay-Lussac.** — En la industria de los alcoholes se necesita a cada rato conocer la riqueza en alcohol de una mezcla de agua y alcohol. El alcohómetro centesimal construido por Gay-Lussac indica inmediatamente la proporción de alcohol que contiene el líquido. Si el aparato se sume v. g. hasta el n° 75, eso quiere decir que las 75 centésimas partes de la mezcla son de alcohol; lo demás es agua.

El alcohol de caña que se vende en la República marca 96°.

#### § IV. — Principio de Pascal.

**73.** — *La presión que se ejerce en la superficie libre de un líquido en equilibrio se transmite íntegra en todas direcciones, y es proporcional a la superficie comprimida.* Si un centímetro cuadrado recibe una presión de un kilogramo, 25 cm<sup>2</sup> recibirán una presión de 25 kgs.

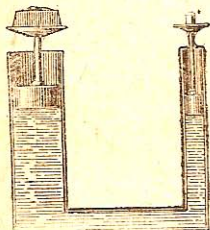


Fig. 73. — La presión es proporcional a la superficie.

**74.** — La prensa hidráulica es una aplicación de este principio. Este aparato está formado de dos cilindros que se comunican en la parte inferior, y en los cuales se mueven dos émbolos de sección diferente. El cilindro menor funciona como bomba impelente y rechaza el agua debajo del émbolo mayor. Si éste tiene una sección cien veces

mayor que el otro, toda presión que se ejerce sobre el émbolo menor quedará centuplicada sobre el otro

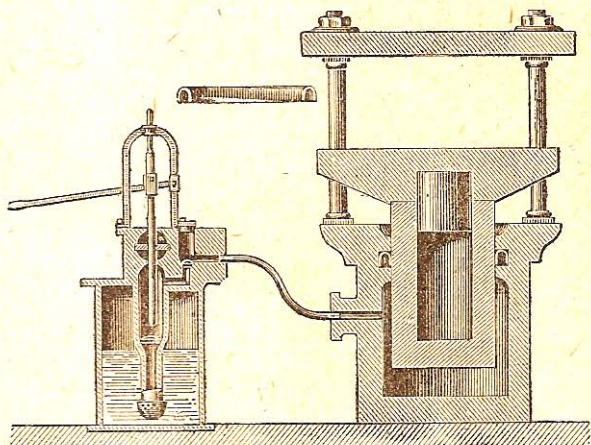


Fig. 74. — Prensa hidráulica.

émbolo. Desde luego con poco esfuerzo, podrá obtenerse una presión considerable.

**75. Usos de la prensa hidráulica.** — La prensa hidráulica se utiliza para abatanar los paños, comprimir las pacas de algodón, lana, paja y otras materias que abultan mucho, extraer el aceite de las semillas oleaginosas y los jugos de algunas plantas, separar el ácido oleico de los demás ácidos grasos. Se utiliza para ensayar la resistencia de los cables y cadenas, de las máquinas de vapor, para fijar las ruedas de las locomotoras en las extremidades algo cónicas de sus ejes. El agua comprimida por las prensas hidráulicas mueve máquinas poderosas, grúas, cabrestantes, puentes giratorios, ascensores hidráulicos...

**76. Ascensores.** — Los ascensores son aparatos que sirven

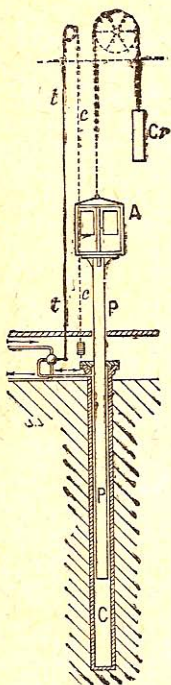


Fig. 75. — Ascensor hidráulico.

para elevar las personas o cargas a los diferentes pisos de un edificio. El ascensor hidráulico consta de un émbolo largo metido hasta el fondo de un pozo que es más o menos profundo conforme el edificio sea más o menos elevado. Cuando el agua comprimida entra en el pozo, el émbolo empujado sube: se para cuando se cierra la llave que hace entrar el agua, y baja cuando se da salida al agua del pozo.

El émbolo lleva en su parte superior un cuartito o camarín en que se colocan las personas que quieren servirse del ascensor. Un sistema de contrapesos, de poleas y de columnas guidoras completa la instalación.

Algunos ascensores hidráulicos utilizan motores de aire comprimido, de gas, etc. En los ascensores eléctricos, el cable del cual cuelga el camarín se enrolla en un torno o tambor movido por una dinamo.



## CAPÍTULO VIII

### EQUILIBRIO DE LOS GASES

#### § I. — Propiedades de los gases.

77. **Compresibilidad y elasticidad.** — Las moléculas de los gases no tienen cohesión, se rechazan unas a otras y están siempre en movimiento. Un gas ocupa siempre todo el espacio

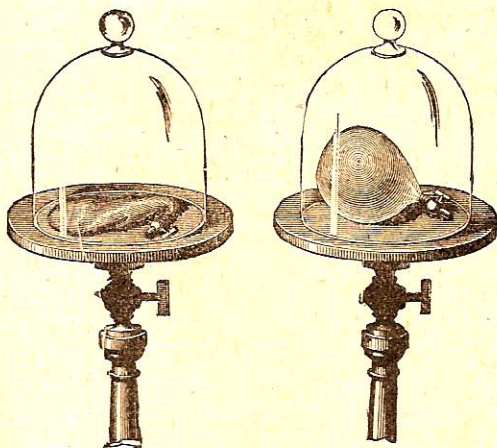


Fig. 76. — Expansibilidad de los gases.

en que puede dilatarse, y todavía ejerce alguna presión sobre las paredes del recipiente.

Los gases son muy **compresibles**, y cuando están comprimidos, adquieren una fuerza de expansión considerable.

Se llama **expansión** de un gas el aumento de volumen que

experimenta, cuando se suprime la fuerza que lo mantenía comprimido. Algunos gases se liquidan por el efecto de la presión. La compresión va acompañada de una elevación de temperatura y la expansión rápida puede en ciertos casos producir fríos muy grandes.

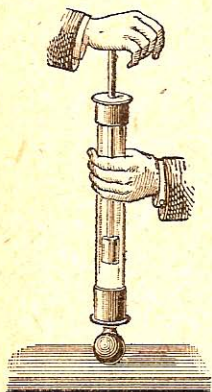


Fig. 77. — Eslabón de aire.

La expansibilidad de los gases puede comprobarse colocando debajo del recipiente de la máquina neumática una vejiga cerrada que contiene un poco de aire. Cuando principia el vacío, el aire encerrado en la vejiga se dilata porque está menos comprimido, y la vejiga se hincha progresivamente.

La compresibilidad y la elasticidad de los gases se comprueban por medio del eslabón de aire, tubo de cristal con paredes gruesas en el cual se mueve un émbolo. Cuando baja el émbolo, el aire se comprime en la parte inferior; pero cuando deja de obrar la presión, el aire tiende a ocupar su volumen primitivo y rechaza el émbolo. Este aparato se llama eslabón porque un pedacito de yesca colocado en la parte inferior del tubo puede encenderse, si la compresión es brusca.

78. **Peso de los gases.** — Todos los gases tienen peso, pero su densidad es muy poca, si se la compara con la de los líquidos; el aire pesa 773 veces menos que el agua.

Para comprobar que el aire es pesante, se cuelga de uno de

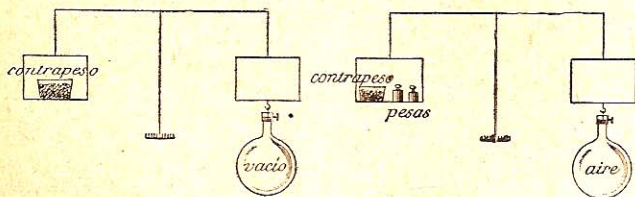


Fig. 78. — Peso del aire.

los platillos de la balanza un matraz grande de vidrio en el cual se ha hecho el vacío. Se le equilibra por medio de un contrapeso que se coloca en el otro platillo. Después se abre la llave del matraz: el aire entra y el equilibrio ya no existe; para

restablecerlo hay que poner en el platillo del lado opuesto al matraz unas pesas que representan el peso del aire que entró en el recipiente. Un litro de aire pesa 1,293 gr., cuando la temperatura es de 0° centígrado, y la presión atmosférica de 760 milímetros.

Para la densidad de los gases y vapores se toma como punto de comparación el aire, cuya densidad se representa por 1. El peso de un litro de gas o vapor cualquiera se obtendrá multiplicando el peso de un litro de aire 1,293 gr., por la densidad de dicho cuerpo gaseoso.

La densidad del gas carbónico es de 1,529; el litro de este gas pesa  $1,293 \times 1,529 = 1,977$  gr.

### 79. Densidad de algunos gases y vapores :

Hidrógeno. . . . .	0,0694	Cloro . . . . .	2,48
Nitrógeno . . . . .	0,967	Vapor de agua. . . . .	0,622
Oxígeno . . . . .	1,105	Vapor de alcohol. . . . .	1,59
Gas carbónico . . . . .	1,529	Vapor de yodo. . . . .	8,72

## § II. — Presión atmosférica.

**80. Definición.** — La capa de aire que rodea la tierra se llama atmósfera; no conocemos exactamente la altura o el espesor de esta capa (unos dicen que 70 km.); pero sea cual fuere su espesor el aire atmosférico tiene peso, y la presión que ejerce sobre todos los cuerpos se llama presión atmosférica.

**81. Comprobación.** — Varios experimentos sencillos comprueban la existencia de esta presión. Cuando se mete en un líquido un tubo abierto en sus dos extremidades y que se aspira con la boca, el líquido sube.

Esta ascensión se produce mediante la presión atmos-

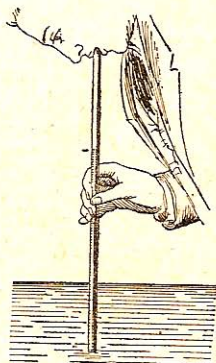


Fig. 79. — Ascensión de un líquido por aspiración.



férica. Antes de la aspiración, la presión es igual en cada extremidad del tubo, pero la aspiración suprime parte de la presión en la abertura superior (desde arriba para abajo), y la presión en la abertura inferior (de abajo para arriba) hace subir el líquido hasta que haya equilibrio.

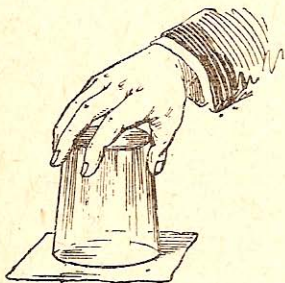


Fig. 80. — La presión atmosférica impide que caiga el agua.

Un vaso se llena exactamente de agua y se tapa con una hoja de papel. Volteándolo con cuidado boca abajo, el líquido no cae; sino que se mantiene por la presión atmosférica que se ejerce desde abajo hacia arriba. Un disco de cuero o de goma humedecido y aplicado exactamente en el cristal de una ventana o en una losa del pavimento, se separa con mucha dificultad por la presión atmosférica que se ejerce en la parte libre del disco.

Tenemos otro ejemplo de la presión

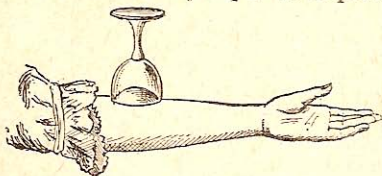


Fig. 81. — Ventosa.



Fig. 82. — El huevo cae adentro por efecto de la presión atmosférica.

atmosférica en la ventosa. Se enciende en la copa un copo de algodón o unas gotas de alcohol y se la aplica en la parte enferma. Al enfriarse el aire, disminuye la presión en el interior del vasito, y la presión atmos-

férica que se ejerce adentro del cuerpo humano empuja la carne y la sangre, formando una eminencia.

Un huevo cocido duro y despojado de su cáscara se pone a modo de tapón en la boca de un frasco en el cual se quemó un poco de papel para producir un vacío parcial; á consecuencia de la presión del aire exterior, el huevo entra rápidamente en el frasco.

La presión atmosférica se ejerce, pues, en todas direcciones.

82. Algunos aparatos de física sirven también para comprobar la existencia de la presión atmosférica. Entre ellos,

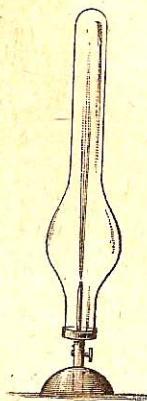


Fig. 83. — Fuente en el vacío.

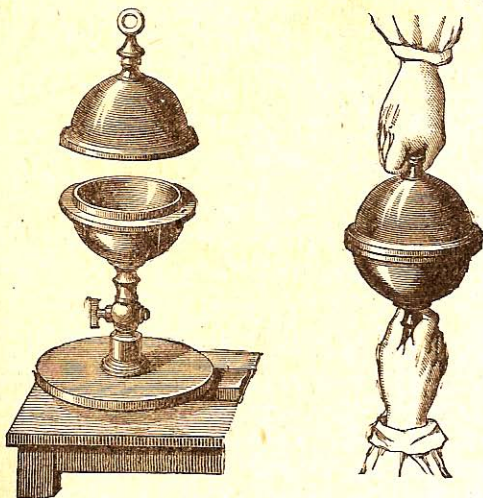


Fig. 84. — Hemisferios de Magdeburgo.

la lluvia de mercurio (véase nº 9), la fuente en el vacío, los hemisferios de Magdeburgo, el rompe vejiga.

La fuente en el vacío es un tubo grande cerrado en la extremidad superior, la parte inferior da paso a un tubito que penetra unos centímetros en el aparato. Hecho el vacío, se coloca el pie del aparato en una cuba de agua y se abre la llave; el agua se precipita con mucha fuerza formando un surtidor que no cesa hasta

que haya equilibrio entre la fuerza del aire interior y la presión atmosférica.

#### Hemisferios de Magdeburgo.

— Dos hemisferios metálicos huecos se encajan exactamente; mientras contienen aire se separan con suma facilidad; pero si se hace el vacío en el espacio interior la fuerza de dos personas jalando en dirección opuesta no basta a veces para separarlos.

El rompe vejiga es un cilindro de vidrio cerrado en una de sus extremidades por una

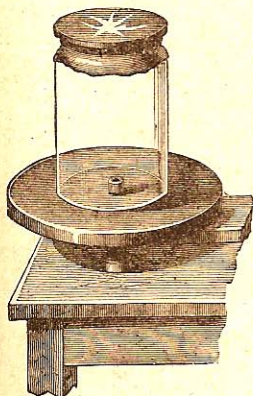


Fig. 85. — Rompe vejiga.

membrana elástica. Se aplica la abertura opuesta sobre la platina de la máquina neumática. Luego que se principia a bombear, la membrana se deprime por el efecto de la presión exterior, rompiéndose al fin con fuerte detonación.

#### 83. Medida de la presión atmosférica. —

Torricelli, físico italiano, fué quien primero midió el valor de la presión atmosférica. Un tubo de vidrio de cerca de un metro de largo y cerrado en una de sus extremidades se llena exactamente de mercurio; tapándolo con el dedo, se lo voltea en la cuba de mercurio de modo que su extremidad abierta esté metida en el líquido. Quitando entonces el dedo, baja algunos centímetros la columna de mercurio conservando una



altura que, al nivel del mar, es igual a 76 centímetros. La parte superior del tubo está vacía de aire y se llama *cámara barométrica*. Es la presión atmosférica que mantiene el mercurio en este nivel. Si el tubo tiene un centímetro cuadrado de sección, la columna de mercurio de 76 cm. de alto tiene un volumen de 76 centímetros cúbicos y pesa  $13,6 \times 76 = 1033$  gramos. *La presión atmosférica es pues de 1033 gramos por centímetro cuadrado*. El cuerpo humano, cuya superficie media es de  $1,40 \text{ m}^2$ , soporta una presión de  $1033 \times 14000 = 15350$  kgs; pero esta presión se ejerce también dentro de nuestro organismo de modo que hay equilibrio y no sentimos el peso enorme de esta presión.

Si en lugar de mercurio se empleara otro líquido para medir la presión atmosférica, la altura de la columna sería en razón inversa de la densidad (10,33 metros empleando agua).

84. La presión atmosférica disminuye a medida que se eleva uno en la atmósfera, o en otros términos a mayor altura es menor la presión, como es fácil comprobarlo, repitiendo el experimento de Torricelli en varios puntos de altitud diferente.

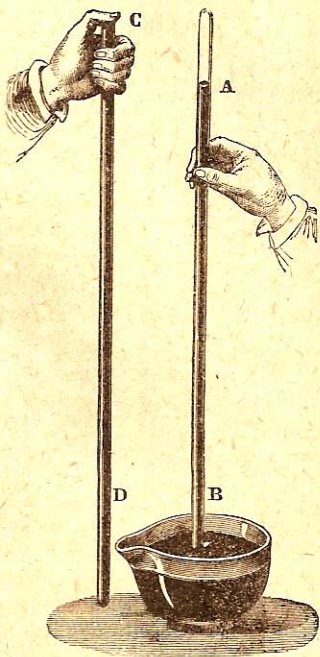


Fig. 86. Experimento de Torricelli.

a 400 metros, la presión es de. . . . .		72 cm.
a 650 — — — — —		70 cm.
a 1250 — — — — —		65 cm.
a 1880 — — — — —		60 cm.
a 2260 — (México) . . . . .		586 mm.
a 2570 — — — — —		55 cm.
a 3330 — — — — —		50 cm.
a 4170 — — — — —		45 cm.
a 5110 — — — — —		40 cm.
a 6170 — — — — —		35 cm.
a 7400 — — — — —		30 cm.



Fig. 87. — Barómetro de Fortin.

85. El organismo humano acostumbrado a una presión normal, experimenta graves desórdenes cuando aumenta o disminuye mucho la presión; esto se nota cuando uno sube a un monte elevado o en globo: es el mal de las montañas cuyos síntomas son: zumbidos en los oídos, opresión, debilidad muscular, náuseas, vómitos, hemorragias, vértigo, desmayo.

### § III. — Barómetros.

86. **Barómetros de mercurio.** — Los aparatos que, como el de Torricelli, sirven para medir la presión atmosférica se llaman barómetros. En la construcción de los barómetros debe emplearse mercurio puro y seco, hacerlo hervir en el tubo para que se desprenda completamente el aire pegado a las paredes interiores.

Uno de los más conocidos es el **barómetro de Fortin**. En este barómetro el fondo de la cubeta está formado de una gamuza que mediante un tornillo se puede alzar o bajar para que el nivel del mercurio corresponda exactamente con la extremidad de una punta de marfil que



indica el cero de la graduación. Los barómetros están graduados en centímetros y milímetros.

**87. Barómetros metálicos.** — Los barómetros de esta clase no contienen ningún líquido. El más común es el de **Bourdón**.

El órgano esencial del aparato es un tubo de latón de sección elíptica, vacío de aire y fijo en una de sus extremidades. El

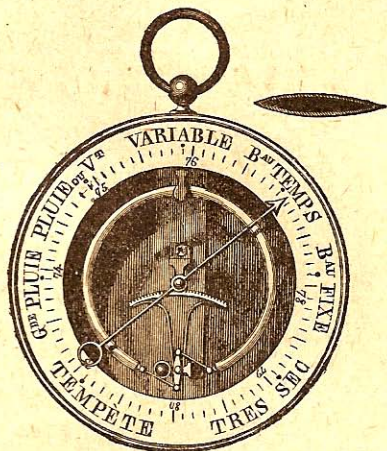


Fig. 88. — Barómetro de Bourdón.

tubo se enrolla cuando aumenta la presión atmosférica, y se desenrolla cuando disminuye esta presión. Los movimientos de la extremidad libre del tubo se transmiten por medio de palanquitas a una aguja móvil delante un arco dividido donde se lee la presión. Los barómetros metálicos son más cómodos y sobre todo más transportables que los barómetros de mercurio, pero son menos exactos. El barómetro puede servir para calcular la altura de una montaña, indicando la presión correspondiente.



## CAPÍTULO IX

### APLICACIONES DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

#### § I. — Bombas para líquidos.

**88. Definición.** — Las bombas son aparatos que sirven para elevar los líquidos bajo la influencia de la presión atmosférica. Hay bombas *aspirantes*, bombas *impelentes*, y bombas a la vez *aspirantes e impelentes*.

**89. Bomba aspirante.** — La bomba aspirante consta de un cilindro o cuerpo de bomba que comunica por su parte inferior con un tubo de aspiración. En el cuerpo de bomba se mueve un émbolo con una válvula que se abre de abajo hacia arriba, otra válvula análoga separa el tubo de aspiración del cuerpo de bomba.

Cuando sube el émbolo, su válvula se cierra por la presión atmosférica; la válvula del tubo de aspiración se abre y el aire contenido en este tubo dilatándose penetra en el cuerpo de

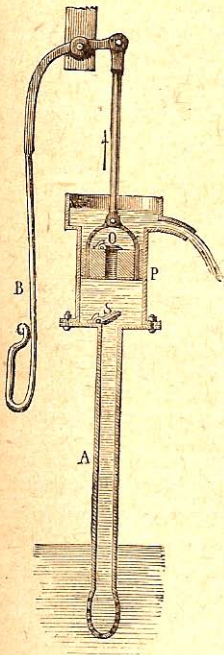


Fig. 89. — Bomba aspirante.

bomba, lo que produce una disminución de la fuerza elástica de este aire interior, y el agua sube poco a poco en el tubo a causa de la presión atmosférica en el pozo. Cuando baja el émbolo, la válvula del tubo de aspiración se cierra y la del émbolo se abre por la fuerza del aire comprimido debajo. Se repiten los fenómenos cada vez que sube y baja el émbolo, y por fin el agua llena el cilindro; entonces la bomba está cebada. El agua pasa por encima del émbolo cuando éste baja; y cuando vuelve a subir el agua rechazada sale por el tubo de desagüe. Teóricamente el tubo de aspiración puede medir 10,33 metros cuando la presión atmosférica es de 760 *m/m*, (u 8,16m. cuando la presión es de 600 *m/m*) pero en la práctica se reduce mucho esta altura por la pérdida de fuerza causada por el roce y por los escapes; la altura del tubo será generalmente 2/3 de la altura teórica.

**90. Bomba impelente.** — En la bomba impelente el émbolo no tiene válvula y no hay tubo de aspiración; el cilindro comunica directamente con el depósito de agua del cual está separado por una válvula que se abre de abajo hacia arriba. Cuando sube el émbolo, el agua empujada por la presión atmosférica se precipita en el cilindro para llenar el espacio vacío. Cuando baja el émbolo, la válvula se cierra y el agua comprimida sube en el tubo de elevación; este tubo tiene también su válvula que impide que el agua vuelva atrás.

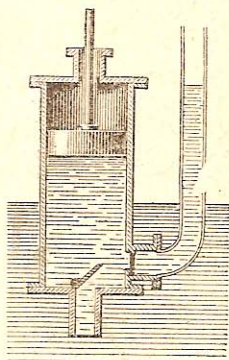


Fig. 90. — Bomba impelente

**91.** — Muchas bombas son a la vez aspirantes e

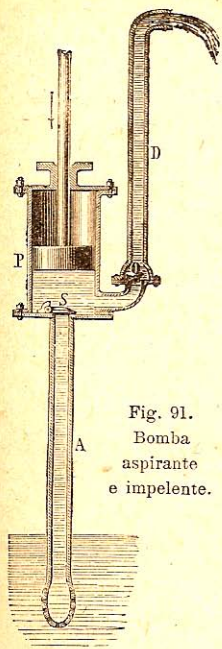


Fig. 91.  
Bomba  
aspirante  
e impelente.

impelentes; tienen la misma disposición que la bomba impelente y además tienen un tubo de aspiración.

**92.** — La bomba de incendio es una bomba impelente de dos cilindros; los émbolos de movimiento alternativo lanzan el agua a un depósito común, de donde sale por la presión del aire comprimido, y produce un chorro continuo.

**93.** — Las jeringas ordinarias son análogas a las bombas, sólo que no tienen válvulas; se llenan y se vacían por el mismo tubo (cánula). Sirven a los médicos para inyecciones, a los jardineros para regar las plantas.

**94. Bombas rotatorias.** — En estas bombas el émbolo se reemplaza por un árbol horizontal que lleva perpendicularmente a

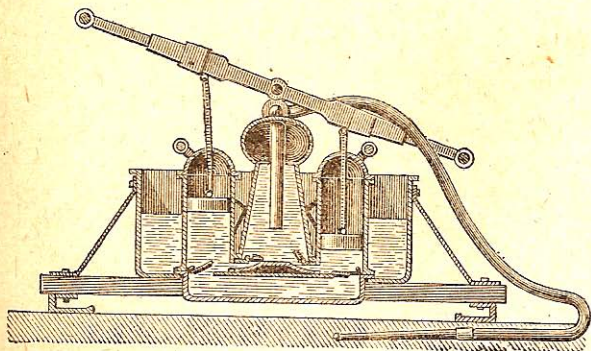


Fig 92 — Bomba de incendio.



su eje un sistema de aletas o láminas encorvadas.

Por una rotación rápida de las aletas se produce una aspiración y la presión atmosférica empuja el agua en el aparato; de ahí el agua se lanza mediante

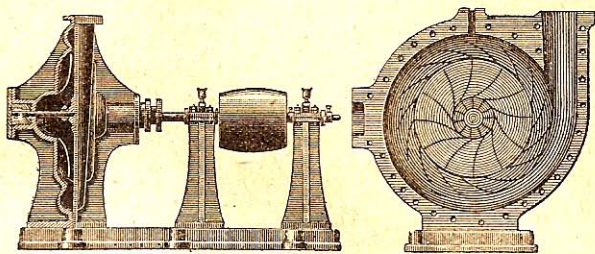


Fig. 93. — Bomba rotatoria.

las paletas en el tubo vertical. Estas bombas dan un chorro continuo de agua y se emplean principalmente cuando hay que lanzar los líquidos a alguna distancia y con presión. La fuerza motriz empleada es la de un motor cualquiera : de vapor, de gasolina, o motor eléctrico.

**95. Norias y rosarios.**

— Estos aparatos no son bombas, sino ruedas giratorias en las que están fijados cangilones que se llenan de agua al pasar en el pozo y se vacían en un canal de desagüe, cuando llegan arriba. La fuerza motriz es la de un animal o de un motor de viento.

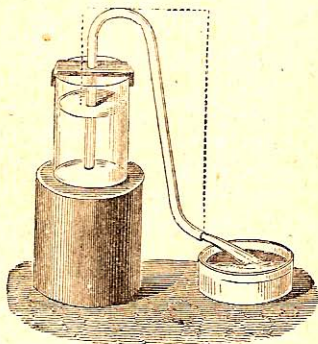


Fig. 94. — Sifón ordinario.

**96. Sifón.** — El sifón es una aplicación inmediata de la presión atmosférica. Sirve

para pasar un líquido de un vaso superior a otro inferior sin mover los recipientes. El sifón consta de un

tubo encorvado de dos brazos desiguales. Para cebar el sifón se lo llena de líquido, generalmente por aspiración, metiendo la rama corta en el vaso superior. Para los líquidos venenosos se adapta al sifón una rama lateral.

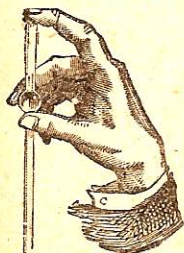


Fig. 96. — Pipeta.

97. — La pipeta, el catavinos son también aplicaciones de la presión atmosférica. Para coger corta cantidad de líquido se mete

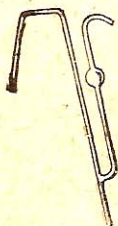


Fig. 95. — Sifón para ácidos.

la extremidad del tubo en el líquido y se aspira. Se tapa luego con el dedo la abertura superior; la presión atmosférica que se ejerce en la abertura inferior mantiene el líquido.

## § II. — Bombas para gases.

98. — Las bombas de gas son de dos clases : las *máquinas neumáticas* que rarifican los gases y producen el vacío, y las *bombas de compresión* que acumulan los gases en un espacio reducido. Sólo se diferencian entre sí por la disposición de las válvulas.

99. **Máquina neumática.** — La máquina neumática es una bomba aspirante cuyo tubo de aspiración comunica con el recipiente del cual se quiere sacar el aire. Las máquinas neumáticas constan sea de uno o dos cilindros. La plataforma donde se colocan o se atornillan las piezas en las cuales se quiere hacer el vacío, se llama *platina* de la máquina.

Esta bomba no puede producir un vacío muy perfecto, y se la reemplaza en muchos casos por las trompas.

**100. Trompas.** — Hay trompas de agua y otras de mercurio. En estos aparatos la circulación de los gases se obtiene por medio de una caída del líquido.

**Trompa de agua.** — La trompa de agua se compone

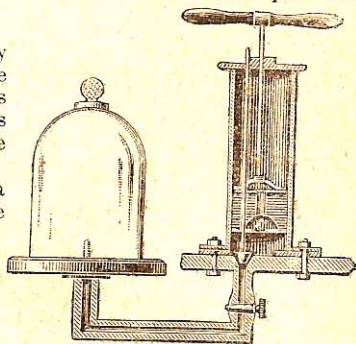


Fig. 97. — Bomba neumática

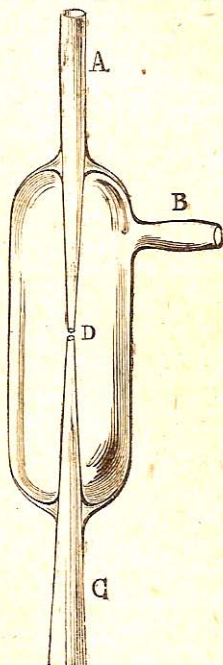


Fig. 98. — Trompa de agua.

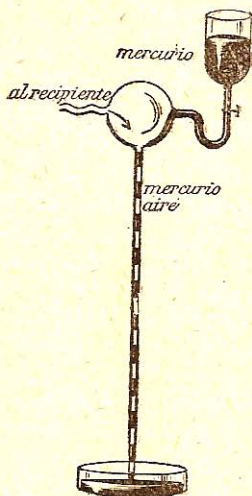


Fig. 99. — Trompa de mercurio

de un cilindro en el cual están fijados dos tubos cónicos de vidrio, cuyos orificios están colocados el uno frente al otro y



a corta distancia. El agua bajo presión entra por el cono superior; el aire que rodea los orificios queda aspirado y arrastrado por el agua, se rarifica en el cilindro y a consecuencia en el recipiente que está en comunicación con él.

**Trompas de mercurio.** — Las trompas de mercurio producen aún mejores resultados. Las más sencillas comprenden un depósito de mercurio, un tubo largo por el cual se verifica la caída, y que en la parte superior comunica con el recipiente en el cual se quiere hacer el vacío. El mercurio cae gota a gota, y entre las gotas pasan las burbujas de aire.

**101. Aplicaciones del vacío.** — Las bombas de aspirar el aire se utilizan mucho en la industria para disminuir la presión en la superficie de los líquidos, obtener así una evaporación rápida y concentrar las disoluciones, como en la fabricación del azúcar. Ellas sirven también para la filtración rápida, aspirando el aire por la parte inferior de los aparatos de filtrar: la presión atmosférica que se ejerce entera en la parte superior produce una caída más acelerada de los líquidos. Con las trompas de mercurio se hace el vacío en las bombillas de vidrio que sirven para la fabricación de los focos eléctricos.

Para la fabricación del hielo, puede hacerse un vacío parcial en el recipiente que contiene el agua que se quiere hacer congelar; la disminución de presión produce una evaporación rápida del líquido y por consiguiente, un frío suficiente para que se congele todo el líquido restante.

**102. Máquinas de compresión.** — En las bombas de compresión, la válvula que se abre desde abajo hacia arriba deja pasar el gas del interior de la bomba al recipiente en que se comprime, pero impide que vuelva atrás. La bomba que sirve para henchir los « pneus » de las bicicletas y automóviles es la más sencilla de las máquinas de compresión. El tubo de caucho así inflado adquiere mucha dureza y forma como un colchón que suprime el ruido y las sacudidas que se producirían por las asperezas del camino.

**103.** — El aire comprimido se emplea como fuerza motriz en la industria menor, en ciertos tranvías...

En los motores de aire comprimido el aire bajo presión empuja alternativamente cada una de las

caras del émbolo, cuyo movimiento de vaivén se transforma después en movimiento circular.

**104.** — El freno de Westinghouse, que se emplea en los trenes, utiliza también la fuerza del aire comprimido. El aparato comprende un cilindro horizontal colocado debajo de cada coche y que contiene dos émbolos que pueden moverse en sentido opuesto. Durante la marcha del tren, los émbolos están a proximidad uno del otro y las calzas no están en contacto con las ruedas. Para apretar los frenos, se abre una llave y el aire comprimido en un depósito penetra entre los dos émbolos, les empuja y aplica las calzas a las ruedas. Para aflojar los frenos, se hace comunicar el cilindro con el aire exterior y los émbolos vuelven á su posición primitiva.

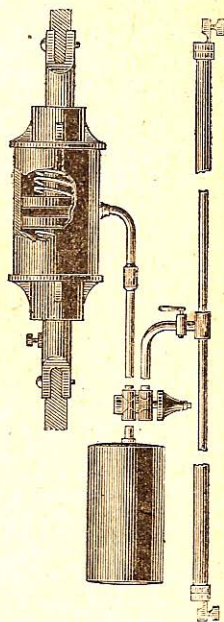


Fig. 100. — Freno de Westinghouse.

**105.** — En algunas ciudades hay relojes públicos, llamados relojes neumáticos, que utilizan el aire comprimido. En el reloj central se produce, al cabo de cada minuto, la abertura de un conducto de aire comprimido, mediante el juego de unas palancas. El minuterero de todos los relojes neumáticos en comunicación con el central adelanta una división a cada empuje.

**106.** — El escafandro es un aparato muy empleado en los puertos y en varios mares para la pesca de



esponjas, perlas... Se compone de una especie de casco que se sujeta en el pecho y las espaldas de un traje de caucho que se ponen los buzos (hombres



Fig. 101. — Escafandro.

que trabajan debajo del agua). El casco comunica con un recipiente de aire que por medio de un tubo enlaza con el depósito exterior de aire comprimido. Unos cristales resistentes colocados frente a los ojos del buzo le permiten ver lo suficiente para trabajar.

**107.** — La campana de buzo puede recibir varias personas y permite trabajar con toda seguridad debajo del agua. El aire comprimido rechaza el agua por la parte inferior y suministra a los obreros aire respirable. La única precaución que se requiere es que se regule el aumento

y la disminución de presión : el paso brusco de una atmósfera comprimida a la presión ordinaria, o de la presión ordinaria al aire comprimido, puede ocasionar graves desórdenes en el organismo humano. Para evitarlo los obreros entran primero en el cuarto superior en el cual permanecen un rato, hasta que la presión del aire en este cuarto sea igual a la de la campana, bajo la cual debe efectuarse la obra. Saliendo de la campana, permanecen otro rato en el cuarto superior,



donde se produce poco a poco la expansión del aire, hasta alcanzar la presión ordinaria.

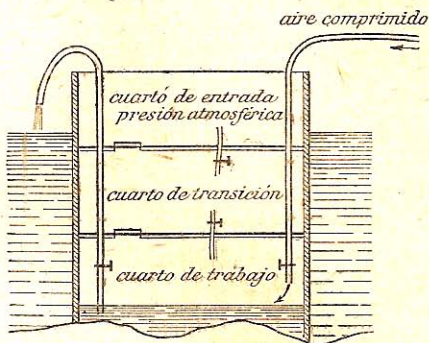
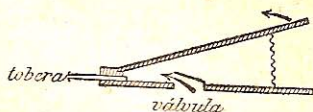
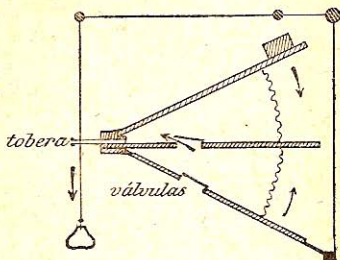


Fig. 102. — Corte teórico de una campana de buzo.

**108. Máquinas soplantes.** — El fuelle ordinario y el fuelle de los herreros son las más simples de estas máquinas. Una válvula colocada en la parte inferior se abre de afuera hacia adentro por el efecto de la presión



Fuelle ordinario.



Fuelle del herrero.

Fig. 103.

atmosférica, cuando se abre el fuelle; al cerrarse éste, el aire comprimido se escapa por la tobera del aparato.

Las máquinas de viento empleadas en la metalurgia y en la ventilación de algunas minas son poderosas bombas aspirantes e impelentes cuyo mecanismo es análogo al de las bombas para líquidos.

Los ventiladores rotatorios son de construcción análoga a la de las bombas rotatorias (véase n° 94).

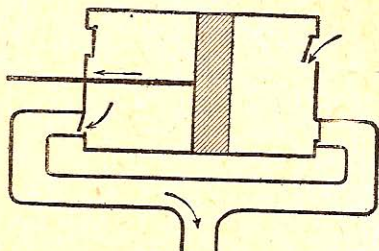


Fig. 104. — Máquina soplante.

El aire aspirado por la revolución rápida de las aletas sale por el tubo de escape como un viento más o menos fuerte.

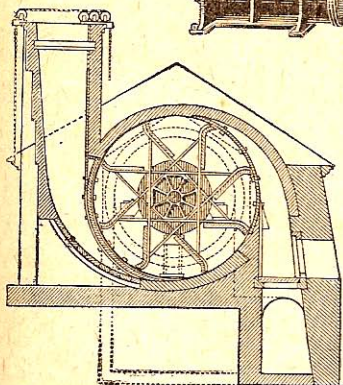
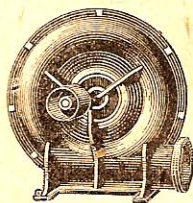


Fig. 105. — Ventilador rotatorio.

La aventadora que se emplea en la agricultura para limpiar el grano es un ventilador rotatorio de construcción más sencilla.

Los motores de viento utilizan la fuerza de las corrientes atmosféricas. Los principales son los molinos de viento conocidos desde la más remota antigüedad. Los de fabricación moderna constan de aletas más numerosas y mucho más ligeras que las aspas de los antiguos.

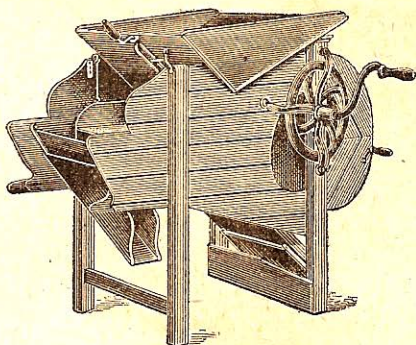


Fig. 106. — Aventadora.

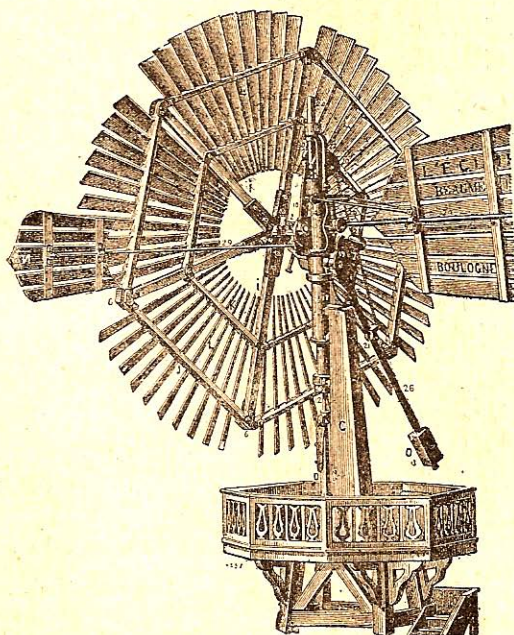


Fig. 107. — Molino de viento (moderno).



El movimiento de la rueda se transmite a un eje que

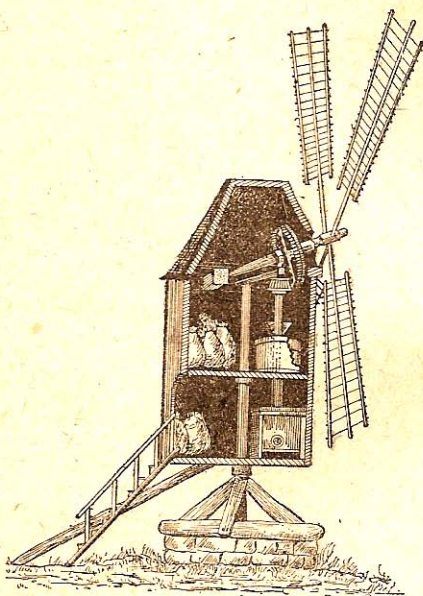


Fig. 108. — Molino de viento (antiguo).

a su vez acciona una bomba, un molino. Los motores de viento son pues análogos a las ruedas hidráulicas.

### § III. — Medida de la fuerza elástica de los gases.

**109.** Ley de Mariotte. — La fuerza elástica de los gases depende del volumen que ocupan. A medida que se va comprimiendo el aire en el « pneu » de una bicicleta v. g. se siente mayor resistencia. Mariotte y Boyle nos dieron a conocer la ley siguiente que lleva su nombre : *A una misma temperatura la fuerza elástica de una masa gaseosa varía en razón inversa del volumen.* Si el volumen se reduce a la mitad, la presión que

ejerce el gas será doble de la primitiva; si el volumen llega a ser dos veces mayor, la presión se reduce a la mitad....

**110. Manómetros.** — Los aparatos que sirven para medir la fuerza elástica de los gases se llaman manómetros. En los manómetros de mercurio, este líquido sube en el tubo más o

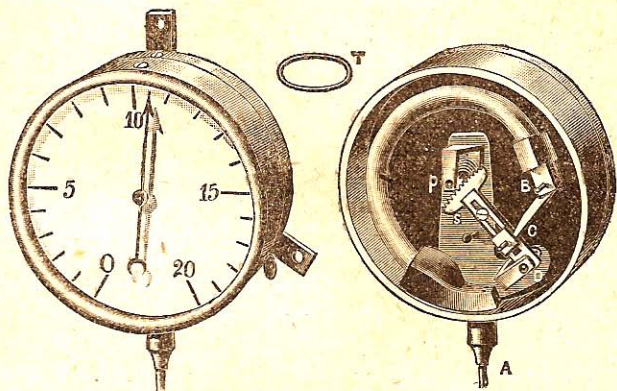


Fig. 109. — Manómetro.

menos según sea mayor o menor la presión; estos manómetros se emplean poco, pero son muy exactos.

Los manómetros metálicos ó industriales son tubos de latón encorvados y cerrados en una extremidad. Por la otra entra el gas ó el vapor cuya presión o fuerza elástica se quiere medir. Por el efecto de la presión, el tubo se desenrolla y mueve una aguja delante de un cuadrante donde se lee la presión expresada en kilogramos. Cuando un gas tiene una fuerza elástica v. g. de 5 kgs, eso quiere decir que la presión ejercida sobre cada centímetro cuadrado es igual a 5 kgs.

## CAPÍTULO X

### AEROSTÁTICA

**111. Principio de Arquímedes aplicado a los gases.** — Las pompitas de jabón hechas con gas hidrógeno, los globos de papel inflados con aire caliente suben en el aire, flotan en el elemento gaseoso como el corcho y otros cuerpos en el agua; su peso es pues inferior al peso del aire atmosférico, o en otros términos, reciben por parte del aire un empuje de abajo para arriba cuya fuerza es mayor que el peso de esos cuerpos. Luego podremos decir que el principio de Arquímedes se aplica también a los gases, y que *todo cuerpo metido en un gas recibe por parte de este gas un empuje vertical de abajo hacia arriba igual al peso del gas desalojado*. El cuerpo subirá, bajará o quedará en equilibrio según su propio peso sea menor, mayor o igual al peso del gas desalojado.

**112. Globos.** — Los globos esféricos son de tafetán y de seda; se los envuelve en una red que sostiene la navecilla en que toman asiento los aeronautas con los aparatos científicos que llevan consigo : barómetros, termómetros. La **fuerza ascensional** de un globo es la diferencia entre el peso del globo con su carga y el peso del aire desalojado. Los globos se inflan con gas hidrógeno o gas de hulla; no se los llena completamente porque a medida que van subiendo, la presión atmosférica disminuye y el gas interior menos com-



primido, aumenta de volumen, y se rompería la envoltura si el gas no pudiera dilatarse.

Cuando el globo está en equilibrio en el aire, no pueden subir más los aeronautas sin aligerarlo,

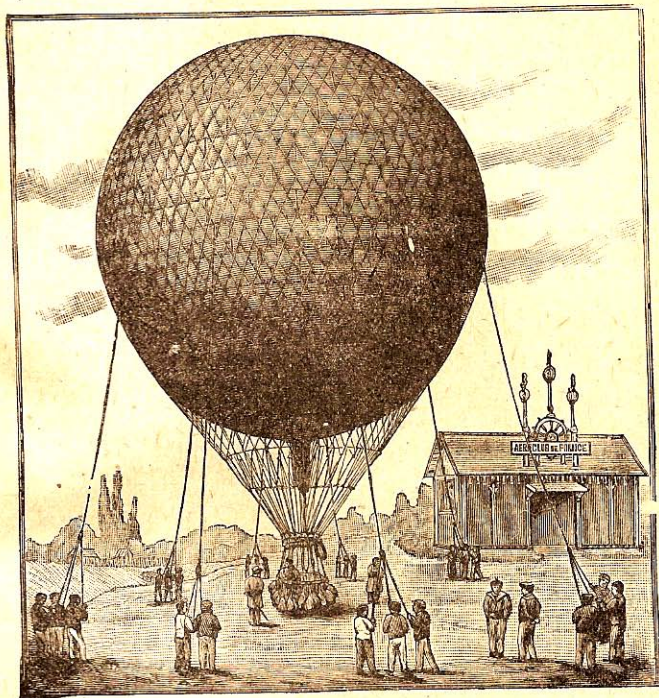


Fig. 110. — Globo esférico.

echando lastre (arena que llevan en unos sacos); y cuando quieren bajar, dejan escapar algo de gas por medio de una válvula colocada en la parte superior del globo y que se gobierna por medio de una cuerda al alcance de la mano de los aeronautas.

El globo esférico fué de gran utilidad para el

estudio de las regiones superiores de la atmósfera.

Como el hombre no puede subir muy alto sin exponerse a graves peligros (por falta de presión, o frío excesivo...) se construyen globos no tripulados: *sondas aéreas* y *cometas meteorológicas* que sólo llevan aparatos científicos que registran la presión, la temperatura, el estado de sequedad o de humedad del aire, etc.

**113. Navegación aérea.** — El grado de perfección que se consigue en la construcción de los motores ligeros y particularmente en los de petróleo, permite ahora luchar con ventaja contra las corrientes

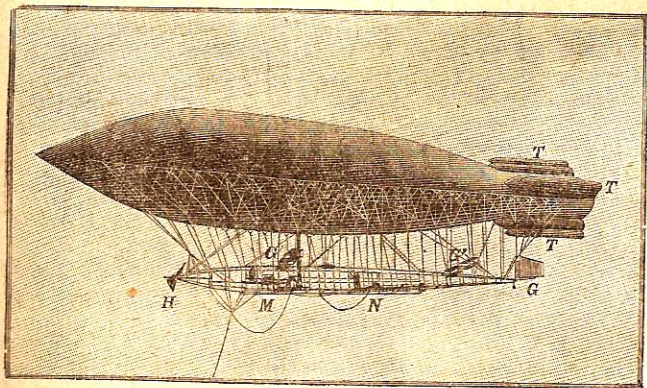


Fig. 111. — Dirigible.

atmosféricas y dirigir los aeróstatos que por eso se llaman dirigibles. Su forma ordinaria es la de un cilindro alargado con extremidades poco más o menos cónicas. No se elevan mucho en la atmósfera y se inflan con hidrógeno. Ya llevan unos pocos pasajeros y adquieren cada año mayor perfección.

Otro modo de recorrer los espacios aéreos es el de la **aviación** o imitación del vuelo de las aves por medio



de los aeroplanos. Estos son más pesados que el aire en el cual se mantienen por la resistencia que ofrece a la caída una o dos superficies planas (monoplanos,

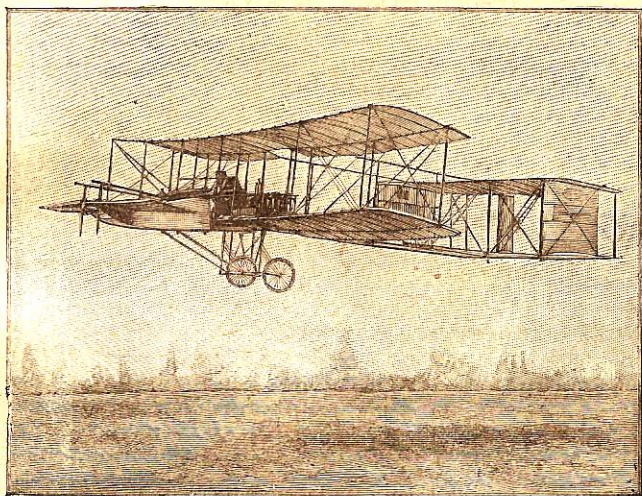


Fig. 112. — Aeroplano.

biplanos). Caminan por medio de su hélice a modode resbalamiento, formando con la dirección horizontal un ángulo de muy poca abertura.



## CAPÍTULO XI

### EL CALOR

#### § I. — Definición y Efectos.

**114. Definición.** — Cuando tocamos algún cuerpo sólido o que metemos la mano en un líquido, experimentamos una impresión especial y decimos que el cuerpo está frío o está caliente; también conocemos que un cuerpo está más o menos caliente que otro; llamamos **calor** *la causa que produce estas sensaciones de frío o de caliente*, y **temperatura** *el grado de mayor o menor calor de los cuerpos*.

El calor es una forma de la energía: sus principales efectos sobre los cuerpos son *dilatarlos* y hacerlos *cambiar de estado físico*. La química estudia otros efectos del calor, como v. g. la *descomposición*.

**115. Dilatación de los sólidos.** — Un cuerpo

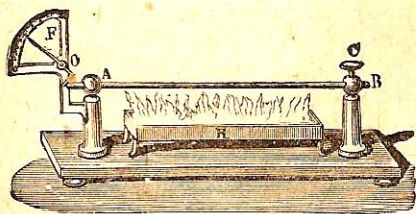


Fig. 113. — Pirómetro de cuadrante.

calentado, v. g. una barra de hierro, se alarga y aumenta de volumen a medida que va subiendo la tempera-

tura. El aumento de longitud se llama *dilatación lineal* y el aumento de volumen *dilatación cúbica*.

Se comprueba la **dilatación lineal** por medio del *pirómetro de cuadrante*. Una varita de metal fija en una extremidad está en contacto por la otra con una aguja que puede moverse delante de un cuadrante. La varita se alarga por el efecto del calor y mueve la aguja. Poniendo sucesivamente varitas de diferentes metales se ve que no todos se dilatan igualmente. Llámase **coeficiente de dilatación lineal** el aumento de longitud que corresponde a una elevación de temperatura de un grado.

La **dilatación cúbica** se demuestra por medio del *aparato de Gravesande*. Este aparato consta de una esfera de cobre que a la temperatura ordinaria pasa exactamente

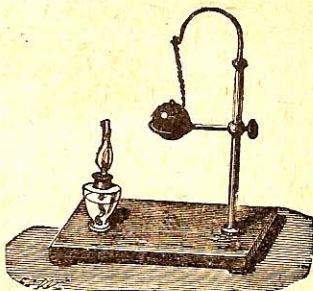


Fig. 114. — Anillo de Gravesande.

por un anillo del mismo metal. La bola calentada ya no pasa hasta volver a enfriarse; pero si se calientan a la vez la bola y el anillo, la bola pasará con facilidad.

El **coeficiente de dilatación cúbica** es el triple de la dilatación lineal. Entre los sólidos de mayor coeficiente de dilatación tenemos el zinc, el plomo, la plata, el latón, el cobre, el hierro, etc.

**116. Aplicaciones de la dilatación de los sólidos.** — Los rieles de ferrocarril no deben ponerse en contacto inmediato en sus extremidades, para que puedan dilatarse libremente; la misma precaución se observa en la fabricación de las rejas, en las articulaciones de las grandes piezas de las construcciones metálicas, etc.

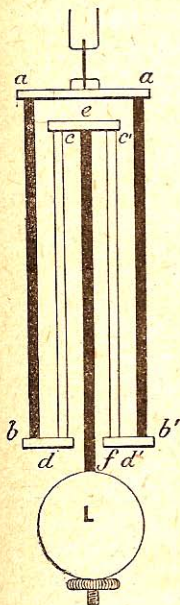


Fig. 115. — Péndulo compensador.

se dilaten hacia abajo y las de latón hacia arriba, lo que produce compensación. El péndulo así construido se llama *péndulo compensador*.

### 117. Dilatación de los líquidos.

— Los líquidos se dilatan mucho más que los sólidos. Se demuestra esta dilatación calentando agua colorada en un matracito cuyo cuello lleva un tubo recto; a poco rato se ve el agua subir en el tubo conforme se va calentando. A consecuencia de esta dilatación, no deben

Las llantas metálicas de las ruedas de los coches se sujetan cuando están calientes; al enfriarse aprietan y juntan las diferentes partes de la rueda. Cuando no puede destaparse un frasco esmerilado, basta calentar ligeramente el gollete; éste se ensancha y queda libre el tapón.

**Péndulo compensador.** — El péndulo de los relojes oscila más despacio cuando se alarga por el calor, y más a prisa cuando se enfría. Para mantener constante la longitud del péndulo y, por consiguiente, la longitud de las oscilaciones, se emplean péndulos formados de una lente de latón y de una serie de varillas de metales diferentes v.g. de latón y de acero. Las varillas se fijan de tal manera que las de acero

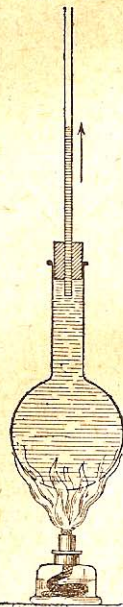


Fig. 116. — Dilatación de los líquidos.



llenarse completamente los recipientes en que los líquidos están expuestos a una elevación de temperatura; el líquido siendo muy poco compresible ocasionaría luego la ruptura de las vasijas.

El peso, o más bien la masa de un cuerpo no aumenta cuando éste se dilata; la densidad disminuye en la proporción de aumento del volumen; el peso (o masa) es el producto constante del volumen por la densidad. El agua de mar calentada en la zona tórrida como en el golfo de México, es más ligera que el agua fría de las regiones polares; de ahí se originan las corrientes marinas como el Gulf-Stream.

**118. Máximum de densidad del agua.** — En general el volumen de una cantidad dada de un líquido aumenta por el efecto del calor, y el aumento es proporcional a la elevación de la temperatura. El agua presenta una excepción notable, puesto que su volumen disminuye cuando su temperatura se eleva de 0° a 4° centígrados. A esta temperatura de 4° C. una masa determinada de agua ocupa el menor volumen y por consiguiente tiene su máximum de densidad. La temperatura del agua a cierta profundidad ordinariamente no baja de 4°, mientras que las capas superiores pueden helarse. Si no fuera así se morirían todos los animales acuáticos durante el invierno en los países fríos.

Cuando se estableció el sistema métrico de pesas y medidas, se tomó por unidad de peso el de un centímetro cúbico de agua destilada a la temperatura de 4° C.

**119. Dilatación de los gases.** — Los gases se dilatan muchísimo más que los líquidos. Observaciones rigurosas demostraron que todos los gases experimentan un aumento de  $\frac{1}{273}$  de su volumen por cada elevación de temperatura de un grado; este quebrado  $\left(\frac{1}{273}\right)$  es el coeficiente de dilatación de los gases.

Si el gas calentado puede libremente dilatarse, su volumen aumenta y por consiguiente su densidad disminuye; un litro de aire a los 100 grados no pesa más que 0,95 gr. en lugar de 1,293 gr. que pesa a 0°.

Si el gas calentado no puede dilatarse, por estar

herméticamente encerrado, la presión o fuerza elástica aumenta en proporción de la temperatura ( $1/273$  por cada grado).

**Demostración práctica.** — En el cuello de un matraz se fija un tubo encorvado en forma de S, en el cual se echa un poco de agua colorada. Calentando algún tanto el matraz la columna de líquido sube por el efecto de la dilatación del aire.

**120. Aplicaciones.** — La dilatación de los gases tiene aplicación importante en la construcción de los termómetros de gas. La fuerza elástica de los gases producidos por la combustión de la pólvora en el arma de fuego lanza la bala con violencia a gran distancia; algunos motores utilizan el aire calentado como fuerza motriz. El aire calentado al contacto del suelo se eleva; las capas superiores frías bajan y originan las corrientes atmosféricas o vientos. El tiro de las chimeneas resulta de la ascensión rápida del aire caliente que arrastra los productos gaseosos de la combustión (gas carbónico, vapor de agua) y al mismo tiempo unas materias sólidas (negro de humo, polvos.)



Fig. 117. — Dilatación de los gases.

La ventilación de las habitaciones puede hacerse estableciendo cerca del piso unas aberturas por donde penetra el aire exterior fresco y puro, y cerca del techo otras que dan salida al aire caliente y viciado.

## § II. — Medida del calor. Termómetros.

**121.** — Las variaciones de volumen que experimentan los líquidos por efecto del calor, tienen aplicación en la construcción de los **termómetros**, *aparatos que sirven para conocer la temperatura de los cuerpos con los cuales se ponen en contacto.*

El mercurio y el alcohol son los líquidos que más



se emplean en la construcción de los termómetros.

El mercurio es el mejor cuerpo termométrico : 1º porque es muy fácil obtenerlo purísimo; 2º porque siendo buen conductor del calor se pone rápidamente en equilibrio de temperatura con el medio ambiente, y 3º porque las temperaturas ordinarias están comprendidas entre su punto de solidificación ( $-40^\circ$ ) y su punto de ebullición ( $360^\circ$ ).

Los termómetros de alcohol pueden servir para medir las temperaturas comprendidas entre  $+50^\circ$  C. y  $-140^\circ$ , Para las temperaturas muy bajas (inferiores a  $-140^\circ$ ) puede emplearse el tolueno.

**122. Graduación del termómetro.** — Para fabricar un termómetro se emplea un tubo capilar de vidrio soldado a un depósito cilíndrico o esférico de la misma sustancia. El depósito y parte del tubo se llenan de mercurio (o de alcohol colorado), y se procede a la graduación.

Primero se determinan dos puntos principales : la temperatura del hielo fundente, y la temperatura del agua hirviente. Para esto se mantiene algún tiempo el termómetro en el agua de hielo y se marca  $0^\circ$  al nivel del mercurio en el tubo. Se lo coloca después en el vapor de agua hirviente y se marca  $100^\circ$  al nuevo nivel. El espacio comprendido entre los dos puntos se divide en 100 partes iguales; divisiones iguales se marcan arriba de cien, y abajo de cero; estas últimas llevan el signo — (menos).

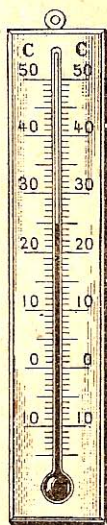


Fig. 118. — Termómetro.

**123.** — Hay tres principales escalas termométricas :

La centígrada que es la que marca  $0^\circ$  a la temperatura del hielo fundente y  $100^\circ$  a la temperatura del agua hirviente; es la más usada. La de Réau-



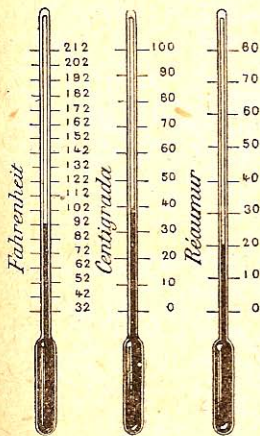


Fig. 119. — Escalas termométricas.

liza la dilatación de los gases (termómetros de gas); en otros el punto de fusión de algunas materias sólidas (silicatos), o las modificaciones que sufren los colores por el efecto del calor; en otros, por fin, se aplican métodos eléctricos.

Algunos de estos pirómetros utilizan la propiedad de la arcilla de contraerse a temperatura elevada, y no volver a su volumen primitivo al enfriarse.

El grado de contracción es poco más o menos proporcional a la temperatura. El pirómetro de Wegwood consta de unos pedazos de arcilla en forma de trozos de cono que según su mayor o menor contracción entran más o menos entre dos reglas metálicas en que unas divisiones indican aproximadamente la temperatura correspondiente.

mur, poco empleada, marca  $0^{\circ}$  y  $80^{\circ}$  para las mismas temperaturas. La de Fahrenheit marca  $32^{\circ}$  para el agua de hielo y  $212^{\circ}$  para el agua hirviendo.

Los termómetros indican pues, la temperatura relativa de los cuerpos, es decir por comparación con dos estados diferentes del agua.

124. — Las temperaturas elevadas se miden por medio de los termómetros industriales o pirómetros. En algunos de estos aparatos se uti-



Fig. 120. — Termómetro clínico

**125.** — Los termómetros llamados de a máxima y mínima indican la mayor y la menor temperatura a que han sido expuestos.

Los termómetros clínicos comprenden sólo una parte de la escala, de  $34^{\circ}$  a  $42^{\circ}$ , y están divididos en décimas de grado.

**126.** — La temperatura media de un día es el cociente por 24 de la suma de las temperaturas observadas a cada hora del día y de la noche; difiere poco de la semisuma de la temperatura máxima y mínima notadas en el mismo tiempo.

La temperatura media de un año se obtiene dividiendo por 365 la suma de las temperaturas medias de todos los días. La temperatura media del año es :

	grados		grados
en San Petersburgo.	3,5	en México . . . . .	15,4
en Paris . . . . .	10,	en Veracruz . . . . .	24,7
en Nueva York . . .	10,6	en la Habana . . . . .	23,1

**127.** — La temperatura del aire baja conforme aumenta la altura sobre el nivel del mar ( $-67^{\circ}$  a 18 500 metros). Eso nos explica la permanencia de las nieves eternas en los altos montes.

La temperatura interior de la tierra aumenta en un grado por cada 33 metros de profundidad (se observó la temperatura de  $69^{\circ}$  a los 2 000 metros, en Silesia). Los manantiales de aguas termales provienen de mucha profundidad.

La temperatura de la mar es bastante constante en las capas superiores; en las profundidades es más baja e irregular.

**128. Temperatura absoluta.** — La teoría demuestra que la temperatura más baja es la de  $-273^{\circ}$ , que se llama *cero absoluto*. El hidrógeno solidificado se funde a  $-258^{\circ}$ , o sean  $+16^{\circ}$  absolutos. El hielo se derrite a  $273^{\circ}$  absolutos, y el agua hierve a  $373^{\circ}$  absolutos. La temperatura absoluta es, pues, la temperatura normal o relativa más  $273^{\circ}$ .

### §. III. — Producción del calor.

**129.** — El calor puede producirse de varios modos. Hay medios mecánicos como el rozamiento, el choque, la compresión de los gases. Al frotarse las manos se las calienta uno; el cerillo se enciende por frotamiento; la



sierra del carpintero, la lima del herrero se calientan rápidamente al trabajar. El martillo y el metal que se bate en el yunque se calientan; la bala de cañón al pegar contra una coraza se calienta hasta encenderse. Vimos (nº 12) que en el eslabón de aire puede encenderse un pedazo de yesca por compresión brusca del gas.

Entre los manantiales físicos del calor, el principal es *el sol*, cuya temperatura se valúa en unos 5500°; sigue después el *arco eléctrico* que encerrado en un horno da la temperatura más elevada que podemos conseguir (unos 3600°).

Los métodos químicos de producción del calor son las combustiones: leña, carbón, alcohol, petróleo, gases, etc., se queman en aparatos adecuados. La mayor parte de los fenómenos químicos van acompañados de una gran producción de calor; pero éste generalmente se aprovecha poco.

#### §. IV. — Propagación del calor.

**130.** — El calor se propaga, se transmite de un punto a otro de dos maneras: por *conductibilidad* y por *radiación*.

**Conductibilidad.** — Si cogiendo con la mano la extremidad de una varilla de cobre, introducimos la otra extremidad en el fuego, tendremos que soltarla pronto porque estará muy caliente: el calor se ha propagado hasta nuestra mano *atravesando la barra y calentando toda la masa del metal*. Decimos que el cobre es *buen conductor* del calor, y que éste se ha propagado por conductibilidad.

Si repetimos el experimento con una varita de vidrio de la misma longitud, podremos mantenerla tiempo considerable con la mano a poca distancia de la llama aunque la extremidad se caliente hasta encenderse.



El calor no se propaga en el vidrio tan fácilmente como en el cobre : el vidrio es *mal conductor* del calor. En un soporte cualquiera fijamos por su extremidad dos varitas de un mismo diámetro, una de cobre y otra de fierro, después de haberlas cubierto de una capa de cera; colocando las extremidades libres en la llama de una lámpara de alcohol, veremos que la cera

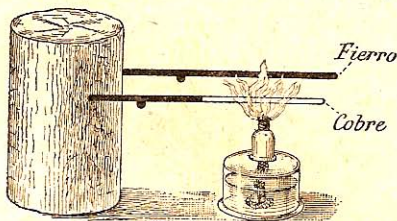


Fig. 121. — Diferencia de conductibilidad.

se derrite más a prisa en el cobre que en el fierro : el cobre es mejor conductor que el fierro.

Los metales en general y principalmente la plata y el cobre son muy buenos conductores, mientras que la madera, el carbón, el vidrio, son malos conductores del calor.

Una pieza metálica nos parece fría al tocarla con la mano mientras que la madera que está a temperatura igual no nos produce sensación de frío, porque el calor de la mano se esparce rápidamente en el metal, buen conductor, y no en la madera, que es cuerpo mal conductor.

El vidrio grueso calentado en un punto se rompe fácilmente, porque la parte calentada se dilata y lo demás no.

**131.** — La conductibilidad de los metales tiene aplicación en las telas metálicas que enfrían de tal modo la llama que impiden la combustión de los gases del otro lado. Las telas metálicas se utilizan en los telones de

los teatros, en las lámparas de seguridad que prote-

gen a los mineros contra la explosión del grisú. Estas lámparas tienen una chimenea cuya parte inferior es de cristal y la superior de tela metálica. Si una mezcla de grisú se enciende en la lámpara, la llama no puede atravesar la tela metálica y la explosión no se propaga.

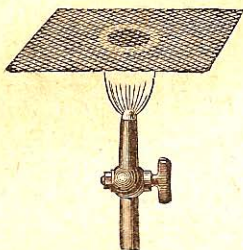
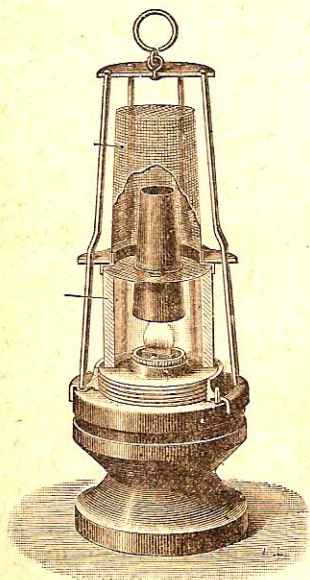


Fig. 122. — Telas metálicas. Lámpara de seguridad

**132. — Propagación del calor en los líquidos.** — En un tubo de vidrio delgado (tubo de ensayo) podemos hacer hervir el agua de la parte superior sin que se caliente de un modo apreciable la del fondo; también puede quemarse gasolina o alcohol en la superficie del agua de un vaso sin que se pueda notar un aumento de temperatura en las capas inferiores; luego los líquidos son *malos conductores* del calor.

Si ahora echamos un poco de aserrín en un matraz que contiene agua, y calentamos, notaremos que se producen en el líquido unas corrientes ascendentes y descendentes, visibles por las partículas sólidas que arrastran. Las partículas líquidas que se calientan en

la parte inferior del matraz disminuyen de densidad y suben, mientras que las capas superiores frías bajan para calentarse a su vez. Este modo de calentarse los líquidos se llama **convección**, y no conductibilidad.

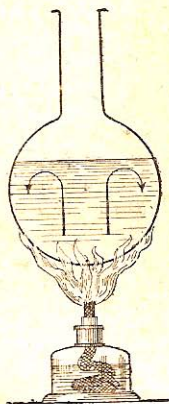


Fig. 123. — Propagación del calor en los líquidos.

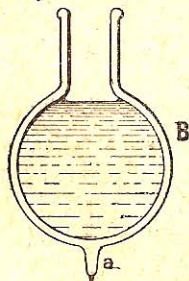


Fig. 124. — Vaso de aire líquido.

**133.** — Los gases también son malos conductores; el calor se propaga en ellos de la misma manera que en los líquidos.

En un espacio **vacío** tampoco se propaga el calor por conductibilidad; por eso se conservan ciertos gases liquidados en unos vasos de paredes dobles y plateadas; se hace el vacío entre las dos paredes y el calor exterior no penetra al interior del recipiente.

**134 — Aplicaciones.** — Los cuerpos malos conductores se llaman a veces **aisladores** y se utilizan para mantener constante la temperatura de las sustancias que encierran. Los alimentos pueden conservarse calientes durante varias horas en unos recipientes de hojalata, rodeados de fieltro o de lana, que son malos conductores. De la misma manera el hielo se conserva envuelto en capas de aserrín, paja, corcho. Se ponen mangos de palo a las cafeteras, a las herramientas que se meten en el fuego.



Los gases, cuando quedan inmobilizados, se oponen casi completamente a la transmisión del calor. El cuerpo humano conserva su temperatura natural mediante las capas de aire que se encuentran entre los vestidos y la ropa. Las paredes de ladrillos huecos, las puertas y ventanas dobles, encierran una capa de aire inmóvil que no deja pasar fácilmente el calor del interior. Los pasillos y las galerías en las casas de los países cálidos mantienen frescas las habitaciones, no dejando entrar el calor exterior.

**135. Radiación del calor.** — En un día de sol, recibimos una impresión de calor; lo propio sucede cuando estamos cerca de una hoguera, o que aproximamos la mano a algún cuerpo calentado. El calor se ha transmitido *a distancia sin calentar de un modo notable el aire intermedio*: este fenómeno se llama **radiación del calor**.

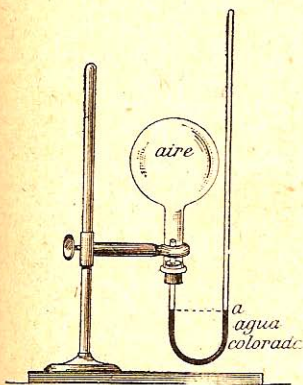


Fig. 125. — Termómetro de gas para el estudio de la radiación.

Si a proximidad de un manantial de calor ponemos un termómetro de gas (un matraz con un tubo capilar encorvado en el cual hay unas gotas de líquido colorado), el líquido colorado sube, pero si se interpone una pantalla opaca, el nivel vuelve a bajar; luego la variación de nivel no se debe a la calefacción del aire que rodea el aparato sino al calor que radia del cuerpo caliente. Con un vidrio de aumento podemos concentrar los rayos del sol en un

punto y encender un cerillo, un pedazo de yesca o de papel. El calor del sol se ha concentrado por medio del lente, pero el vidrio no se ha calentado.

El sol calienta la tierra, mas no el aire, que está mucho más frío en las regiones superiores que en las inferiores. El aire atmosférico se calienta con el contacto de la tierra y no con los rayos solares que lo atraviesan. Si aproximamos a un cuerpo caliente un recipiente vacío de aire en el cual se ha fijado un termómetro, sube el nivel del líquido termométrico; luego el calor se propaga por radiación en el vacío.

**136.** — El vidrio deja pasar las radiaciones del calor luminoso y no las del calor oscuro, como puede comprobarse fácilmente.

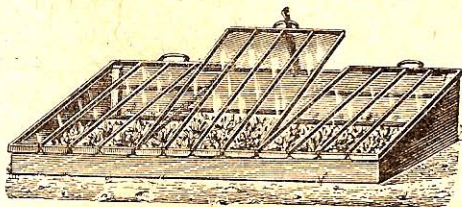


Fig. 126. — Almacigas con marcos de vidriera.

mente. Entre una lámpara encendida y el termómetro de gas colocamos una lámina de vidrio : el termómetro indica elevación de temperatura. Si en lugar de la lámpara ponemos un recipiente de agua hirviente, no sube el nivel en el termómetro cuando interponemos la hoja de vidrio.

Los invernaderos con paredes y techo de vidrio, los marcos de vidriera de las almacigas, las campanas de vidrio con que se cubren las plantas, dejan entrar el calor luminoso del sol, y no dejan salir el calor oscuro de la tierra, de suerte que el calor se acumula, se almacena debajo de esta cubierta de vidrio.



Fig. 127. — Campana para proteger los sembrados.

## § V. — Reflexión del calor.

**137.** — El calor radiante que hiere una superficie bruñida rebota como la pelota contra el frontón : éste es el fenómeno de la reflexión que se verifica tanto para el calor como para la luz y el sonido.

Los espejos ustorios son espejos cóncavos de latón bruñido; los rayos caloríficos que hieren la superficie interior del espejo se reflejan y se concentran en un solo punto que es el foco del espejo. Si la superficie reflejante es algo considerable, la temperatura que se obtiene por la concentración de los rayos solares en el foco es tan intensa que basta para derretir rápidamente el cobre, la plata y otros cuerpos.

Cuando se colocan dos espejos cóncavos uno frente al otro y a poca distancia, el calor producido por un cuerpo encendido colocado en el foco de uno de ellos se refleja dos veces y se con-



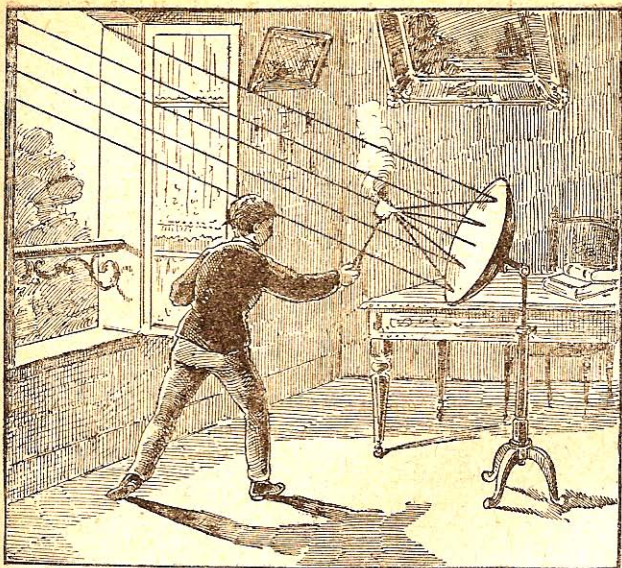


Fig. 128. — Espejo cóncavo.

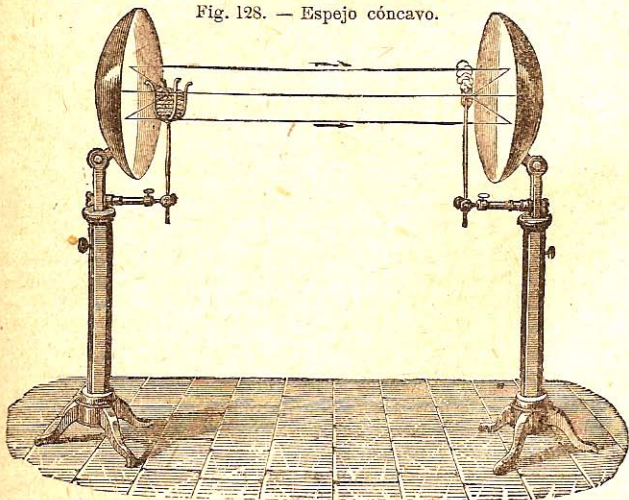


Fig. 129. — Espejos ustorios.



centra en el foco del segundo espejo, donde se puede encender fácilmente un pedazo de yesca u otra materia inflamable.

## § VI. — El frío.

**138.** — Cuando baja mucho la temperatura, decimos que hace frío; el frío es pues meramente una falta de calor, pero no es una energía especial. Las temperaturas bajas pueden obtenerse por las *mezclas frigoríficas* (véase n° 144), y sobre todo por la *evaporación rápida* de líquidos muy volátiles o gases liquidados: éter, cloruro de metilo, anhídrido carbónico, anhídrido sulfuroso, amoníaco.

Las máquinas frigoríficas son de suma utilidad en los buques que transportan á grandes distancias la carne de los animales, la mantequilla, los huevos, los pescados, las frutas de todas clases..., y en los almacenes donde se conservan dichas sustancias. En efecto una temperatura baja impide la corrupción y por consiguiente asegura la conservación de las materias orgánicas.

El frío artificial se utiliza en la fabricación del hielo, del chocolate, de la cerveza; en algunas industrias químicas: fabricación de materias colorantes, etc.

Las habitaciones, salas de cirugía, los salones de reunión, pueden mantenerse frescos por medio de unas tuberías en las cuales circulan gases liquidados o disoluciones muy frías de cloruro de calcio (salmueras).

## CAPÍTULO XII

### GAMBIOS DE ESTADO

#### § I. — Fusión.

**139.** — Muchos cuerpos sólidos, como la cera, el azufre, el estaño, el plomo y otros metales, se derriten, pasan al estado líquido cuando se les calienta : este fenómeno se llama **fusión**. La **solidificación** es el paso de un líquido al estado sólido.

Unas materias orgánicas, como la carne, el pan, la madera, no se funden por el efecto del calor, sino que se descomponen y se carbonizan. Otros, como el lacre, el vidrio, el fierro, se ablandan y se vuelven pastosos antes de liquidarse, lo que permite soplar el vidrio, y trabajarlo, soldar el fierro consigo mismo.

**140.** — No todos los cuerpos se derriten con la misma facilidad : unos se hacen líquidos, a una temperatura poco elevada, otros necesitan un calor considerable. Llámense **materias refractarias** aquellas que no se derriten sino a temperaturas muy elevadas : cal, ladrillos.

#### Punto de fusión de algunos cuerpos.

Hielo . . . . .	0°	Aluminio . . . . .	625°
Cera . . . . . unos	70°	Plata . . . . .	954°
Azufre . . . . .	413°	Oro . . . . .	1045°
Estaño . . . . .	228°	Cobre . . . . .	1054°
Plomo . . . . .	335°	Hierro . . . . .	1500°
Zinc . . . . .	413	Platino . . . . .	1775°

**141.** — Un mismo cuerpo, cuando puro, se derrite siempre a la misma temperatura, que se llama punto de fusión, el cual es el mismo que el punto de solidificación. La temperatura queda invariable durante todo el tiempo de la fusión.

Un cuerpo al fundirse aumenta de volumen y se contrae cuando vuelve a solidificarse.

Sin embargo, hay algunas excepciones. El agua, v.g. aumenta de volumen y, por consiguiente, disminuye de densidad, al pasar al estado sólido: por eso el hielo flota en el agua. Esta dilatación puede producir efectos mecánicos muy poderosos, como la ruptura de los tubos o vasos llenos de agua, el quebrantamiento y hasta la pulverización de las piedras y rocas, fracturas en los troncos de los árboles, cuando se hiela la savia que contienen, como sucede con frecuencia en los bosques del Norte.

La fundición de hierro o hierro colado también aumenta algún tanto de volumen al solidificarse; por eso reproduce exactamente todos los detalles de los moldes en que se vacía.



Fig. 130. — El agua al solidificarse se dilata.

## § II. — Disolución.

**142.** — Si echamos en un vaso de agua un terrón de azúcar, o unos granitos de sal, veremos que desaparecen poco a poco estos sólidos, formando después con el agua una mezela líquida cuyo sabor nos indica la presencia del azúcar o de la sal. *El paso al estado líquido se llama disolución cuando se verifica al contacto de otro líquido, el cual lleva el nombre de disol-*



vente. El agua, el alcohol, el éter, la bencina, el sulfuro de carbono son los disolventes más usados.

**143.** — La disolución tiene varias aplicaciones prácticas. Se quitan las manchas de grasa en la ropa por medio de la bencina, de la gasolina, del alcohol, del álcali; estas sustancias disuelven las grasas. Los barnices son disoluciones de ciertas resinas que se meten en el alcohol o en esencia de trementina (aguarrás). El caucho disuelto en la bencina, la trementina o el sulfuro de carbono sirve para pegar las piezas de caucho, de cuero, etc. Se extraen los perfumes de las flores poniendo los pétalos en contacto con materias grasas que disuelven las esencias odoríferas.

**144.** — La disolución va acompañada de una absorción de calor y, por consiguiente, las materias mezcladas se enfrían. Ciertas mezclas producen fríos grandes y se llaman **mezclas frigoríficas**.

Entre las más usadas tenemos :

Mezcla de hielo y sal marina . . . . .	enfriamiento	21°
— agua y nitrato de amonio . . . . .	—	20°
— hielo y sulfocianuro de potasio . . . . .	—	35°
— hielo y cloruro de calcio . . . . .	—	50°
— éter y anhídrido carbónico sólido (nieve carbónica) . . . . .	—	100°

**145. Cristalización.** — Un cuerpo fundido o disuelto, y ciertos vapores al volver al estado sólido, toman a menudo **formas geométricas regulares**, muy sencillas, y limitadas siempre por caras planas. Este fenómeno se llama *cristalización*.

La reproducción artificial de las piedras preciosas (rubí, corindón, diamante) es una aplicación del fenómeno de la cristalización. Ciertos cuerpos, principalmente las sales, se purifican por cristalización de sus disoluciones concentradas.

### § III. — Formación de los vapores.

**146.** — Un líquido calentado pasa al *estado gaseoso* : este cambio de estado se llama *vaporización*, y se da el nombre de *vapores* a las partículas gaseosas que se obtienen. Si echamos unas gotas de éter en un papel secante, a poco rato se seca el papel, el líquido desaparece y sus vapores llenan el cuarto, como se puede notar por su olor característico. El agua de riego, la de la ropa mojada, desaparece muy pronto al contacto del aire : decimos que el agua se vaporiza.

Si esta vaporización se hace al aire libre, lentamente, y en la superficie del líquido, se llama *evaporación*. Si por el contrario, la vaporización es tumultuosa por la formación de burbujas en el seno del líquido, hay *ebullición*.

**147. Causas que favorecen la evaporación.** — Las causas que favorecen la evaporación son : 1<sup>a</sup> la *elevación de temperatura* : la evaporación es mayor en los días de sol, y en las regiones tórridas ; — 2<sup>a</sup> la *extensión de la superficie libre del líquido* : el agua de mar se evapora en las salinas, tanques de varias hectáreas de superficie, para la extracción de la sal ; — 3<sup>a</sup> la *agitación del aire* : el viento seca rápidamente la tierra, la ropa mojada ; 4<sup>a</sup> la *disminución de presión en la superficie del líquido* : un vacío parcial da una evaporación muy rápida.

**148. Producción del frío por la evaporación.** — Cada uno puede experimentar que unas gotas de alcohol o de éter vertidas en la mano producen sensación de frío. El cuerpo que se evapora necesita calor para este cambio de estado ; el líquido restante se enfriará y al mismo tiempo bajará la temperatura de los cuerpos en su contacto,



El agua se mantiene fresca en unos botellones de barro poroso (alcarrazas), colocados en corriente de



Fig. 131. — Alcarraza.

aire, porque el agua se filtra pasando por las paredes, se evapora y enfría el vaso y su contenido. La ropa mojada de sudor, puede al secarse ocasionar en el cuerpo graves desórdenes produciendo un resfriado. Para evitar tal peligro en los animales, después de una carrera violenta, se les abriga con un cobertor y se les pasea despacio durante algunos momentos.

El frío producido por evaporación rápida en el vacío de los líquidos o gases liquidados se utiliza en la fabricación del hielo. (véase nº 138).

**149. Condensación y liquidación.** — El vapor de agua tocando un plato frío, vuelve a formar gotitas que poco a poco chorrean en el plato; este fenómeno es la condensación.

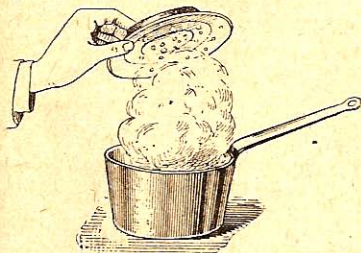


Fig. 132. — Condensación del vapor de agua.

Llámanse liquidación o *liquefacción* el paso de un gas al estado líquido. Algunos gases pueden liquidarse por la sola compresión o por el enfriamiento (anhidrido carbónico, anhidrido sulfuroso, amoníaco);

otros sólo se liquidan por medio de la acción simultánea de la presión y de un frío intenso; algunos por fin no pueden liquidarse sino por medio de una brusca expansión después de haberlos comprimido a muy baja temperatura. Todos los gases han sido liquidados.



### § IV. — Ebullición.

**150.** — La *vaporización*, en lugar de ser lenta y casi invisible, puede ser *violenta y acompañada de la producción rápida de burbujas* de vapor que se forman en la masa del líquido. Esta vaporización tumultuosa se llama **ebullición**.

**151.** — Un mismo líquido, cuando puro, hierve siempre a la misma temperatura; y la temperatura permanece la misma durante todo el tiempo de la ebullición.

Punto de ebullición de algunos líquidos :

El éter hierve . . . a	35°	El petróleo . . . . a	106°
El alcohol ordinario a	78°	El aceite de olivas a	316°
La bencina . . . . a	80°	El ácido sulfúrico a	338°
El agua . . . . . a	100°	El mercurio . . . . a	360°

**152.** — El *aire y los demás gases disueltos favorecen la ebullición*, mientras que las *sales disueltas elevan el punto de ebullición*.

El agua saturada de sal hierve, a	109°,
— de nitrato de potasio, a	116°
— de carbonato de potasio, a	135°
— de cloruro de calcio, a	179°

**153.** — La *disminución de presión facilita la ebullición*, por consiguiente en las altas montañas, donde es menor la presión atmosférica, el agua hervirá a temperatura menos elevada que al nivel del mar. A la presión normal de 760 mm. (nivel de los mares), el agua hierve a 100°. En México (altitud 2 260 metros, presión 586 mm.) hierve el agua a 92,8 grados.

La relación que hay entre la presión atmosférica y la temperatura de ebullición del agua se utiliza en el **hipsómetro** para calcular la altitud de las montañas.

**154.** Si la *presión aumenta, la temperatura o punto de ebullición se eleva*. Esta propiedad se utiliza en los **autoclaves** (o *marmitas de Papin*), recipientes herméticamente cerrados en los cuales la presión de los gases y del vapor que se produce en la superficie impide la ebullición. Para evitar la explosión del autoclave se le adapta una válvula de seguridad, que por sí misma se abre cuando la presión aumenta demasiado. Los

autoclaves se utilizan para esterilizar las conservas alimenticias, saponificar las grasas, extraer la gelatina de los huesos, etc.

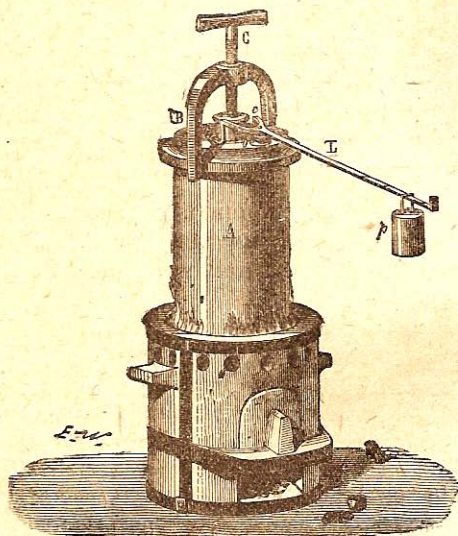


Fig. 133. — Marmita de Papin.

La presión en el interior de los autoclaves es :

de 2 atmósferas a	120°	de 8 atmósferas a	170°
— 3 —	133°	— 9 —	175°
— 4 —	144°	— 10 —	180°
— 5 —	152°	— 15 —	198°
— 6 —	159°	— 20 —	213°
— 7 —	165°	— 25 —	224°

**155.** — El vapor de agua sirve en los países fríos para calentar las casas y los invernaderos, por medio de tubos que corren a lo largo de las paredes o serpentean en los aposentos y abandonan parte de su calor al aire ambiente. El vapor se condensa poco a poco, y vuelve al aparato generador.

Para secar rápidamente la ropa, el papel, se utilizan cilindros metálicos calentados interiormente por una corriente de vapor de agua.

La fuerza elástica del vapor de agua se emplea como fuerza motriz en las máquinas de vapor.



## § V. — Destilación.

136. — La destilación es una aplicación de la vaporización y condensación de los líquidos. Esta operación se verifica por medio del alambique. El aparato consta de tres partes: la *cucúrbita* o caldera, vasija de cobre estañada en que se echa el líquido; el *chapel* o bóveda de la caldera que enlaza con el *serpentín*, tubo en

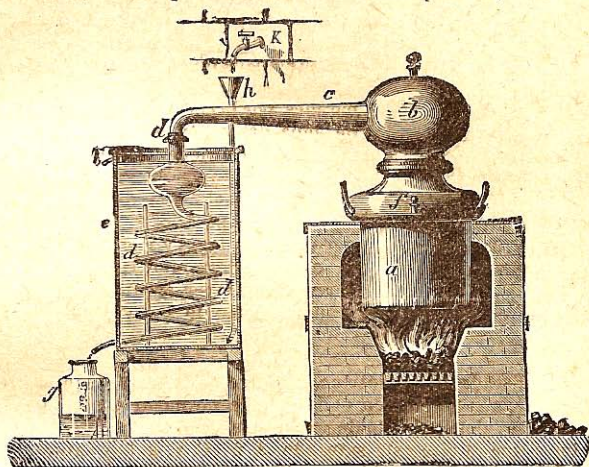


Fig. 134. — Alambique.

espiral metido en una cuba llena de agua fría y llamada *refrigerante*, donde se verifica la condensación. Se destila el agua para obtenerla pura.

Calentando con precaución una mezcla de varios líquidos cuyo punto de ebullición es diferente, se separan los líquidos por destilación; así se saca el alcohol del vino o de cualquier líquido alcoholizado.

La industria separa por destilación fraccionada los diferentes productos contenidos en los petróleos, los alquitranes, etc.,.



## § VI. — Agua atmosférica.

**157.** — En uno de los platillos de la balanza, se colocan unas *materias hidrófilas*, como vg. cloruro de calcio, potasa cáustica, a las cuales se hace equilibrio por medio de un contrapeso; al cabo de corto rato, se deshacen estas sustancias y se observa en ellas un aumento considerable de peso, porque han absorbido el vapor de agua contenido en el aire ambiente.

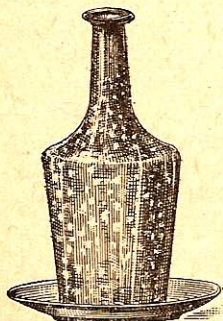


Fig. 135. — Condensación del vapor de agua contenido en el aire.

Una botella que contiene agua muy fría se empaña luego, y hasta chorrean gotitas de agua a lo largo de sus paredes, por la condensación del vapor de agua de la atmósfera. El aire atmosférico contiene siempre cierta cantidad de vapor de agua, que proviene principalmente de la evaporación que se produce en la superficie de los mares, lagos y ríos. Desde luego se comprenderá que la cantidad de vapor será mayor en tiempo más ca-

luroso, y en las regiones cálidas, como lo son las de la zona tórrida.

**158.** Estado higrométrico del aire. — A una temperatura determinada, un volumen dado de aire no puede contener más que un peso determinado de vapor de agua; cuando lo contiene, decimos que el aire está saturado. A 25° C. v. g. hay saturación cuando cada metro cúbico contiene 26 gramos de vapor de agua. A 5° C., no puede haber más que 7 gramos de vapor en el mismo volumen de aire.

La proporción que existe entre el peso de vapor de agua que hay actualmente en el aire y el peso correspondiente a la saturación para la misma temperatura, se llama **fracción de saturación** o *estado higrométrico*. Los aparatos que sirven para medir esta fracción se llaman **higrómetros**.

**159.** Rocío. — Por un día caluroso, el aire se carga de mucho vapor de agua; durante la noche se enfría este aire, y una parte del vapor condensándose cae en forma de gotitas que forman el rocío.

**160.** Nubes. — El agua atmosférica por su condensación en

las regiones frías del aire, forma las nubes que caen después en forma de lluvia.

Se dan a las nubes nombres especiales según su forma : —

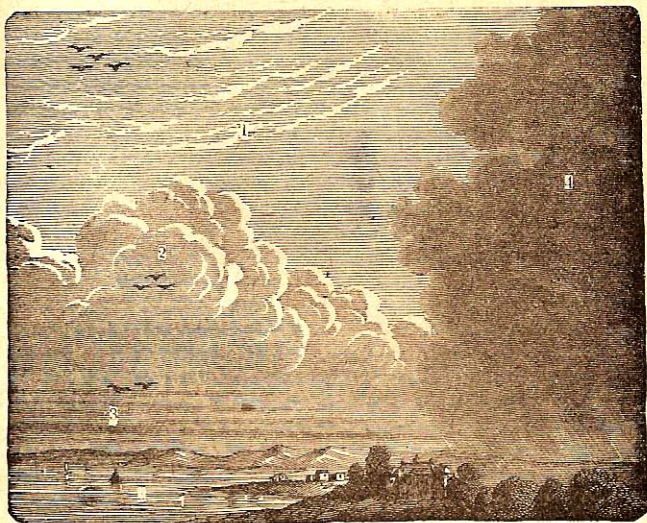


Fig. 136. — Nubes.

**cirrus**, nubecillas delgadas y blanquísimas que se hallan en las regiones superiores; — **stratus**, nubes alargadas generalmente en fajas horizontales; — **cúmulus**, nubes de formas redondeadas, parecidas a montones de algodón, — **nimbus**, nubes negras y gruesas que no tienen forma determinada, y que se encuentran a poca altura.



## CAPÍTULO XIII

### MOTORES DE VAPOR

161. — Si en un tubo metálico tapado con un corcho hacemos hervir un poco de agua, el vapor comprimido adquiere una gran fuerza elástica y rechaza el tapón con violencia.

La misma propiedad del vapor puede comprobarse calentando el agua en un matraz de vidrio cuyo

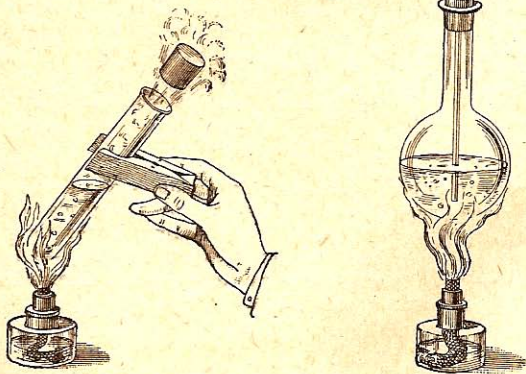


Fig. 137. — Fuerza elástica del vapor de agua.

tapón da paso a un tubo de punta que entra casi hasta el fondo del matraz. Cuando hierve el agua, el vapor ejerce presión sobre el líquido del matraz que sale con fuerza por el tubo de punta.



**162.** — Los motores de vapor utilizan, como fuerza motriz, la fuerza elástica del vapor de agua. Todo motor de vapor comprende esencialmente :

1º Una caldera ó *generador de vapor* en que se calienta el agua hasta que la presión del vapor alcance varios kilogramos.

2º. Un *émbolo* que se mueve en un cuerpo de bomba. El vapor obrando alternativamente sobre las dos caras del émbolo produce un movimiento de vaivén

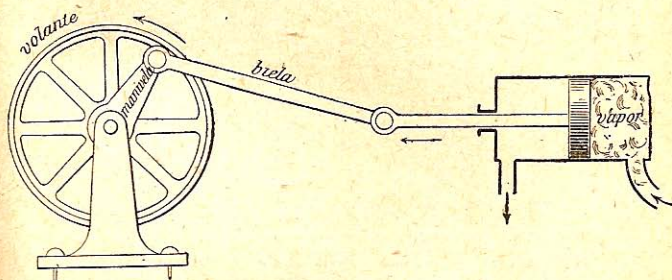


Fig. 138. — Principio de los motores de vapor.

que se utiliza directamente, o se transforma en movimiento circular por medio de una *biela* (barra de conexión) y de la *manivela*. Unos aparatos anexos, *volante*, *regulador de bolas*, aseguran la regularidad del movimiento del émbolo.

**163. Caldera o generador.** — La caldera se compone de un cilindro que comunica con dos hervidores también cilíndricos que están en contacto con la llama del hogar. Los órganos accesorios son : las *válvulas de seguridad*, el *manómetro* que indica la presión, los *indicadores del nivel* interior del agua, las *llaves* de alimentación, etc.

Como las calderas deben resistir a presiones interiores muy subidas, se las somete antes de emplearlas, a una presión doble de aquella a la cual estarán some-

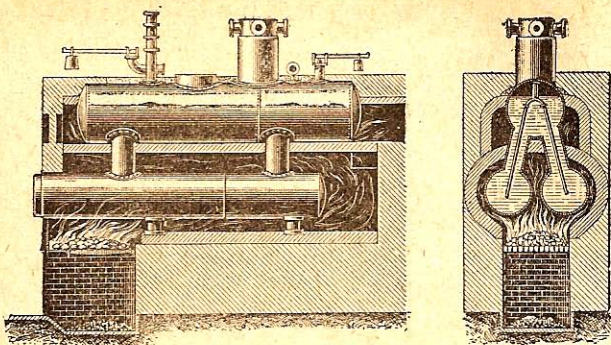


Fig. 139. — Caldera de hervidores.

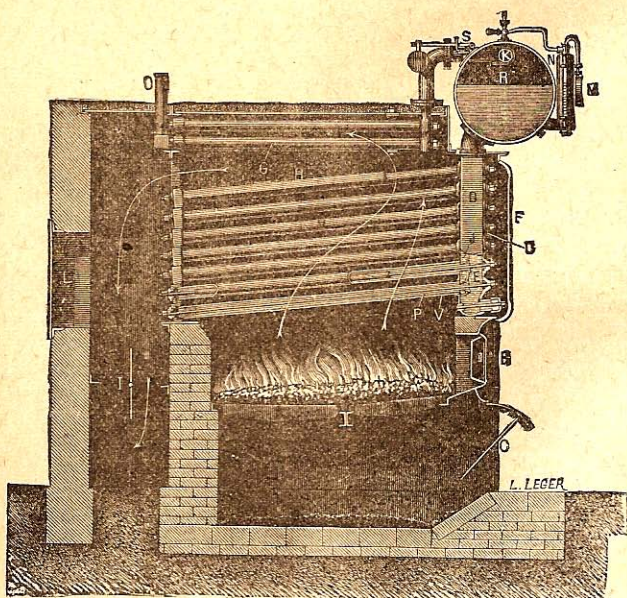


Fig. 140. — Caldera tubular.



tidas habitualmente. Esta prueba o ensayo se hace por medio de una especie de prensa hidráulica.

**164. Caldera tubular.** — Para que sea más rápida la formación del vapor y que aproveche todo el calor del hogar, se procura aumentar la superficie en contacto con el fuego (*superficie de caldeo*).

En las locomotoras, la llama recorre una tubería que atraviesa la caldera que se llama entonces *caldera tubular*.

En la industria se emplean a menudo unas calderas formadas de tubos llenos de agua y calentados directamente por la llama del hogar.

**165. Corredera o caja de distribución.** —

Al salir de la caldera el vapor pasa al cilindro en el cual se mueve el émbolo. Para que el vapor actúe sucesivamente sobre cada cara del émbolo, se emplea la caja de distribución o corredera, especie de cajoncito que se aplica al cilindro y que la misma máquina anima de un movimiento de vaivén. La corredera descubre y tapa alternativamente cada uno de los conductos que traen el vapor a las extremidades del cilindro. Cuando el vapor entra por un lado, el otro comunica con el aire exterior o con el condensador.

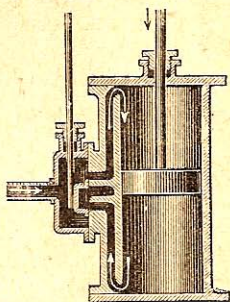


Fig. 141. — Cilindro y corredera.

**166. Condensador.** — El condensador es un recipiente enfriado en que se liquida el vapor que sale del cilindro. De esta condensación resulta un vacío parcial y una disminución de presión, sobre la cara del émbolo que no está en comunicación con el vapor. Luego el émbolo adelanta con más facilidad y



hay ahorro de fuerza motriz. En las máquinas fijas, el agua del condensador ya caliente, vuelve a la caldera, lo que ahorra todavía combustible.

**167.** — En las máquinas fijas, el movimiento del émbolo se transmite por medio de la biela a una manivela que hace girar un eje horizontal. Un volante fijado sobre el eje regulariza el movimiento, y las

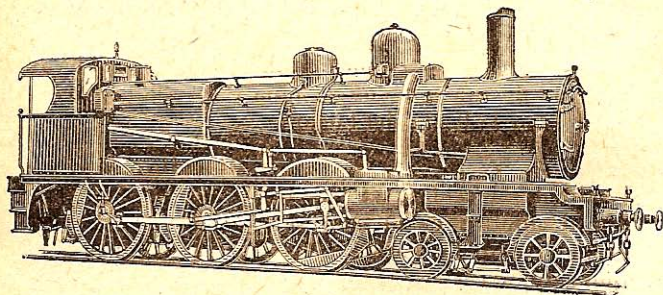


Fig. 142. — Locomotora.

poleas y correas lo comunican a las diferentes máquinas y herramientas mecánicas. En las locomotoras, la manivela hace girar las ruedas motoras.

**168.** — Los motores de vapor son de varios tipos y formas : unos tienen el cilindro horizontal, y otros lo tienen vertical; algunos carecen de condensador; los hay de mayor o menor potencia según el trabajo que han de producir.

Según la fuerza elástica del vapor que entra en el cilindro, se dice que la máquina es : de **baja presión**, si la fuerza elástica no pasa de 2 kgs (por  $\text{cm}^2$ .); de **presión media**, de 2 a 6 kgs. de **alta presión**, si la fuerza elástica pasa de 6 kgs., a veces 10 y aun 12 kgs.

Se aumenta la superficie del émbolo cuando disminuye la presión, porque el empuje recibido es proporcional a la superficie, como en el caso de la

presión de los líquidos (véase nº 73). Un émbolo de 200 centímetros cuadrados bajo una presión de 2 kgs.

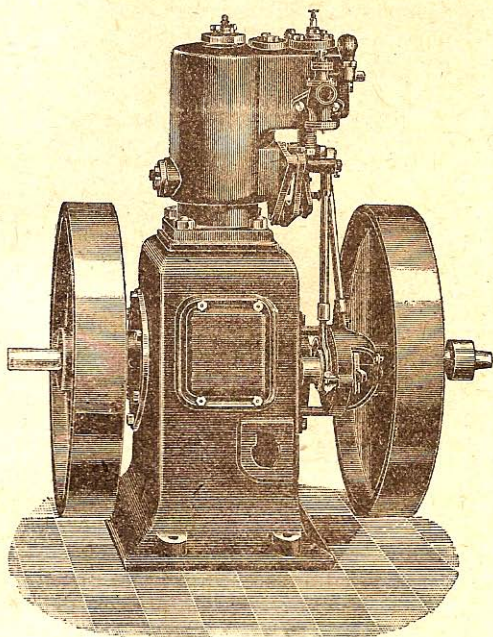


Fig. 143. — Motor vertical.

tiene la misma fuerza que otro de 100 cm<sup>2</sup> bajo la presión de 4 kgs.

**169. Turbinas de vapor.** — En las máquinas ordinarias, el rendimiento o trabajo útil queda reducido a consecuencia de la pérdida de fuerza que resulta de los muchos órganos accesorios que se necesitan para transformar en movimiento de rotación continua el movimiento rectilíneo de vaivén del émbolo.

En las turbinas, el vapor empuja directamente, no



un émbolo, sino las aletas de una rueda a la cual comunica un movimiento de rotación rápida. Las turbinas de vapor se emplean mucho en los barcos,

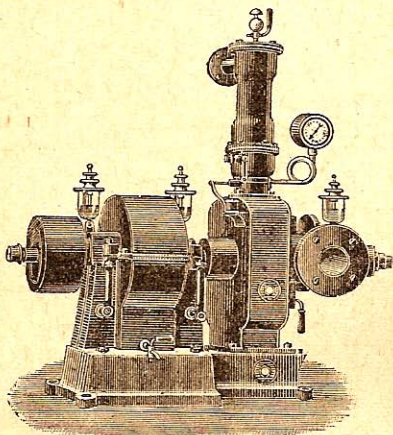


Fig. 144. — Turbina de vapor.

lo que permite obtener una velocidad extraordinaria, al mismo tiempo que se logra un gran ahorro de combustible. La fuerza motriz producida por las turbinas pasa de 70 000 caballos en algunos buques transatlánticos.

### 170. Motores de explosión. —

Los motores de explosión utilizan la fuerza de expansión de una mezcla de aire con algún gas combustible, que detona en el mismo cilindro en que se mueve el émbolo. Estos motores son de efecto simple, es decir que la fuerza motriz actúa sobre una sola cara del émbolo, mientras que los motores de vapor son de efecto doble.

El movimiento alternativo del émbolo se cambia en movimiento de revolución mediante la biela y la manivela, que hacen girar un volante muy pesado.

Los motores de explosión funcionan ordinariamente en cuatro tiempos.

*1<sup>er</sup> tiempo.* El émbolo, a consecuencia de la velocidad adquirida por la gran masa del volante (véase n<sup>o</sup> 14), se mueve y aspira en el cilindro por medio de unas válvulas el aire y el gas en proporciones adecuadas para hacer la mezcla detonante.



2º tiempo. El émbolo vuelve atrás y comprime la mezcla gaseosa.

3º tiempo. La mezcla comprimida se enciende por

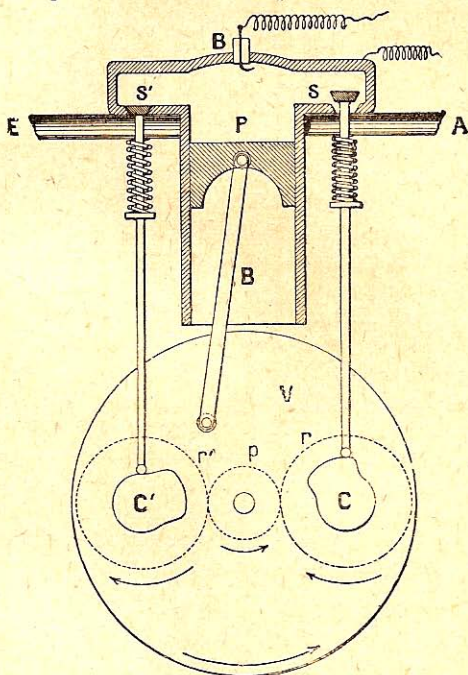


Fig. 145. — Motor de explosión. — P, émbolo; B, carrete (arriba); S' orificio de escape en comunicación con el tubo de salida E; S, abertura en comunicación con el carburador por el tubo A; B. (en medio), biela; V, volante; C, C', espigas; p, (abajo) piñón r, r', ruedas dentadas.

medio de la chispa eléctrica de un carrete de inducción. La explosión produce en el cilindro una presión considerable que empuja el émbolo.

4º tiempo. El émbolo vuelve otra vez y expulsa los gases producidos en la combustión.

Cada uno de estos tiempos se reproduce muy rápida-

mente; motores hay que dan hasta 2 000 o 3 000 revoluciones en un minuto.

Es indispensable enfriar constantemente el cilindro, lo que se consigue por medio de agua fría que circula entre la doble pared que lo rodea. En los motores chicos, basta colocar alrededor del cilindro unas aletas metálicas que presentan al contacto del aire una superficie suficiente para producir el enfriamiento. Los gases combustibles que se emplean en los motores de explosión son : el gas de hulla, el gas de agua o gas pobre (mezcla de hidrógeno y óxido de carbono que se obtiene por la descomposición del agua mediante el carbón calentado al rojo); los vapores de gasolina o de petróleo, los vapores de alcohol, de benzol, de naftalina...

Cada clase de motor tiene algunos órganos especiales para hacer la mezcla, producir la inflamación, cambiar la velocidad, etc.

Por su fácil instalación y manejo, los motores de explosión son de muchísima utilidad en la industria menor, cuando no hay posibilidad de utilizar la fuerza eléctrica.

Los motores de explosión han contribuido a los progresos extraordinarios del automovilismo, del motociclismo, de la navegación aérea, etc , etc.

## CAPÍTULO XIV

### ACÚSTICA.

#### § I. — El sonido.

**171. — Definición y producción.** — *El sonido es la impresión producida en nuestro oído por el movimiento vibratorio de algún cuerpo.* Si golpeamos un vaso de cristal o un timbre metálico, se oye un sonido, y

aproximando los dedos a la superficie del vaso o del timbre, notamos perfectamente el movimiento vibratorio. Si frotamos con un arco el borde superior de un vaso cerca del cual



Fig. 146. — Producción del sonido. Fig. 147. — Vibración de una cuerda.

está colgada una bolita, percibiremos un sonido bastante agudo, y veremos que la bola rebota a consecuencia de las vibraciones del vaso. Una varilla de acero fijada en una extremidad vibra cuando, alejando la extremidad libre de su posición de equilibrio, la soltamos bruscamente. Una cuerda de violín frotada con el arco o pulsada con los dedos, los alambres del telégrafo bajo la acción del viento, el mismo



viento que se cuele en nuestras habitaciones, la campana que suena, el movimiento rápido de las alas de los insectos, producen sonidos, siempre mediante algún movimiento vibratorio. La voz del hombre resulta de las vibraciones de las cuerdas vocales, modificadas por los labios, los dientes...

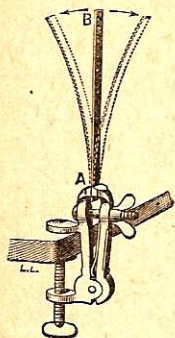


Fig. 148. — Movimiento vibratorio.

**172. — Transmisión del sonido.** — Para que percibamos un sonido es preciso que las vibraciones se transmitan hasta nuestro oído por medio de algún cuerpo elástico : gas, líquido, sólido. En el vacío el sonido no puede transmitirse. En la propagación del sonido no hay transporte de materia, como v. g. en la calefacción de los líquidos o de los gases, sino que las partículas que vibran cho-

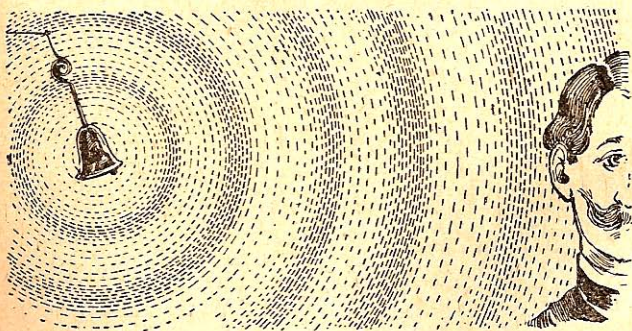


Fig. 149. — Ondas sonoras.

can las siguientes que a su vez transmiten la vibración a sus inmediatas y así en todas las direcciones. Se forman unas ondulaciones u ondas análogas a las que

produce la caída de una piedra en la superficie tersa del agua de un tanque.

**173. Velocidad del sonido.** — El sonido no se transmite instantáneamente, sino que necesita algún tiempo para llegar hasta nuestro oído. Si observamos desde lejos a un cazador que dispara un tiro, vemos el humo antes de oír el estampido, y el tiempo que pasa entre las dos sensaciones aumenta con la distancia. Si escuchamos la música de alguna banda que toca a lo lejos, oímos al mismo tiempo los sonidos producidos por los diferentes instrumentos; luego todos los sonidos se propagan con la misma velocidad.

Los experimentos hechos para medir la velocidad del sonido dieron los siguientes resultados: En el aire, a la temperatura de  $15^{\circ}$  C., el sonido recorre 340 metros por segundo; a  $0^{\circ}$  C. la velocidad no es más que 330 metros.

En los líquidos y sólidos el sonido se propaga más rápidamente que en el aire.

Aplicando el oído a la extremidad de una mesa bastante larga, se percibe inmediatamente el ruido de un ligero arañazo producido en la otra extremidad.

Aplicando el oído a los rieles del ferrocarril se puede oír el ruido de un tren que está todavía a mucha distancia. Los peces se asustan y huyen luego que se acerca uno, porque perciben el ruido de los pasos aunque vaya de puntillas.

En el agua, el sonido recorre 1435 metros por segundo; en el cobre 3560 metros; en el hierro 5100 metros; en la madera de pino 6000 metros.

**174. — Reflexión del sonido.** — Cuando las ondas sonoras hieren un obstáculo como un frontón, un edificio., hay reflexión o reproducción del sonido: este fenómeno se llama *eco*. Para un sonido de poca duración, como por ejemplo un choque, puede haber eco si la superficie reflejante dista a lo menos de 17 metros, porque está comprobado que la sensación sonora persiste por lo menos durante una décima de segundo; así es



que el sonido reflejado ha de llegar al oído una décima de segundo después del sonido primitivo para poderlo distinguir, y a este tiempo corresponde un camino de 34 metros (2 veces 17 m., ida y vuelta). Para los sonidos articulados, es preciso al menos una distancia doble, es decir de 34 metros. En este caso, no puede oírse más que la última sílaba reflejada, y el eco es monosílabo; será di-, trisílabo cuando la distancia sea 2, 3 veces 34 metros.

El eco es múltiple cuando repite varias veces el mismo sonido, lo que sucede cuando dos obstáculos situados uno enfrente de otro, dos paredes paralelas, por ejemplo, se devuelven sucesivamente el sonido. Cerca de Milán (Italia), hay un eco que repite hasta 40 veces el ruido de un tiro de escopeta.

**175. Propiedades del sonido.** — Los sonidos se distinguen unos de otros por tres propiedades principales: el *tono*, la *intensidad* y el *timbre*.

Según el *tono*, los sonidos son *agudos* o *graves*, ocupan un grado más o menos elevado en la escala musical; el *tono* depende del número de vibraciones verificadas en un segundo.

La *intensidad* es lo *fuerte* o lo *débil* del sonido; se traduce en la música por los matices: fuerte, piano, etc... La *intensidad* depende de la amplitud de las vibraciones.

El *timbre* es la cualidad especial del sonido que permite conocer desde luego los *diferentes instrumentos* que lo producen; v. g. al oír tocar, conocemos fácilmente si es piano, violín, trompeta, órgano... De la misma manera podemos distinguir la voz de niño, de mujer, de hombre.

**176. Escala musical.** — Ciertos sonidos causan una impresión agradable a nuestro oído: estos son los sonidos musicales. *Escala musical* es un conjunto de siete sonidos separados por determinadas diferencias de *tono* llamadas *intervalos*. *Octava* de un sonido es otro sonido que corresponde a un número doble de vibraciones. *Acorde* es la reunión de varios sonidos cuyo conjunto forma armonía; los acordes más agradables



son los llamados acorde perfecto mayor y acorde perfecto menor.

Los sonidos o notas de la escala musical llevan el nombre de *ut* (o *do*), *re*, *mi*, *fa*, *sol*, *la*, *si*, cuyo número de vibraciones se encuentra en la proporción siguiente.

do	- re	mi	fa	sol	la	si	do <sub>2</sub>
1	9/8	5/4	4/3	3/1	5/3	15/8	2

Se completa ordinariamente la escala por la octava de la primera nota o tónica. La escala fundamental es la que contiene el *la* normal (435 vibraciones por segundo).

## §. II. — Instrumentos acústicos.

**177.** — Los instrumentos de música producen los sonidos por medio de las *cuerdas vibrantes*, de los *tubos sonoros*, de las *placas vibrantes*.

**178. Vibración de las cuerdas.** — En las cuerdas el número de vibraciones, y por consiguiente el tono del sonido, varía con la longitud y el diámetro de la cuerda, con su grado de tensión y la densidad de la materia empleada para fabricarla.

**Ley de las longitudes.** — El número de vibraciones es *inversamente proporcional á la longitud de la cuerda*: una cuerda de  $1/2$  metro dará la octava (número doble de vibraciones) del sonido dado por una cuerda de un metro.

**Ley de los diámetros.** — El número de vibraciones es *inversamente proporcional al diámetro de la cuerda*: una cuerda de acero de  $1/3$  de milímetro de diámetro producirá un número de vibraciones 3 veces mayor que una cuerda de 1 mm, siendo iguales las condiciones de longitud y de tensión.

**Ley de las densidades.** — El número de vibraciones es *inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la densidad* de la materia con que están hechas las cuerdas. Sean dos cuerdas, una de densidad 7,84, la otra de densidad, 1,96; la raíz cuadrada de cada número es 2,8 y 1,4, es decir que la primera raíz es doble de la

segunda; la segunda cuerda (la de menor densidad) dará un número de vibraciones doble de la primera, o sea la octava superior.

**Ley de las tensiones.** — El número de vibraciones es *proporcional a la raíz cuadrada del peso que tiende la cuerda.*

Una cuerda tendida por un peso de 9 kgs. dará la quinta superior de la misma cuerda tendida por un peso de 4 kgs, siendo las raíces cuadradas 3 y 2.



Fig. 150. — Arpa.

**179. Instrumentos de cuerdas.** — Los instrumentos de cuerdas se dividen en dos grupos: unos tienen tantas cuerdas cuantos sonidos deben producir; v. g. el piano y el arpa.

En otros hay un número muy reducido de cuerdas; v. g. en el violín, en la mandolina, en la guitarra. Para producir sonidos diferentes con

la misma cuerda, se modifica su longitud por medio de

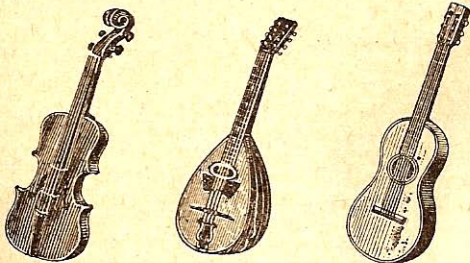


Fig. 151. — Violin, mandolina, guitarra.

los dedos. En los instrumentos de cuerda, una caja



llamada resonador, sirve para reforzar los sonidos.

Se hacen vibrar las cuerdas frotándolas con un arco o punteándolas con los dedos.

**180. Tubos sonoros.** — Los tubos sonoros son tubos en los cuales se produce el sonido mediante la vibración de la columna de aire contenido en ellos;

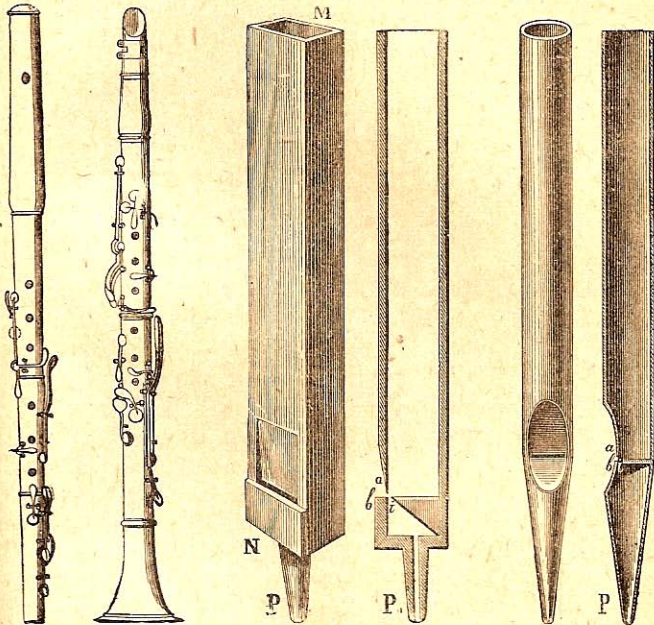


Fig. 152.  
Flauta.

Fig. 153.  
Clarinete.

Fig. 154. — Tubos sonoros.

por eso se llaman también *instrumentos de viento*. Ellos se dividen en tubos de embocadura, como la flauta, y tubos de lengüeta como el clarinete.

Los tubos sonoros tienen una aplicación importante en la construcción de los órganos.

El tono del sonido en un tubo sonoro, o el número



de vibraciones, es *inversamente proporcional a la longitud y al diámetro del tubo*. Un tubo cerrado da la octava inferior del mismo tubo abierto.

Las placas y láminas vibrantes tienen aplicación en los címbalos, los tambores, las campanas....

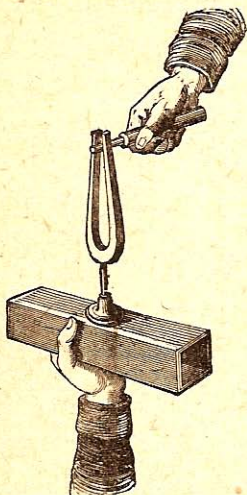


Fig. 155. — Diapasón.

**181. Diapasón.** — El diapasón es una barra de acero encorvada poco más o menos en forma de pinzas. Si se hace vibrar las ramas del diapasón, éste produce un sonido que siempre es el mismo para el mismo instrumento. En el diapasón normal, la nota obtenida es el *la* normal (435 vibraciones por segundo).

**182. Fonógrafo.** — El fonógrafo es un aparato que registra e inscribe los sonidos musicales y la palabra humana, y puede después reproducirlos con alguna exactitud. El fonógrafo comprende esencialmente una membrana o placa vibrante colocada en la extremidad de un pabellón destinado a concentrar las ondas sonoras.



Fig. 156. — Fonógrafo.

Un punzón o estilete fijado en la membrana participa de su movimiento vibratorio.

Cuando se habla delante del pabellón del instrumento

las vibraciones se inscriben, se graban más o menos profundamente en un cilindro o en un disco de materia

blanda que gira con un movimiento regular delante de la punta vibrante. La profundidad de las ranuras trazadas depende de la intensidad de los sonidos.

Hecha la inscripción, se vuelve a colocar la punta en su punto de partida, y se pone en movimiento el cilindro o el disco. Como la punta recorre todas las sinuosidades trazadas, reproduce en la placa vibrante todos los movimientos y vibraciones primitivas. El pabellón refuerza el sonido.

## CAPÍTULO XV

### ÓPTICA

#### § I. — Nociones generales.

**183. Definiciones.** — La óptica es la parte de la física que estudia los fenómenos luminosos. La luz, como el sonido, es debida a un movimiento vibratorio, sólo que las ondulaciones luminosas son muchísimo más rápidas que las ondas sonoras.

Los manantiales o fuentes de la luz son los mismos que los del calor : luz del sol, luz eléctrica, luz producida por la combustión de algún gas o vapor.

Una llama es un gas o un vapor en combustión; el brillo de una llama depende de las partículas sólidas en suspensión en ella y calentadas al rojo blanco. La coloración de una llama depende de la presencia de unas sales metálicas. Ciertas materias y algunos animales despiden en la oscuridad una luz débil blanquecina o amarillenta; llámanse cuerpos fosforescentes : tales son el fósforo, el sulfuro de calcio, la luciérnaga, unas moscas, varios microbios.

**184. Cuerpos opacos, transparentes, translúcidos.** — Los cuerpos que se dejan atravesar por la luz como el aire, el agua, el vidrio, se llaman cuerpos transparentes; los que no dejan pasar la luz se llaman opacos : lámina de metal, tabla de madera. Los cuerpos translúcidos son aquellos que dejan pasar la luz pero no permiten ver la forma de los objetos colo-



cados detrás de ellos tales son : la porcelana, el vidrio deslustrado.

**185. Propagación de la luz.** — La luz se propaga en línea recta, como puede notarse por la forma

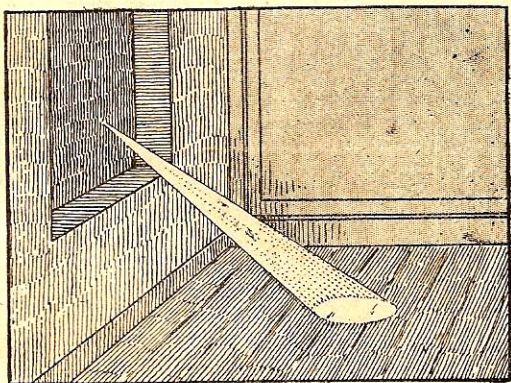


Fig. 157. — La luz se propaga en línea recta.

de los haces que entran en un cuarto oscuro; se ven estos haces porque alumbran un sinnúmero de polvillo en suspensión en el aire.

**186. Sombra.** — La propagación rectilínea de la

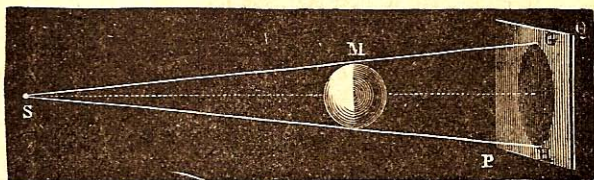


Fig. 158. — Sombra.

luz nos explica la formación de la sombra. Un cuerpo opaco colocado delante de un foco de luz está alum-

brado de un solo lado; el otro está en la sombra, como también parte del espacio detrás, donde se ve reproducida la imagen o sombra del cuerpo.

Los eclipses de sol se producen por el paso de la luna entre el sol y la tierra. El eclipse es total, si la luna nos cubre enteramente al sol, y parcial en el caso contrario. De la misma manera, los eclipses de luna resultan del paso de la tierra entre el sol y la luna.

**187. Velocidad de propagación de la luz.** — La luz se propaga con una velocidad que se calcula en 300 000 kilómetros por segundo en el aire y en el vacío. La circunferencia de la tierra siendo de 40 000 km., un rayo de luz podría dar como ocho vueltas a nuestro globo en el espacio de un segundo.

En la práctica de nuestras observaciones podemos decir que la transmisión de la luz es instantánea.

## § II. — Espejos.

**188.** — Cuando la luz hiere una superficie bruñida,

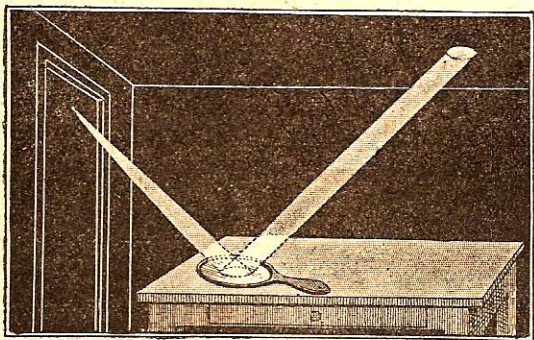


Fig. 159. — Reflexión de la luz.

se produce el fenómeno de la reflexión, de la misma manera que para el calor y el sonido. *La superficie que*



refleja la luz se llama **espejo**. Un espejo es plano o esférico según la naturaleza de la superficie de reflexión.

**139. Imágenes en los espejos planos.** — Si colocamos una vela u otro objeto delante de un espejo plano, vemos la imagen del cuerpo reproducida exactamente, y nos parece colocada allá detrás a una distancia igual a la que separa el objeto del espejo. Decimos que la imagen es **simétrica** del cuerpo.

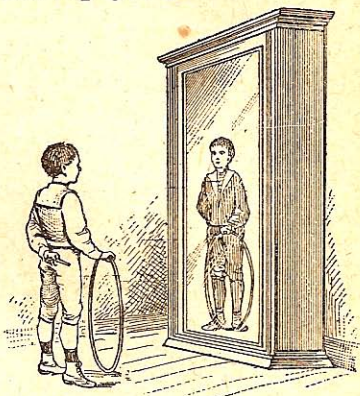


Fig. 160. — Espejo plano.

Los espejos o lunas se fabrican comúnmente de una lámina de vidrio estañada o plateada en una de sus caras; otros son de algún metal bruñido: plata, bronce.

Un objeto colocado entre dos espejos paralelos se reproduce en cada espejo un número infinito de veces, porque cada imagen formada en un espejo se repite en el otro.

Si los espejos están **inclinados** uno hacia el otro, el número de imágenes es igual al cociente de 360 por el valor del ángulo expresado en grados. Para un ángulo de  $60^\circ$ , 6 imágenes; — de  $45^\circ$ , 8 imágenes; — de  $36^\circ$ , 10 imágenes.

El caleidoscopio es una aplicación de la formación de las imágenes en los espejos inclinados. El aparato consta de un tubo cilíndrico a manera de antejo en el cual están colocados dos espejitos inclinados a  $45^\circ$ , o tres inclinados a  $60^\circ$ . Se echan en el tubo unos pedazos de vidrio de varios colores. Las imágenes obtenidas forman unos dibujos simétricos muy bonitos, y que varían cuando gira el tubo.

Los **espejos curvos** dan de los objetos una imagen deformada, una verdadera caricatura, como se puede observar mirándose en una botella, una copa, una cuchara, una bola de metal bruñido.



**Especjes esféricos.** Los espejos esféricos están formados por una porción de esfera o casquete esférico. El espejo se llama **cóncavo**, cuando está formado por la superficie interior, ahuecada del casquete esférico, y **convexo** cuando está formado por la parte exterior, redondeada.

### § III. — Refracción y dispersión de la luz.

**190. Refracción de la luz.** — La luz al pasar v. g. del aire al agua sufre una desviación o cambio de dirección, como es fácil comprobarlo introduciendo parcialmente un bastón en el agua cristalina de algún tanque; el bastón parece quebrado y la parte sumergida inclinada hacia arriba. Este fenómeno se llama **refracción** de la luz, y el cuerpo en que se verifica se llama **refringente**. Es por un efecto de la refracción que los objetos que se observan al través de un lente parecen más grandes o más chicos.



Fig. 161. — Refracción de la luz.

**191. Espectro solar.** — Cuando la luz blanca del sol pasa de un medio transparente a otro (del aire al

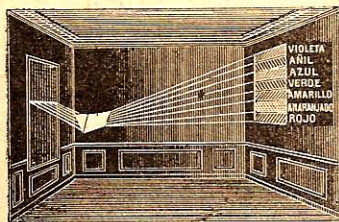


Fig. 162. — Espectro solar.

agua, del aire al cristal) no solamente hay desviación de los rayos, sino también *coloración de la luz refractada*; este fenómeno se llama **dispersión**. Si en una mesa donde llega un rayo de sol, colocamos un papel blanco y encima un vaso lleno de agua, veremos en el papel, del lado opuesto al sol, un semi-círculo colorado cuyos matices

agua, del aire al cristal) no solamente hay desviación de los rayos, sino también *coloración de la luz refractada*; este fenómeno se llama **dispersión**. Si en una mesa donde llega un rayo de sol, colocamos un papel blanco y encima un vaso lleno de agua, veremos en el papel, del lado opuesto al sol, un semi-círculo colorado cuyos matices

son los del arco iris. Empleando un prisma de cristal en lugar del vaso de agua, obtendremos en el papel una hermosa faja de colores vivos y colocados en el orden siguiente : *rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, indigo (añil) y morado (violado)*. Esta faja colorada es el **espectro solar**.

La reunión de los siete colores del espectro ha de volver a formar la luz blanca. Esto se demuestra por

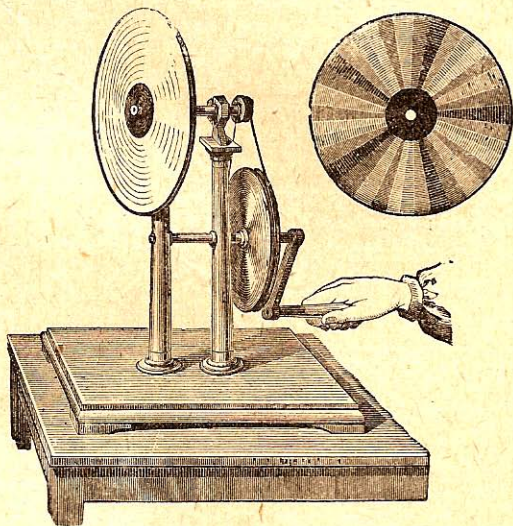


Fig. 163. — Disco de Newton.

medio del **disco de Newton**, círculo de cartón o de metal en que los sectores están pintados de los colores del espectro solar. Haciendo girar rápidamente este disco, se lo ve de un blanco, algo agrisado; sería completamente blanco si pudiéramos reproducir exactamente los colores observados en el espectro.

El **arco iris** es un espectro solar grande y de forma circular. En un día lluvioso, por la mañana o en la



tarde, cuando el sol está bastante cerca del horizonte, volviéndose uno de espaldas al sol, puede observar muy bien en el arco los colores del espectro, el rojo afuera y el morado hacia adentro. A veces otro arco concéntrico del primero y mayor que él, aparece al mismo tiempo, pero más pálido y con los colores dispuestos en orden inverso : rojo adentro, morado afuera. El fenómeno de la refracción y dispersión de la luz solar se verifica ahí en las gotitas de agua de las nubes, que hacen las veces de prisma.

#### § IV. — Lentes.

**192.** — Un lente es una masa de vidrio limitada por dos caras esféricas. Los vidrios empleados en los quevedos, anteojos y aparatos fotográficos son lentes. Algunos lentes son más gruesos en el centro que en los bordes : se llaman lentes **convexos**; otros son más

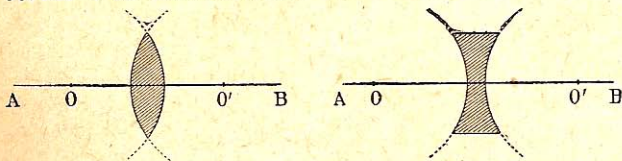


Fig. 164.

*Lente convergente, convexo.* O, O', centros de curvatura. A B, eje principal. *Lente divergente, cóncavo.* O, O', centros de curvatura. A B, eje principal.

gruesos en los bordes que en el centro : son los lentes **cóncavos**.

Centros de curvatura de un lente son *los centros de las superficies* esféricas que forman sus caras; el eje principal es una *línea recta que pasa por los centros de curvatura*.

**193.** — Los lentes **convexos** reúnen en un punto brillante los rayos luminosos que los atraviesan y se llaman lentes *convergentes*. Los lentes **cóncavos** sepa-



ran, dispersan los rayos luminosos, y no es posible obtener con ellos el punto luminoso : son *divergentes*. La mancha luminosa muy intensa y brillante que se obtiene con el lente convergente expuesto a los rayos solares es una imagen real y muy reducida del sol, y se llama *foco* del lente. Diremos pues que el **foco** de un lente convergente es *el punto donde se reúnen los rayos paralelos al eje principal*, después de haber atravesado el lente. La distancia del foco al lente se llama *distancia focal*.

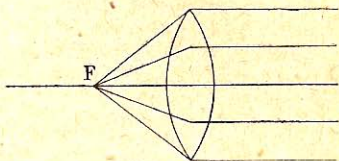


Fig. 165. — Foco de un lente convergente.

**194.** — **Formación de las imágenes en los lentes convergentes.** — Cuando se mira un objeto remoto con un lente convergente, se lo ve invertido y muy chico; esta imagen es real, es decir que puede recibirse en una pantalla; es la que se examina en el vidrio deslustrado de los aparatos fotográficos.

A medida que el objeto se aproxima al foco del lente, la ima-

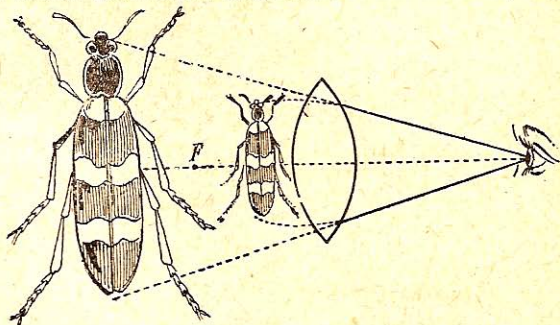


Fig. 166. — Imagen obtenida con un vidrio de aumento.

gen va aumentando y alejándose, como sucede en los aparatos de ampliaciones fotográficas y en la linterna mágica.

Si el objeto está colocado en el mismo foco del lente, los rayos salen paralelos y ya no hay imagen.

En los faros que alumbran las costas, una lámpara poderosa se coloca en el foco de muy grandes lentes convergentes; la luz alcanza mucha distancia y guía a los marineros.

Por fin, si el objeto está colocado entre el lente y su foco, se consigue una imagen ampliada y virtual, es decir que no puede recibirse en una pantalla; esta imagen se obtiene con los llamados vidrios de aumento, que sirven para examinar los detalles de un objeto pequeño.

**195.** — Con un lente **divergente** se obtiene siempre una imagen virtual, recta y más pequeña que el objeto; por eso nos parecen más lejos los cuerpos que se miran con estos lentes.

**196.** — Los lentes usados en la construcción de los aparatos de óptica se fabrican con *crown glass* y con *flint glass*, cristales que contienen plomo y son muy refringentes.

## CAPÍTULO XVI

### INSTRUMENTOS DE ÓPTICA.

**197.** — De los instrumentos de óptica, algunos sirven para obtener **imágenes amplificadas** de los objetos de dimensiones reducidas que no pueden observarse a simple vista; decimos que estos aparatos *aumentan*: son los **microscopios**.

Otros sirven para examinar los astros o los objetos distantes, y decimos que *acercan*; son los **anteojos de larga vista** y los **telescopios**.

**198.** — Llámase **objetivo** en un instrumento de óptica el lente convergente o el espejo cóncavo que da del objeto considerado una imagen real. El **ocular** al contrario es el lente que se coloca cerca del ojo y por medio del cual se observa la imagen obtenida con el objetivo. Para mayor nitidez en las imágenes, en lugar de emplear como objetivo un solo lente de más o menos espesor, es preferible sobreponer varios lentes de menor convergencia. **Aumento** del objetivo es la relación entre las dimensiones de la imagen y las del objeto examinado. Los oculares son convergentes en el microscopio, en el anteojo astronómico y en el anteojo terrestre; divergentes en los anteojos de teatro o gemelos. En todos estos instrumentos, el ocular da de la imagen que se obtiene con el objetivo, otra imagen virtual, ampliada, que el ojo examina.

**199.** — El **microscopio simple** o *crystal de aumento* es un lente convergente de corta distancia focal, que se coloca entre el ojo y el objeto que se trata de examinar, de tal modo que la distancia que separa el objeto del lente sea menor que la distancia focal. De esta manera se ve una imagen virtual, ampliada y



recta. La distancia focal de los cristales de aumento varía entre 5 mm. y 5 cm.

A menudo se mantiene el lente con una mano y con la otra el objeto que se examina; pero a veces se sujeta el lente en algún soporte fijo, y el objeto se pone en una plataforma colocada a distancia conveniente; puede haber también más abajo un espejo que refleja la luz en el objeto que se quiere examinar.

El cristal de aumento sirve para leer los caracteres



Fig. 167. — Examinando una flor.

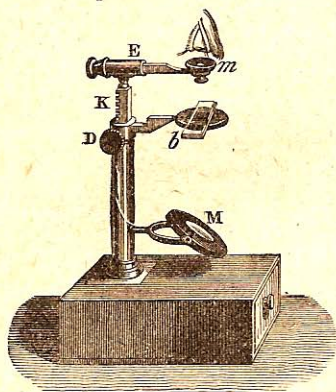


Fig. 168. — Microscopio simple.

muy pequeños, para el estudio de los órganos de las plantas y de los animales; los relojeros y grabadores lo emplean para ver mejor los detalles de su trabajo. El aumento de estos instrumentos es poco; generalmente no alcanza el vigésimoquintuplo.

**200.** — Para las observaciones que necesitan un aumento muy considerable, se emplea el **microscopio compuesto**, llamado simplemente **microscopio**.

El microscopio comprende esencialmente un **objetivo** y un **ocular** colocados en las extremidades de un mismo tubo de metal. El objeto que se examina (la

*preparación microscópica*) colocado entre dos láminas de vidrio delgado, se pone en la plataforma (*porta objetos*) debajo del objetivo. Un espejo en la parte inferior alumbra la preparación.

El objetivo da de los cuerpos una imagen real que se examina por medio del ocular. El aumento total es el producto del aumento del objetivo por el del ocular. El mismo aparato puede tener varios objetivos y varios oculares, que se combinan según las necesidades de la observación.

Muchos de los microscopios de estudio empleados en los laboratorios modernos aumentan 500 a 1 500 veces, y más aún. El campo del microscopio es la extensión que se puede ver a un tiempo en el aparato. El campo es muy reducido cuando se emplean objetivos de mucho aumento, y al mismo tiempo las imágenes son de menor nitidez.

Por medio del microscopio se han hecho descubrimientos importantes en botánica, zoología, fisiología, mineralogía. Se han podido observar seres infinitamente pequeños, estudiar los microbios que ocasionan las enfermedades contagiosas, conocer las falsificaciones en algunas materias, como las harinas, los chocolates....

Las imágenes que se obtienen por medio del microscopio pueden proyectarse en una placa sensible y así fotografiarse.

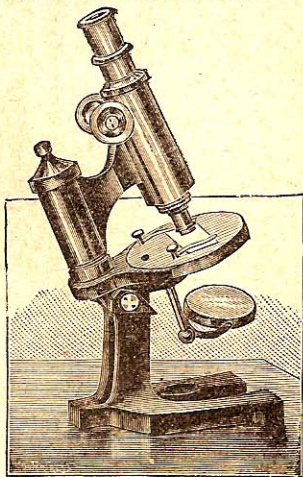


Fig. 169. — Microscopio compuesto.



## 201. Anteos de larga vista. — Los anteos

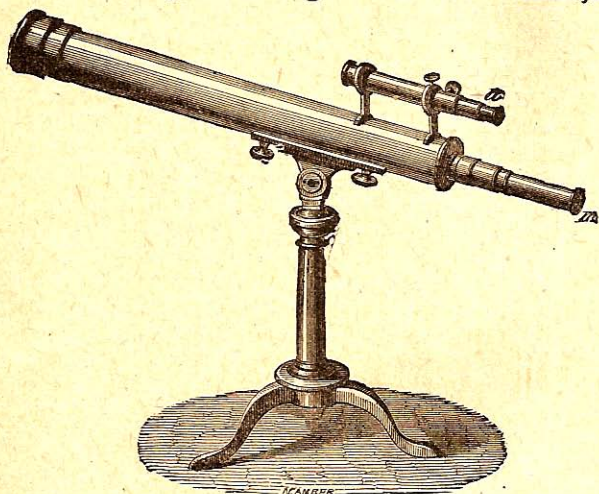


Fig. 170. — Anteojo astronómico.

de larga vista y los telescopios sirven para examinar los objetos distantes. El anteojo astronómico para la observación del sol, de los planetas, de las estrellas; el anteojo terrestre o marino para los montes, los barcos, las señales.

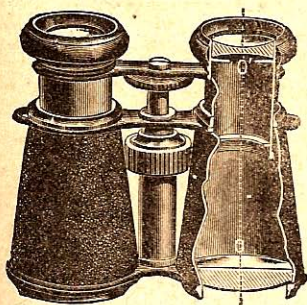


Fig. 171. — Gemelos.

En el anteojo astronómico se emplea un objetivo de gran superficie y un tubo largo; el objetivo da una imagen real e invertida que se examina con el ocular. La imagen definitiva es virtual, ampliada e invertida.

En caso de examinar los astros, no importa que se



vea la imagen invertida, pero en el anteojo terrestre, es necesario obtener una imagen recta, lo que se consigue por un sistema de lentes que a su vez invierten la imagen formada en el aparato.

En el anteojo de Galileo, el objetivo es también un lente convergente, pero el ocular es divergente y colocado a una distancia tal que se obtenga inmediatamente una imagen virtual, ampliada y recta. Los anteojos de teatro constan de dos anteojos de Galileo, uno para cada ojo, y se llaman a veces *gemelos*.

Los telescopios son anteojos de gran tamaño y generalmente fijos; el objetivo es un espejo cóncavo o un prisma de reflexión total: sirven en las observaciones astronómicas.

**202.** — El aparato de proyecciones o *linterna mágica* sirve para obtener sobre una pantalla, en un

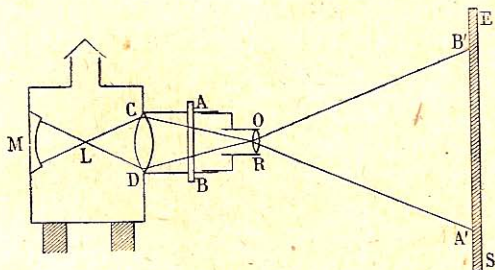


Fig. 172. — Aparato de proyecciones (figura teórica). L. foco de luz. M. reflector. C D, lente convergente que concentra los rayos luminosos. A B, vidrio pintado. O R, lente que produce la imagen A' B'. E S, pantalla.

salón oscuro, imágenes amplificadas de objetos pequeños.

En una caja se coloca un foco intenso de luz; un lente convergente concentra los rayos hacia las figuras pintadas en una lámina de vidrio o alguna película transparente. Las imágenes así iluminadas se colocan delante de un lente convergente a una distancia algo

mayor que la distancia focal. De esta manera, el lente proyecta sobre la pantalla colocada a distancia adecuada una imagen real, invertida y muy ampliada de los objetos pintados en el vidrio. Para conseguir una imagen recta, se coloca el vidrio pintado de tal manera que los dibujos se hallen invertidos.

**203. Fotografía.** — La fotografía es el arte de

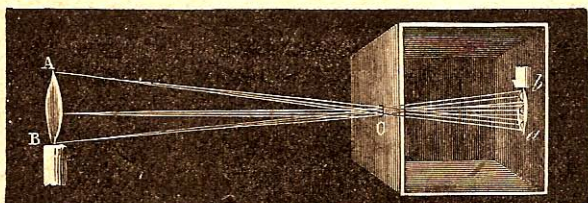


Fig. 173. — Imágenes suministradas por las pequeñas aberturas.

obtener y de fijar las imágenes de los cuerpos por la acción de la luz.

Si en un cuarto completamente oscuro dejamos entrar la luz por algún agujerito practicado en una pared, veremos en la pared de enfrente una imagen invertida de los objetos colocados afuera. Esto tiene aplicación en la fotografía.

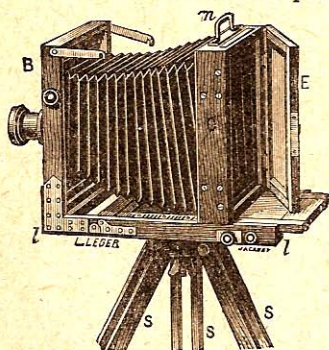


Fig. 174. — Cámara fotográfica.

Un aparato fotográfico consta esencialmente de una cámara oscura provista de un objetivo; un obturador o un diafragma de abertura variable

permite descubrir el objetivo durante el tiempo necesario (*tiempo de exposición*). La cámara oscura está cons-



tituida por un fuelle; el objetivo está en la extremidad anterior y un vidrio deslustrado en la parte posterior. El fuelle se abre más o menos, y así se hace variar la distancia del objetivo al cristal deslustrado hasta que se obtenga una imagen muy neta. Algunos aparatos no tienen fuelle; la cámara oscura es una cajita rectangular y el objetivo es de corta distancia focal. El valor de un aparato fotográfico depende esencialmente de la perfección de su objetivo.

La placa en que ha de producirse la imagen o placa sensible se cubre de una capa de sal de plata mezclada con gelatina (v.g. gelatinobromuro de plata).

La placa así preparada formará el fondo de la cámara oscura en el momento de sacar la fotografía. Cuando se quita el obturador o se abre el diafragma que cubre el objetivo (exposición), la luz impresiona la placa poco más o menos según su intensidad.

La placa impresionada se mete después en el revelador, disolución de algún cuerpo reductor: *pirogalol*, *hidroquinona*, *metol*, *iconógeno*, *amidol*..., entonces aparece la imagen llamada negativa, es decir que los puntos muy alumbrados en el objeto se ven negros en la placa, y reciprocamente, porque donde hubo más luz, se verificó mejor la reducción de la sal de plata. Para obtener una imagen positiva, se coloca debajo de la placa negativa o clisé, una hoja de papel sensibilizada, es decir cubierta de una sal de plata



Fig. 175. — Clisé negativo y prueba positiva.

(*bromuro*, *citrato*). Se expone a la luz; las partes del papel que corresponden a las partes claras del negativo reciben más luz y por consiguiente es mayor la reducción; lo correspondiente a las partes oscuras del clisé reciben menos luz y hay poca o ninguna reducción. Lo que resulta es la prueba positiva o verdadera, que reproduce el objeto natural. El mismo clisé negativo sirve para sacar cuantos positivos se quieran.

Las pruebas se lavan durante algún tiempo para quitar toda la sal de plata no reducida. Vienen después las operaciones del



virado con cloruro de oro y del fijado por el hiposulfito de sodio. A menudo se verifican estas dos últimas operaciones en un solo líquido virofijador.

La fotografía ha alcanzado un grado extraordinario de perfección; el tiempo de exposición se ha reducido hasta producir impresiones **instantáneas**, y ya se pueden obtener imágenes de los objetos con sus **propios colores**.

**204.** — La visión. — El ojo tiene la forma de un globo poco más o menos esférico, que unos músculos pueden mover en una cavidad llamada **órbita**. La envoltura del ojo, o **esclerótica** es blanca y dura, y se llama vulgarmente *blanco del ojo*. La parte anterior incolora, algo prominente, es la **córnea transparente**. La esclerótica está forrada interiormente de una membrana negra, la **coroidea**, cuya parte anterior forma un tabique

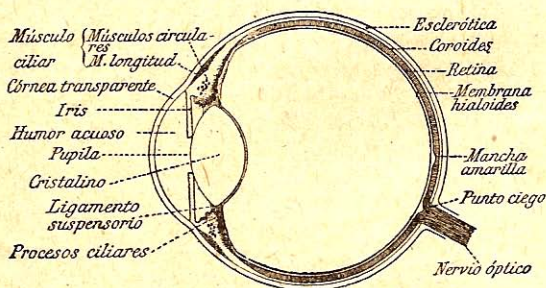


Fig. 176. — Sección teórica del ojo.

vertical, el iris; el iris tiene un agujero llamado **pupila** o *niña del ojo*; el diámetro de la pupila disminuye cuando es muy viva la luz, y aumenta en caso contrario.

Los rayos luminosos que entran en el ojo atraviesan un lente convexo de unos 4 mm. de grueso, el **cristalino**, colocado inmediatamente detrás del iris. La parte comprendida entre el cristalino y la córnea transparente está llena del **humor acuoso**, y la parte detrás del cristalino contiene el **humor vítreo**. En el fondo del ojo entra el **nervio óptico** cuyas ramificaciones forman una pantalla sensible, que es la **retina**.

El ojo se parece pues a un aparato fotográfico con su objetivo, el cristalino, su diafragma, el iris, y su placa sensible, la retina.

Cuando el grueso del cristalino aumenta demasiado las imágenes se forman a corta distancia delante de la retina; y para ver bien los objetos, es preciso mirarlos de cerca. Este estado

es la **miopía**, que se remedia por medio de lentes cóncavos o divergentes.

En caso de estar aplastado el cristalino, no se ve sino de algo lejos : puede ser la *hipermetromía* o la *presbicia*, enfermedades que se remedian por el empleo de lentes convexas o convergentes.

Con los dos ojos vemos una sola vez los objetos porque las dos imágenes se sobreponen, se completan y nos dan idea del relieve y de las distancias.

**205. — Cinematógrafo.** — Las impresiones luminosas que recibe la retina no desaparecen tan pronto como las causas que las determinan, sino que persisten todavía como un décimo de segundo después de que éstas hayan desaparecido. Resulta de ahí que una serie de impresiones luminosas distintas, sucediéndose a menos de un décimo de segundo de intervalo, determinarán la misma impresión que una luz continua; por eso un carbón incandescente se parece a una cinta de fuego cuando se lo menea rápidamente, y la lluvia parece en el aire como hilos de agua, aunque no haya más que gotas separadas.

Si delante del ojo pasan rápidamente unos dibujos que representan las diferentes posiciones de un objeto en movimiento, la impresión producida por la primera imagen durará todavía cuando se produzca la segunda, y el objeto se verá en movimiento.

Algo parecido se verifica en el **cinematógrafo**. En una faja pelicular sensible de gelatina, que se desenrolla por sacudidas regulares, se toma una serie de vistas fotográficas (15 por segundo) de una escena en movimiento. Se saca después por los métodos ordinarios una prueba positiva de la faja impresionada. La faja desenrollándose después en un aparato de proyección con el mismo movimiento que en el aparato de fotografía, reproducirá todas las partes de la escena.

Combinando la reproducción de la voz con la del movimiento por medio del **fonocinematógrafo** (unión del *fonógrafo* y del *cinematógrafo*), se consigue, por decirlo así, una verdadera reconstitución de la vida.



## CAPÍTULO XVII

### ELECTRICIDAD

#### § I. — Nociones generales.

**206. Definición.** — Algunos cuerpos, la *resina*, el *vidrio*, el *ámbar* cuando se los frota, adquieren al propiedad de atraer partículas ligeras de materia, como v.g. polvos de aserrín, añicos de papel, médula de saúco. Decimos que el cuerpo que se ha frotado está electrizado, y llamamos **electricidad** la *energía* que



Fig. 177. — Electrización por frotamiento.

*desarrollada por el frotamiento se manifiesta por la atracción.*

*La electricidad es una forma de la energía como el trabajo mecánico o energía mecánica, el calor o energía calorífica. Estas varias manifestaciones de la energía se transforman unas en otras en la práctica : la fuerza mecánica de un salto de agua se transforma en energía eléctrica haciendo girar una dinamo; la energía eléctrica se transforma en calor y luz en los focos y hornos eléctricos, o bien en trabajo en el motor que acciona una bomba, una herramienta mecánica.*



**207. Buenos y malos conductores.** — Una varita de metal que se mantiene en la mano y se frota no atrae los cuerpos ligeros, mas no por eso deja de electrizarse, sólo que la electricidad se esparce en toda la masa del metal, en la mano, y por el cuerpo humano en el suelo : los metales, el cuerpo humano, el suelo son **buenos conductores** de la electricidad. El vidrio, la resina, el ámbar son **malos conductores** porque la electricidad producida en la parte frotada no se propaga a las demás partes. Los cuerpos malos conductores de la electricidad se llaman **cuerpos aisladores**.

Si la varita metálica se fija en la extremidad de otra de vidrio o de resina, podremos atraer los cuerpos ligeros con el metal frotado, porque la electricidad producida no pasará por el aislador y no irá a perderse en el suelo.

**208. — Diferentes estados de la electricidad.** — Hay una sola y única electricidad, mas para explicar mejor los efectos prácticos de la misma, se admite que la energía eléctrica se manifiesta, ora en **estado positivo**, ora en **estado negativo**. El mismo cuerpo se electriza positiva o negativamente según la sustancia con que se frota. El vidrio frotado con paño, lana, franela se carga de electricidad positiva; frotado con piel de gato, dará electricidad negativa. El cuerpo que sirve para frotar se carga de la electricidad contraria. La resina frotada con piel de gato, lana o paño se carga de electricidad negativa; frotando un disco de resina con otro de cobre, se obtiene electricidad positiva en la resina y negativa en el metal.

Los dos estados de la electricidad o las dos electricidades, como suele decirse, se combinan, se neutralizan, de la misma manera que dos cuerpos uno frío y el otro caliente se ponen en equilibrio de temperatura cuando están en contacto, y como un liquido se pone en el mismo nivel en dos vasos comunicantes.

Se admite que la electricidad existe esparcida en la superficie de todos los cuerpos en **estado neutro** e inactivo : se la llama **electricidad estática**. Cada vez que se manifieste alguna energía eléctrica, será siempre en una de las dos formas, positiva o negativa.

Un cuerpo conductor aislado, que se electriza, no conserva siempre su electricidad; al cabo de algún tiempo, vuelve a su

estado natural. El flúido eléctrico tiende a escaparse de los cuerpos electrizados : esa tendencia se llama **tensión eléctrica**.

### 209. Atracciones y repulsiones eléctricas.

— La fuerza de repulsión y de atracción eléctrica se pone de manifiesto por medio del péndulo eléctrico. aparato formado de una bolita de médula de saúco que mediante una hebra de seda cuelga de una varita de vidrio encorvada en su parte superior. La bolita

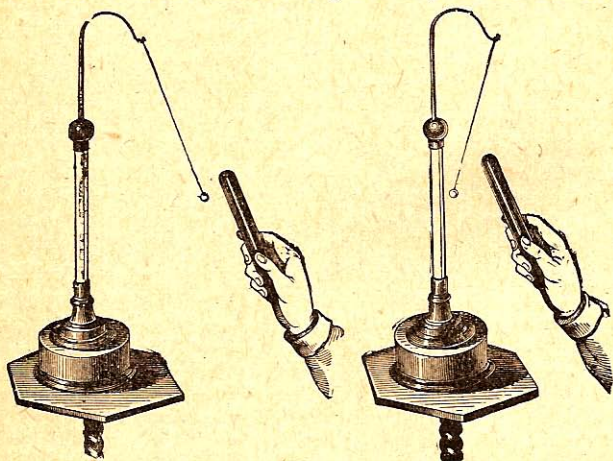


Fig. 178. — Péndulo eléctrico. — Atracciones y repulsiones.

queda así aislada, porque el vidrio y la seda son malos conductores de la electricidad.

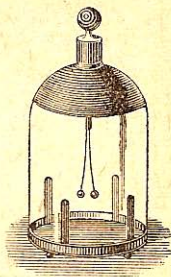
Si al péndulo eléctrico se aproxima una varita de resina electrizada negativamente, la bola está atraída y viene a tocar la resina, pero inmediatamente se aleja. Al tocar el cuerpo electrizado la bola se cargó de la misma electricidad : luego *las electricidades de mismo nombre se repelen*.

Si al péndulo cargado de la electricidad negativa de la resina se aproxima una varita de vidrio electrizado



positivamente, veremos que la bola se acerca : luego *las electricidades de nombre contrario se atraen.*

**210. Electroscopio de panes de oro.** — Este aparato sirve para conocer si un cuerpo está electrizado y también para determinar de qué clase de electricidad esté cargado. El electroscopio consta de una varita metálica que en su parte superior remata en una bola, y cuya extremidad inferior lleva dos hojitas de oro (o de oropel, de aluminio...); como son frágiles las hojas, la parte inferior del aparato se mete en algún frasco o campana de vidrio.



Quando se aproxima a la bola un cuerpo electrizado, las dos hojitas se cargan de la misma electricidad y se rechazan. Vuelven a su estado primitivo cuando se toca la bola con el dedo. Si al aparato cargado de electricidad positiva v. g., se aproxima un cuerpo electrizado negativamente, las dos hojas se acercan inmediatamente; se alejan más si el cuerpo está cargado de electricidad positiva.

**211. Electrificación por influencia.** — Cuando a un cuerpo en estado neutro se aproxima otro cargado de electricidad, se producen en el primero unas manifestaciones de la electricidad; decimos que se electrizó por influencia o inducción. El cuerpo primitivamente electrizado es el **inductor**, el otro el **inducido**. Esto se explica por la atracción de las electricidades de nombre contrario. Supongamos que el inductor esté cargado de electricidad positiva; ésta descompone la neutra del inducido, atrayendo la electricidad negativa, y la positiva se manifiesta en la extremidad opuesta.

**212. Propiedad de las puntas.** — La electricidad se esparce en la superficie exterior de los cuerpos y se escapa por las puntas, de la misma manera que el líquido de un vaso sale por un agujerito practicado en la pared del mismo. Se comprueba



esta propiedad de las puntas aproximando una vela

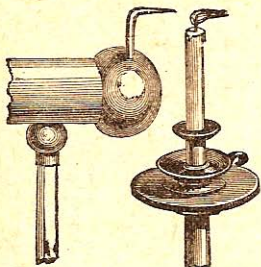


Fig. 180. — Acción de las puntas.

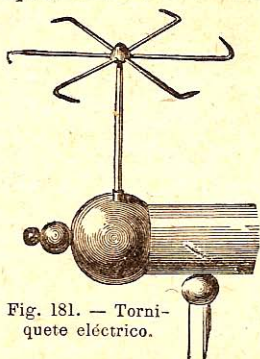


Fig. 181. — Torniquete eléctrico.

encendida a una punta fijada en alguna máquina eléctrica en actividad; se ve la llama encorvarse como si alguno la soplara; además con la misma mano se puede sentir este viento eléctrico que sale de la punta.

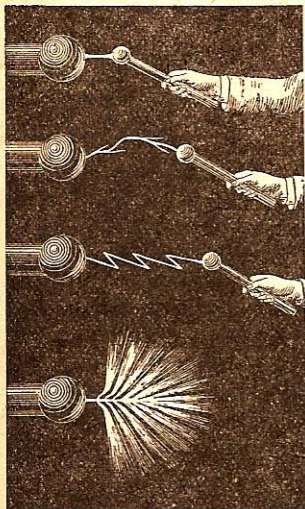


Fig. 182. — Diferentes formas de la chispa eléctrica

El torniquete eléctrico análogo al torniquete hidráulico sirve también para demostrar la salida de la electricidad por las puntas.

Esta propiedad de las puntas tiene aplicación importante en el pararrayo (véase nº 216) y en la construcción de las máquinas eléctricas.

**213. Chispa eléctrica.** — La atracción eléctrica aumenta a medida

que disminuye la distancia. Si el cuerpo inducido es muy ligero se acerca al inductor, como sucede en caso del aserrín, del papel, de la médula. Si el inducido no puede moverse, la tensión eléctrica va aumentando y llega a vencer la resistencia del aire. Se combinan las dos electricidades produciendo un ruido seco característico y una línea de fuego que es la **chispa eléctrica**.

La chispa eléctrica varía de formas : puede ser *rectilínea, quebrada, ramificada*, según la distancia que separa los cuerpos. Al saltar la chispa, el inductor y el inducido pasan al estado neutro : decimos que ya no están cargados. La energía eléctrica se ha transformado en calor, en luz y en ruido.

El **efluvio eléctrico** es una descarga lenta entre dos cuerpos electrizados : se ve en la oscuridad en forma de haces o de penachos de luz morada.

## §. II. — Electricidad atmosférica.

**214.** — Los relámpagos son chispas gigantescas que se forman entre dos nubes cargadas de electricidad diferente, o entre una nube y la tierra : en este último caso, se llaman rayos. El relámpago puede alcanzar la longitud de 15 a 20 km. y tomar formas muy variadas : relámpago en *zigzag, esférico* o globos de fuego ; relámpago *difuso* que no tiene forma distinta. Los llamados vulgarmente *relámpagos de calor* son unos resplandores producidos por la reflexión de la luz de algún relámpago muy remoto.

El **trueno** es el ruido que produce la descarga, y como ésta se verifica en varios puntos distantes unos de otros, el sonido llega sucesivamente a nuestro oído, produciendo este fragor característico que también puede repetirse, a manera de eco, al chocar con los montes u otros obstáculos, como las nubes...



**215.** — Cuando el relámpago se produce entre una nube y la tierra, suele decirse que *cae el rayo*. El rayo puede torcer, quebrar, despedazar los cuerpos heridos, malos conductores de la electricidad; fundir y hasta volatilizar los alambres y piezas metálicas; incendiar las materias combustibles, combinar los elementos del aire y formar el ozono, el nitrato de amonio... El rayo produce en el cuerpo del hombre y de los animales contracciones musculares, parálisis, muerte instantánea, a veces, sin que permanezca rasgo alguno de herida.

El rayo hiere lo más a menudo los puntos más elevados: árboles, chimeneas, campanarios; es pues sumamente imprudente resguardarse debajo de algún árbol en tiempo de tempestad.

A menudo las nubes cargadas de electricidad se neutralizan por medio de descargas lentas de una a otra, o de una nube a la tierra, produciendo fenómenos luminosos como las *auroras boreales*, los *fuegos de San Telmo* que se observan en la punta de los mástiles de los buques, etc...

**216. Pararrayo.** — Para proteger los edificios contra los efectos del rayo, se utiliza el pararrayo de *Franklin*, que es una aplicación de la propiedad de las puntas. El pararrayo es una barra de fierro o de cobre de unos diez metros de largo, 5 o 6 centímetros de diámetro, puesta en comunicación con el suelo por medio de un cable metálico que va a hundirse en algún pozo.

La parte superior remata en una o varias puntas de cobre dorado o de platino.

Cuando una nube electrizada pasa por encima del pararrayo, la electricidad del mismo nombre que la de la nube está rechazada en el suelo; la otra se escapa por la punta y neutraliza la de la nube. Si la cantidad de electricidad que fluye de esta manera por las puntas no alcanza a neutralizar la de la nube, salta la chispa entre el pararrayo y la nube, pero la descarga siguiendo por el cable conductor, va a perderse en el suelo, y queda ileso el edificio.

**217. Pararrayo de Melsens.** — Este pararrayo consta de una especie de red de alambres de fierro gal-



vanizado que envuelve el edificio: los alambres comu-

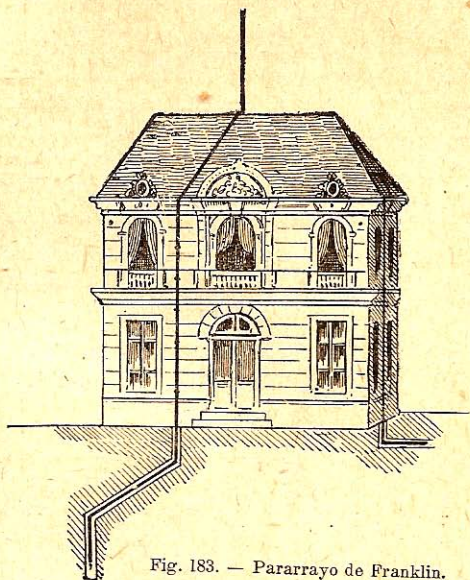


Fig. 183. — Pararrayo de Franklin.

nican con unos haces de puntas metálicas de poca

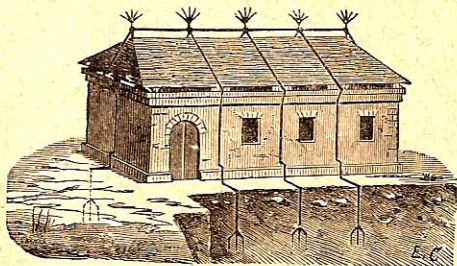


Fig. 184. — Pararrayo de Melsens.

longitud que se fijan en la parte más alta del tejado,

### §. III. — Máquinas eléctricas.

**218.** — Una máquina eléctrica es un aparato por medio del cual se produce la electricidad por frotamiento o por influencia. Las máquinas de frotamiento para la producción de la electricidad ya no tienen casi ninguna importancia : son meros aparatos de demostración. Entre todas pueden indicarse el *electróforo*, la máquina de *Ramsden* y la máquina de *Wimshurst*.

**219: Electróforo.** — El electróforo es la más sencilla de las máquinas eléctricas. Consta de un disco de resina o de ebonita, que se electriza por frotamiento, y de otro disco metálico que se mantiene por medio de una varita de vidrio o de otro cuerpo aislador. El disco de resina frotado con un pedazo de franela, o una piel de gato, se electriza negativamente; el disco metálico en su contacto se electriza por influencia : el fluido positivo, atraído por el negativo,

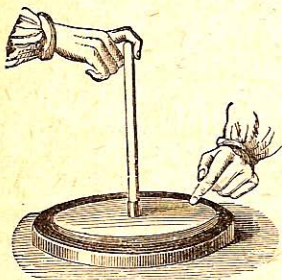


Fig. 185. — Electróforo.

de la resina, pasa a la cara inferior del disco metálico, y el negativo rechazado se esparce en la superficie superior. Se toca con el dedo la cara superior del platillo metálico : el fluido negativo de éste pasa por el cuerpo al suelo, y el disco queda cargado de fluido positivo que se esparce en ambas caras cuando se alza el platillo así electrizado.

Se puede sacar una chispa aproximando el dedo o cualquier cuerpo. El electróforo se usa a veces en los laboratorios de química para provocar por medio de la chispa la combinación de los gases, como la del oxígeno con el hidrógeno.



**220. Máquina de Ramsden.** — La antigua máquina de Ramsden produce electricidad por el frotamiento de un disco de vidrio que gira entre unos cojines de cuero rellenos de crines. Dos tubos de latón

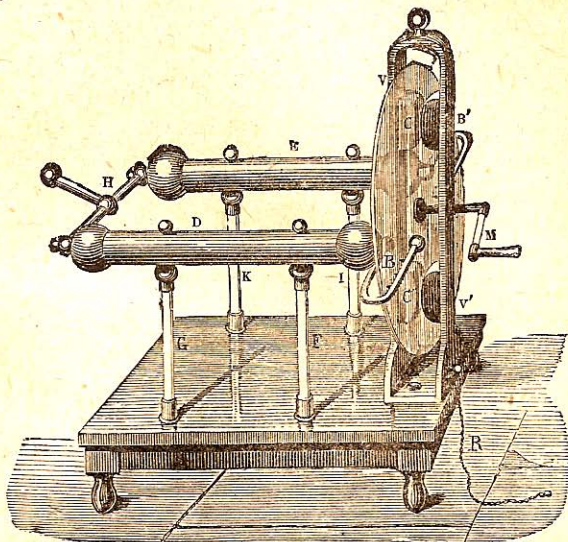


Fig. 186. — Máquina eléctrica de Ramsden.

en forma de herradura y armados de puntas dirigidas hacia el disco (peines) favorecen la acumulación de la electricidad positiva en los colectores cilíndricos de latón.

**221. Máquina de Wimshurst.** — La máquina de Wimshurst es la más empleada actualmente. Se compone de dos discos de ebonita, o mejor de vidrio, que pueden girar en sentido inverso uno del otro. Enfrente de las caras exteriores de los discos están colocados dos conductores cruzados y que terminan en sus extremidades por unas escobitas o pinceles



metálicos que frotan ligeramente los discos. Dos peines metálicos colectores abrazan los discos y comunican con dos arcos móviles, que rematan en una bola y constituyen los polos de la máquina. Cuando la

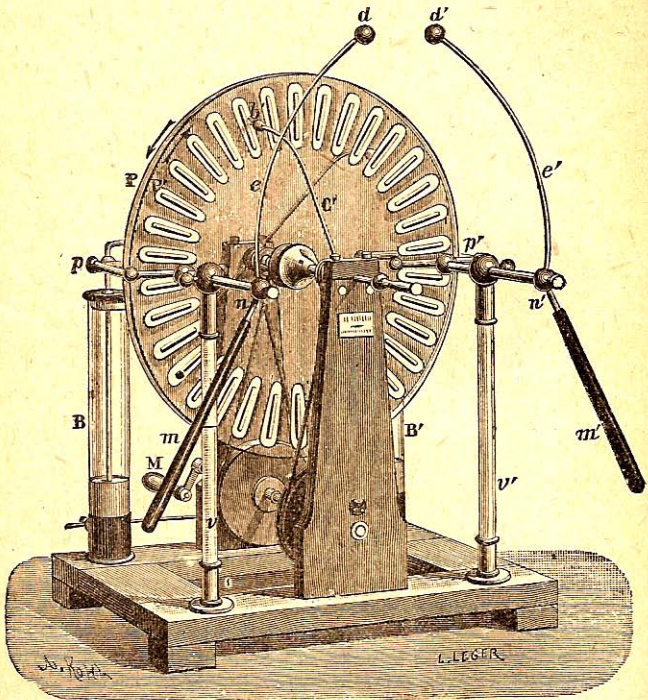


Fig. 187. — Máquina eléctrica de Wimshurst.

máquina está cargada, se sacan las chispas aproximando las bolas. Algunas máquinas de Wimshurst tienen varios pares de discos.

Con estas máquinas pueden hacerse en el gabinete varios experimentos : producción de chispas, efluvio, inflamación de alguna materia combustible.

**222. Condensadores eléctricos.** — Un condensador eléctrico se compone de dos masas de cuer-

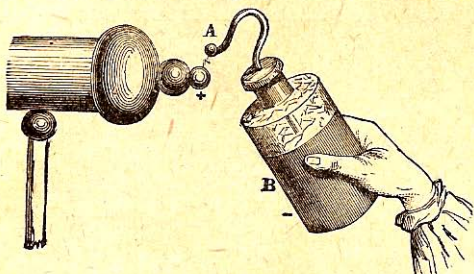


Fig. 188. — Botella de Leyden.

pos buenos conductores de la electricidad (*armaduras*) separadas por una lámina aisladora de vidrio.

El más común de estos condensadores es la **botella de Leyden**. En la parte exterior de una botella de

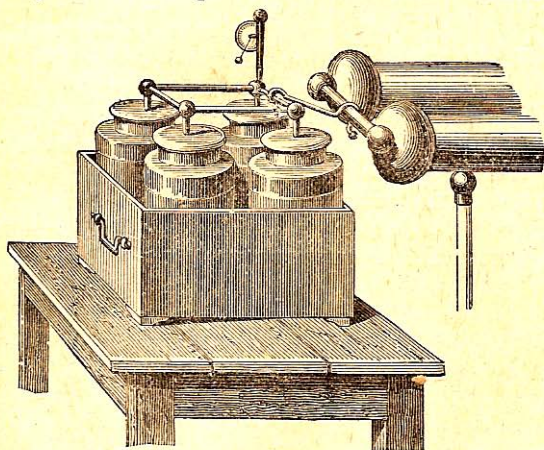


Fig. 189. — Batería

vidrio se pega una hoja de estaño hasta los  $3/4$  de la altura (*armadura externa*). La *armadura interna* está



formada de hojas de oropel o de estaño y de una varita de cobre metida entre ellas. La parte de la varita de cobre que sale de la botella está encorvada y termina por una bola.

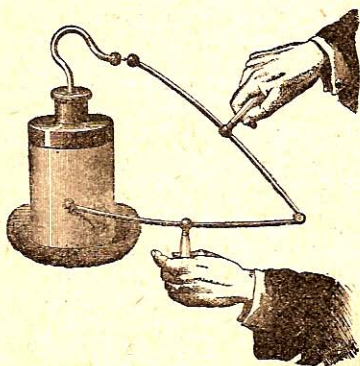


Fig. 190. — Descarga con el excitador.

Para cargar la botella, se la mantiene con la mano por la armadura exterior y se pone la varita de cobre en comunicación con una máquina eléctrica en actividad.

Si manteniendo siempre la botella con una mano se aproxima la otra a la bolita de la armadura interna, se siente una fuerte conmoción (toque).

Una batería consta de varias botellas de Leyden cuyas armaduras interiores comunican entre sí por medio de unas varillas metálicas y las armaduras exteriores por la lámina de metal que forra interiormente la caja en que se colocan las botellas.

Estas baterías pueden ser peligrosas; nunca se han de descargar con la mano, sino por medio del *excitador*, que es una vara metálica articulada y aislada.



## CAPÍTULO XVIII

### MAGNETISMO

**223. Imán.** — Llámase imán un cuerpo que tiene la propiedad de atraer ciertos metales como el *hierro*, el *níquel*, el *romo*, que por este motivo se llaman cuerpos magnéticos.

El imán natural, o *pedra imán*, es un óxido de fierro,  $\text{Fe}^3\text{O}^4$ ; los imanes artificiales son *barras de acero*, a las que se ha comunicado la propiedad de atraer los cuerpos magnéticos; las formas ordinarias son las de herradura o de prisma alargado.

**224. Imanación.** — Se imana una pieza de acero *frotándola* durante algunos momentos con una piedra



Fig. 191. — Polos del imán.

imán o con otro imán artificial, o por medio de la corriente eléctrica.

El hierro dulce puede imanarse a distancia por la *influencia* de otro imán o de la *corriente eléctrica*, pero pierde luego la imanación.

**225. Polos del imán.** — Cuando se introduce un imán en la limadura de hierro, se nota que ésta se acumula en dos puntos del imán: estos puntos son los polos y corresponden a las extremidades en los imanes

artificiales. Si se divide un imán, cada parte forma otro imán con sus dos polos.

La atracción del imán puede ejercerse a través de

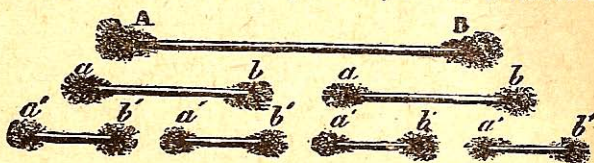


Fig. 192. — Cada parte se convertirá en un imán.

otros cuerpos : lámina de vidrio, hoja de papel... etc.

El campo magnético, o *campo inductor*, es la porción del espacio en que se producen los fenómenos de

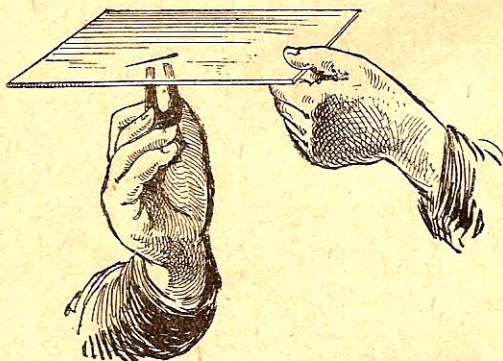


Fig. 193. — Atracción a través de una lámina de vidrio.

inducción; llámense *líneas de fuerza* el conjunto de direcciones en que estos fenómenos se manifiestan.

**226. Brújula.** — Los imanes pequeños que tienen la forma de una aguja o de una lámina delgada en forma de rombo muy alargado, constituyen las brújulas.

La brújula colocada en un eje vertical oscila rápida-



mente hasta tomar una dirección fija que es poco más o menos la dirección norte-sur; la aguja movida de

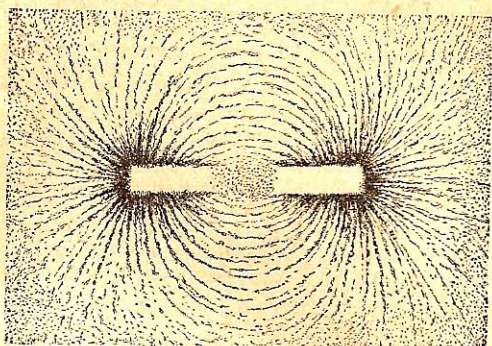


Fig. 194. — Campo magnético; líneas de fuerza.

su posición vuelve siempre a ocupar esta dirección que se llama meridiano magnético. A consecuencia de esto,

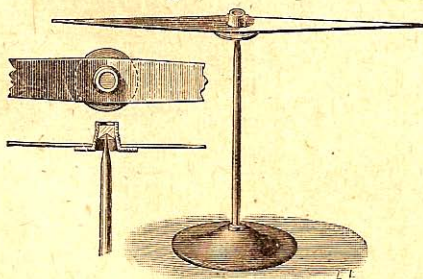


Fig. 195. — Brújula o aguja magnética.

os polos en los imanes se llaman *polo norte* o boreal y *polo sur* o austral.

**227.** Magnetismo terrestre. — Si colocamos dos brújulas a poca distancia una de otra, vemos que los polos boreales se rechazan, y también los polos australes, pero que los polos de



nombre contrario se atraen. De igual manera una brújula puesta a poca distancia encima o

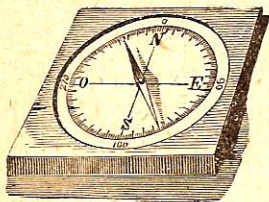


Fig. 196. — Brújula ordinaria.

debajo de una barra imanada se coloca de tal modo que los polos de nombre contrario se correspondan; la posición de la aguja depende únicamente de la del imán que se encuentra a proximidad de ella.

Por consiguiente, si una brújula colocada en cualquier lugar fuera de la influencia de otro imán se orienta siempre en la posición norte-sur, es porque la tierra es un verdadero imán, cuyos polos magnéticos corresponden casi con los polos geográficos. Se llama magnetismo terrestre a esta influencia de la tierra. *El magnetismo es una forma de la electricidad.*

**228. Usos de los imanes.** — La brújula se emplea en muchos aparatos, principalmente en los que se llevan a bordo para la dirección de los barcos (brújula marina o *compás de mar*); sirve también en las operaciones topográficas, en agrimensura y levantamiento de planos para indicar la orientación de los terrenos, etc.

Los imanes se utilizan también en la construcción de algunas máquinas de inducción llamadas *magneto-eléctricas*.

## CAPITULO XIX

### CORRIENTES ELÉCTRICAS

#### § I. — Nociones preliminares.

**229.** — Vimos que la electricidad es como una forma intermedia de la energía, ya sea para transportar a grandes distancias la fuerza motriz, como en los motores y tranvías eléctricos, ya para transformar la energía mecánica primero en energía eléctrica, y ésta a su vez en energía calorífica y en luz, como en el alumbrado eléctrico.

Mas no puede utilizarse como fuerza motriz, ni para el alumbrado, la electricidad atmosférica, ni la que producen las máquinas de Ramsden y de Wimshurt, porque sus efectos son demasiado violentos y duran muy poco tiempo.

Para que se pueda utilizar la fuerza eléctrica, es preciso que sus efectos sean duraderos y puedan regularizarse, conforme lo exijan los resultados que se quiere obtener.

Esto se consigue mediante las corrientes eléctricas.

**230.** — Para producir y utilizar una corriente, tres cosas son indispensables :

1° Un generador, o aparato que produzca cierta cantidad de electricidad, como una fuente da cierta cantidad de agua durante todo el tiempo que la llave queda abierta.

2° Un receptor, que reciba la electricidad a medida



que se produce, y la transforme en calor, luz o fuerza motriz.

3º Dos alambres, que conduzcan la electricidad del generador al receptor.

## § II. — Generadores de la energía eléctrica.

**231.** — Unos generadores emplean la energía química : *pilas, acumuladores*; otros la energía mecánica : *dinamos*. En ambos casos la electricidad tiene las mismas propiedades y la misma naturaleza.

**232. Pilas.** — La pila es el más sencillo generador de energía eléctrica. Toda pila consta esencialmente de un metal (*el zinc*), que se disuelve en un líquido, tal como el *ácido sulfúrico* o el *cloruro de amonio*. La energía química que acompaña la reacción del metal sobre el líquido se transforma en energía eléctrica.

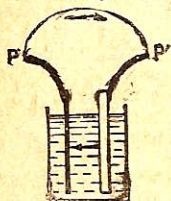


Fig. 197. — Pila eléctrica (figura teórica).

La pila más sencilla consta de dos láminas metálicas (**electrodos**), una de zinc, y otra de cobre, metidas en agua acidulada por 1/10 de ácido sulfúrico.

Cuando se reúnen las dos láminas por medio de un alambre metálico, una corriente eléctrica se establece desde el cobre (*polo positivo* o **ánodo**) hasta el zinc (*polo negativo* o **cátodo**), en el circuito exterior.

En el interior del líquido la corriente va del zinc al cobre, de suerte que cuando están unidas las dos láminas por medio del alambre, la corriente eléctrica recorre un circuito cerrado.

La placa negativa se conoce porque el ácido la ataca; se forman alrededor de ella burbujas gaseosas de hidrógeno. Para que sea más lenta la disolución del metal no se emplea el zinc ordinario del comercio, sino



el *zinc amalgamado*, es decir cubierto de una capa delgada de mercurio.

**233. Polarización de las pilas.** — En una pila de esta clase, la corriente va debilitándose poco a poco, y pronto se acaba: el hidrógeno que se forma en la reacción es arrastrado por la corriente hasta el electrodo de cobre y lo aísla completamente del líquido que lo rodea. Se dice que la pila está **polarizada** y se da al fenómeno el nombre de **polarización**.

Para impedir la polarización de las pilas y obtener una corriente constante, se emplea alguna substancia que absorbe el hidrógeno a medida que se va formando. Los compuestos así empleados se llaman **despolarizantes**: tales son *el sulfato de cobre, el ácido nítrico, los bicromatos, el bióxido de manganeso*. En algunas pilas se echa el despolarizante en un vaso central y poroso; en otras se mezcla con el mismo líquido productor de la reacción química (*líquido excitador*).

**234.** — La pila de **Daniell** se compone de un vaso de vidrio que contiene agua mezclada con una décima parte de ácido sulfúrico, en la cual se mete una lámina cilíndrica de zinc (electrodo negativo). El líquido despolarizante es una disolución saturada de sulfato de cobre que se echa en un vaso poroso central; en este líquido entra un cilindro de cobre (electrodo positivo). Esta pila, y algunas otras que no son sino modificaciones de la misma, se emplean a menudo en los telégrafos y teléfonos.

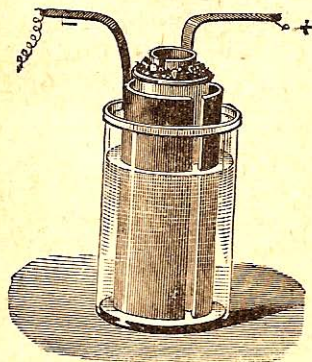


Fig. 198. — Pila de Daniell.

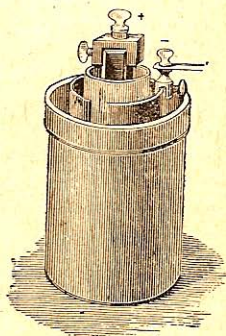


Fig. 199. — Pila de Bunsen.

**235.** — En la pila de **Bunsen**, el vaso central contiene ácido nítrico (despolarizante) y un prisma de carbón (electrodo posi-

tivo); el vaso exterior contiene agua acidulada con ácido sulfúrico y una lámina de zinc que forma el electrodo negativo.

**236.** — En las pilas de bicromato los dos líquidos están mezclados en un mismo vaso: agua acidulada con ácido sulfúrico, y una disolución de bicromato de potasio o de sodio (despolarizante). El electrodo negativo es una lámina de zinc que se entra en el líquido en el momento de emplear la pila; el electrodo positivo está formado por dos placas de carbón unidas por una lámina de cobre. Esta pila, de manejo muy fácil, y que no despidе mal olor ni vapores ácidos, se emplea en los experimentos de laboratorio.

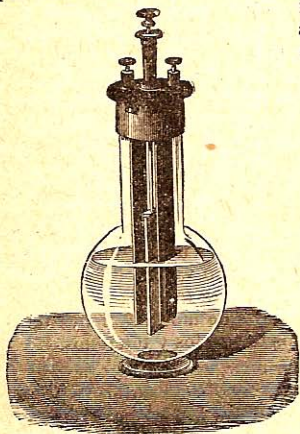


Fig. 200. — Pila de bicromato.

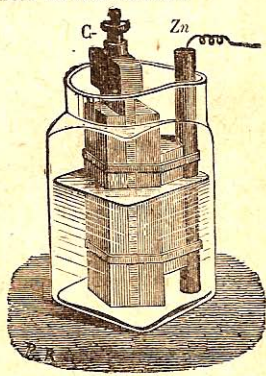


Fig. 201. — Pila de Leclanché con aglomerados de carbón.

**237.** — En la pila de Leclanché, el polo negativo es una varita de zinc metida en una disolución de cloruro de amonio (sal de amoniaco); el polo positivo es un prisma o una placa de carbón, colocada dentro de un vaso central poroso que contiene bióxido de manganeso, el cual sirve de despolarizante. Esta pila queda en actividad por un tiempo considerable y se emplea para los timbres eléctricos, los telégrafos.

En algunos modelos se reemplaza el vaso poroso por dos prismas de un aglomerado de carbón y bióxido de manganeso, entre las cuales está la placa de carbón.

**238.** — También se fabrican unas pilas llamadas pilas secas; éstas son pilas del género Leclanché en que la disolución salina



se reemplaza por una materia porosa empapada en el líquido excitador (aserrín, turba....).

**239. — Reunión de los elementos o pares en las pilas. —** Una sola pila o *elemento* no basta en las aplicaciones ordinarias: se agrupan o asocian varios elementos iguales para formar una *batería*.

Esta asociación puede hacerse ya *en serie* o *tensión*, ya *en batería* o *cantidad*.

**1º en serie, o tensión.** El polo negativo (zinc) de la primera pila se une con el polo positivo (carbón o cobre) de la segunda; el negativo de la 2ª con el positivo de la 3ª, etc...; la cadena termina de un lado por el positivo (carbón o cobre) de la primera, y del otro por el negativo (zinc) de la última.



Fig. 202. — Reunión de los elementos en serie.

**2º en batería, o cantidad.** Se unen todos los positivos entre sí por una parte, y todos los negativos entre sí, de la otra.

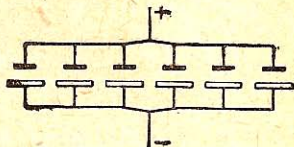


Fig. 203. — Reunión de los elementos en cantidad.

La asociación en serie se emplea en los telégrafos, teléfonos y timbres eléctricos. La energía eléctrica producida en las pilas sale muy cara; el empleo de estos aparatos queda pues reducido a la producción de corrientes débiles y de corta duración.

**240. Acumuladores. —** Un acumulador eléctrico se compone de dos láminas de plomo de superficie considerable, metidas en agua acidulada con ácido sulfúrico y separadas por unas cuñas de materia aisladora.

Para *cargar* el acumulador, se pone cada lámina en comunicación con uno de los polos de una batería de pilas, o más a menudo, con una *dinamo* de corriente continua. La corriente descompone el agua: la lámina de plomo del polo positivo se combina con el oxígeno y se cubre de una capa de óxido de plomo; la del polo negativo se cubre de hidrógeno. Cuando los gases se



desprenden en abundancia alrededor de las láminas, se corta la corriente: el aparato está cargado.

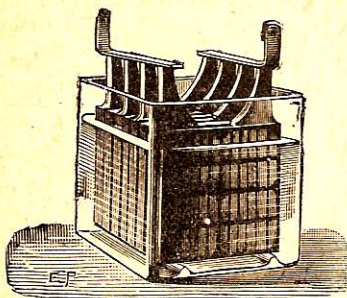


Fig. 204. — Acumulador eléctrico.

Reuniendo los dos polos del acumulador, se obtiene una corriente eléctrica de dirección inversa de la primera, durante la cual el hidrógeno reduce el óxido de plomo formado en tiempo de la carga (es decir le quita su oxígeno para formar agua); entonces queda el aparato preparado para recibir otra carga. Se forman baterías de acumuladores como de pilas.

**241. Usos de los acumuladores.** — Un buen acumulador debe pesar relativamente poco, para poder transportarse fácilmente, almacenar mucha electricidad en poco volumen de materia, conservarse cargado largo tiempo cuando no está en uso, regenerar la mayor parte de la energía almacenada, etc. No es muy fácil reunir a la vez todas estas condiciones.

A pesar de sus inconvenientes, los acumuladores prestan servicios muy apreciables. Los acumuladores sirven para la tracción en algunos tranvías y automóviles, para el alumbrado de los trenes de ferrocarril, para accionar las hélices de los submarinos y de algunas canoas de recreo.

Se utilizan para aprovechar las fuerzas intermitentes, como la de los molinos de viento, los motores hidráulicos, los motores de vapor; cuando estos motores no se emplean directamente para su trabajo ordinario, cargan poco a poco los acumuladores que durante la noche sirven para el alumbrado. En las

estaciones eléctricas se emplean también para asegurar el servicio en caso de algún accidente en los motores, o de insuficiencia de la corriente producida por las máquinas. Los acumuladores sirven en la industria menor para la galvanoplastia, en los laboratorios para varias reacciones y preparaciones.

### § III. — Electroimán y telegrafía eléctrica.

**242.** — *Un electroimán es un imán artificial que se obtiene por la acción de la corriente eléctrica sobre una barra de hierro dulce (hierro puro).* Para obtener un electroimán se enrolla alrededor de la barra de hierro y siempre en el mismo sentido un alambre de cobre cubierto de seda para aislarlo. Se ponen las dos extremidades del alambre en comunicación con una pila u otro generador de electricidad; cuando pasa la corriente el fierro adquiere las propiedades del imán.

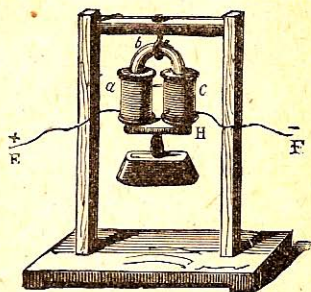


Fig. 205. — Electroimán.

Cuando se corta la corriente desaparece la imanación. Si en lugar de hierro dulce se emplea acero, la barra queda imanada después del paso de la corriente; esta propiedad se utiliza para producir los imanes artificiales.

Los electroimanes que se emplean en la práctica son de hierro dulce; ora tienen la forma de una barra cilíndrica, ora la de una herradura; en éstos no se enrolla con alambre la parte encorvada. La potencia de un electroimán depende de la sección de la barra de hierro, y del número de espirales del carrete y de la intensidad de la corriente.



El electroimán presta importantes servicios en los telégrafos, los timbres eléctricos, los relojes eléctricos, las grúas eléctricas, etc.

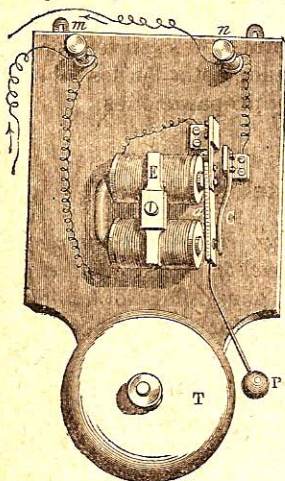


Fig. 206. — Timbre eléctrico.

**243. Timbre eléctrico.** — Un timbre eléctrico consta de un electroimán en forma de herradura; frente a los polos del imán y a poca distancia, está una pieza de hierro dulce fijada en una lámina flexible de acero; esta pieza lleva en su extremidad un martillo que puede golpear un timbre, o una campanilla, fijada en frente.

Las extremidades del alambre del electroimán están fijadas una con el tornillo en comunicación con el polo positivo de una pila, la otra en la extremidad de la lámina flexible. El polo negativo de la pila comunica con un tornillo cuya punta está en contacto con

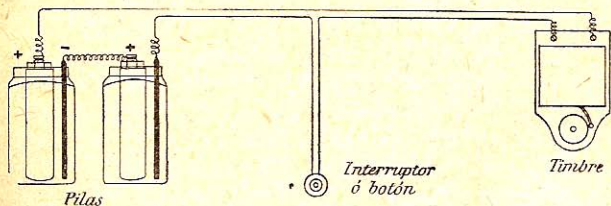


Fig. 207. — Instalación de un timbre eléctrico.

la lámina flexible en su estado de reposo. Cuando pasa la corriente el electroimán atrae la pieza de hierro dulce y el martillo hiede la campanilla; pero en este

momento la lámina flexible se aleja del tornillo y la corriente cesa; la pieza de fierro vuelve atrás. La corriente pasa de nuevo y se reproduce el fenómeno. Un interruptor o botón colocado en uno de los alambres en comunicación con la pila establece el paso de la corriente cuando uno quiere tocar la campanilla. En el interruptor hay dos láminas elásticas de metal que se tocan sólo cuando se apoya en el botón.

**244. Telegrafía eléctrica.** — *El telégrafo es un aparato que sirve a la transmisión de la escritura a distancia por medio de unos signos convenidos.*

Un telégrafo eléctrico comprende esencialmente :

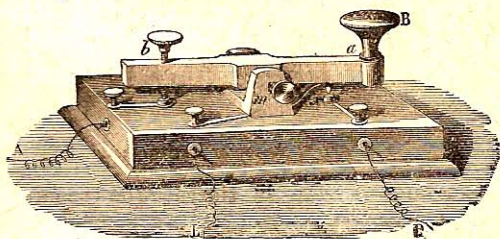


Fig. 208. — Manipulador de Morse.

una pila que engendra la corriente, un alambre que la transmite a distancia, un **manipulador** que produce el paso o la interrupción de la corriente, y un **receptor** que inscribe los signos que constituyen el telegrama.

Uno de los más conocidos es el telégrafo de Morse.

**245. Telégrafo de Morse.** — El *manipulador* de Morse es una palanca que por un movimiento más o menos rápido establece o interrumpe la comunicación de uno de los polos de la pila con el alambre de la línea; el otro polo comunica con la tierra.

El *receptor* comprende un electroimán que recibe



la corriente de la línea; a la salida del electroimán el

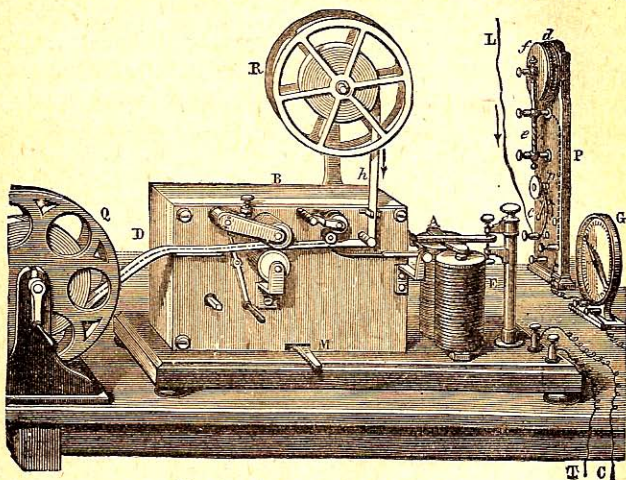


Fig. 209. — Receptor de Morse.

alambre comunica con la tierra, que reemplaza el

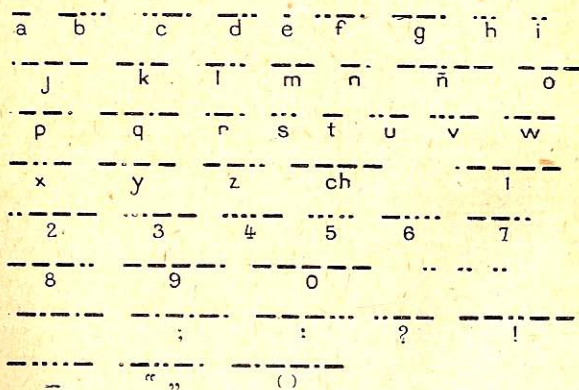


Fig. 210. — Alfabeto de Morse.

alambre de vuelta para cerrar el circuito.

Quando pasa la corriente el electroimán atrae una pieza de hierro fijada en una palanquita cuya extremidad inscribe en una tira de papel unos puntos o

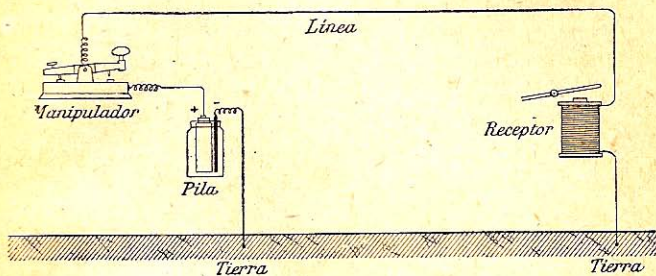


Fig. 211. — Telégrafo de Morse (aparato simple. — figura teórica).

unas rayitas según sea corto o largo el tiempo de contacto, es decir el tiempo que dura el paso de la corriente.

En el alfabeto de Morse cada letra se representa por una combinación de puntos y rayitas.

#### 246. — Otros aparatos más perfeccionados y más

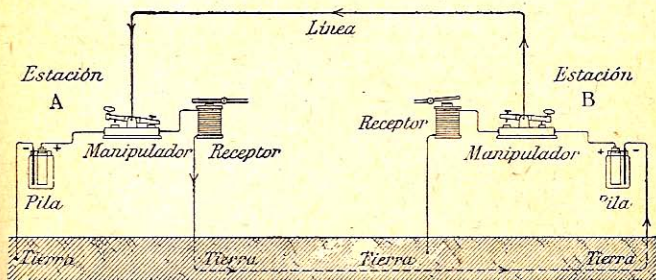


Fig. 212. — Telégrafo de Morse. (aparato doble. — figura teórica).

complicados que el de Morse imprimen el telegrama con caracteres ordinarios y pueden transmitir varios



telegramas a un tiempo; tales son los telégrafos de Hughes, de Baudot, de Pollak-Virag.

Las comunicaciones telegráficas entre dos conti-

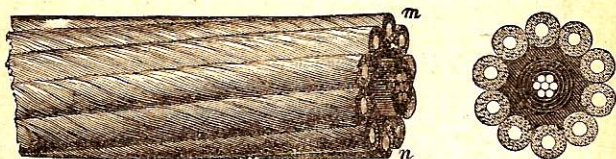


Fig. 213. — Cable.

nentes separados por los mares, se hacen por medio de los cables submarinos, y de aparatos especiales para la inscripción de los signos.

#### § IV. — Acción de la corriente eléctrica sobre la brújula.

**247. Galvanómetro.** — Si una corriente eléctrica circula en un alambre colocado cerca de una brújula, vemos ésta desviarse de su posición, y ponerse poco más o menos en cruz con la dirección del alambre.

En esta influencia de la corriente eléctrica sobre la brújula estriba la construcción de los *galvanómetros*, aparatos que sirven para conocer la presencia de alguna corriente de poca intensidad e indicar su dirección.

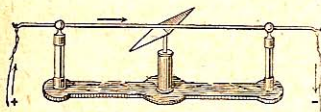


Fig. 214. — Acción de la corriente sobre la brújula.

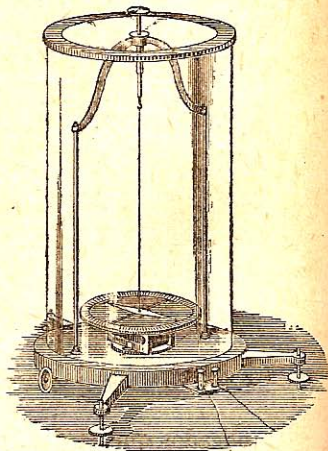


Fig. 215. — Galvanómetro.

## § V. — Inducción.

**248. Inducción por los imanes.** — Si en un carrete hueco que esté en comunicación con un galvanómetro, introducimos rápidamente una barra de acero imanada, se nota la formación de una corriente de corta duración, que desaparece luego que el imán está en reposo. Esta corriente que se produce en el carrete por la influencia del imán es una corriente **inducida**, y el imán es el **inductor**. Si retiramos rápidamente el imán del carrete, notamos la formación de una nueva corriente, pero de dirección contraria a la primera, y así cada vez que se aproxima

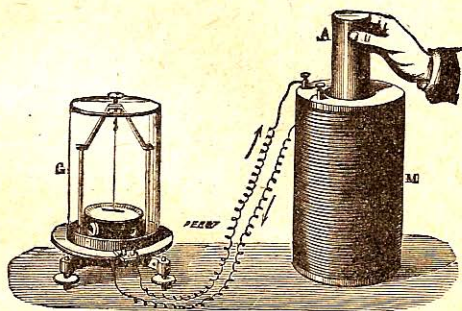


Fig. 216. — Inducción por un imán.

o se aleja el imán; las corrientes que así se obtienen se llaman **alternas**. Son más intensas si el imán es fuerte, más rápido su movimiento de aproximarse y alejarse, más largo y delgado el alambre del carrete.

Una máquina que recoge las corrientes inducidas producidas por la acción de un imán en el alambre de un carrete se llama **magnetoeléctrica**. Esta máquina consta esencialmente de un imán poderoso entre los polos del cual gira rápidamente un anillo, sobre el cual están enrollados unos alambres de cobre que forman varios carretes. Estas máquinas se emplean poco, porque las máquinas **dinamoeléctricas** producen corrientes más fuertes que las **magnetoeléctricas**.

**249. Inducción por las corrientes.** — Si en vez de emplear un imán como inductor, empleamos otro carrete en que circula



la corriente de una pila, o mejor todavía un electroimán, el

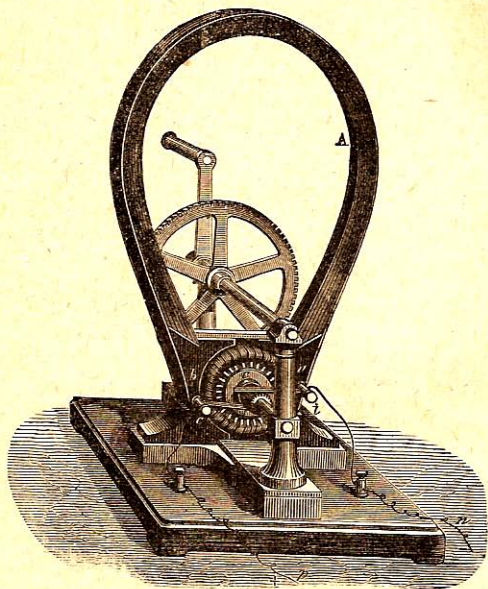


Fig. 217. — Máquina magnetoeléctrica.

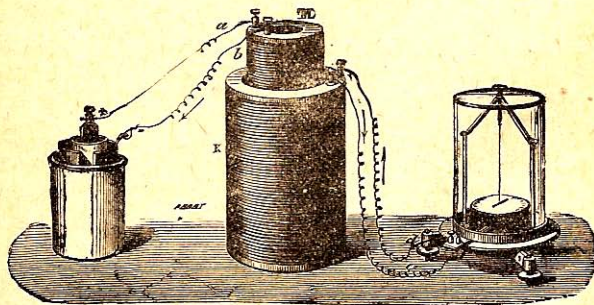


Fig. 218. — Inducción por la corriente.

galvanómetro indicará también el paso de una corriente en el

alambre del carrete hueco cada vez que se aproxime o se aleje el inductor.

Por un movimiento rápido del inducido o del inductor se obtendrán también corrientes alternas. El alambre del inductor debe ser grueso y corto y el del inducido muy largo y delgado.

Las máquinas que recogen las corrientes alternas producidas por la acción inductora de los electroimanes se llaman **dinamoeléctricas** o simplemente *dinamos*.

Mediante unos aparatos especiales se pueden transformar las corrientes alternas en corrientes continuas, en caso de ser necesaria esta transformación.

El inducido de las dinamos se pone en movimiento por medio de una turbina accionada por un salto de agua, o bien por alguna máquina de vapor.

La dinamo es el generador más empleado, y al mismo tiempo el único verdaderamente cómodo y barato.

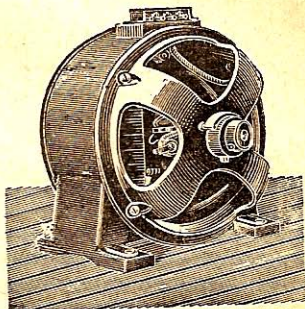


Fig. 219. — Máquina dinamoeléctrica.



## CAPÍTULO XX

### APLICACIONES DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

**250.** — Entre las múltiples aplicaciones de la corriente eléctrica, algunas se derivan de sus **efectos químicos** : *electrólisis, galvanoplastia, electrometalurgia*; otras utilizan sus **efectos caloríficos y luminosos** : *alumbrado eléctrico, calefacción eléctrica*. La transformación de la energía eléctrica en **trabajo mecánico** tiene aplicación en los *motores eléctricos*.

#### § I. — Efectos químicos de la corriente eléctrica.

**251. Electrólisis.** — Algunos cuerpos compuestos, como las disoluciones ácidas, los álcalis, las sales, dejan pasar la corriente eléctrica pero se descomponen en su contacto : se da el nombre de *electrólisis* a esta descomposición, y de *electrólitos* a los cuerpos así descompuestos.

Los productos de la descomposición aparecen en los electrodos que traen la corriente, y se llaman **iones**. El electrodo positivo o *ánodo* recibe el **anión**, y el electrodo negativo o *cátodo* el **catión**.

El **voltámetro** es un aparato que sirve para descomponer el agua por **electrólisis**; para que sea conductor el líquido, se le agregan unas gotas de ácido sulfúrico. El aparato consta de un vaso en el fondo del cual

entran dos alambres de platino que constituyen los polos de una pila. Cuando pasa la corriente, se recoge el hidrógeno en el cátodo (polo negativo) y oxígeno en el ánodo (polo positivo).

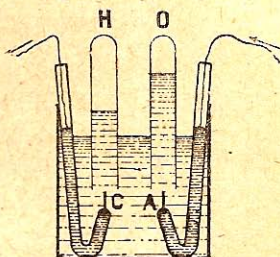


Fig. 220. — Voltámetro.

Si hacemos pasar la corriente en una disolución salina, v. g. de sulfato de cobre, el metal se deposita en el cátodo y los demás productos caminan hacia el ánodo. El cobre así obtenido se llama *cobre electrolítico*.

**252. Galvanoplastia.** — La galvanoplastia es una aplicación inmediata de la electrólisis.

La *galvanoplastia propia* trata principalmente de reproducir con cobre las medallas, las estatuas, y las planchas grabadas (*clisés*).

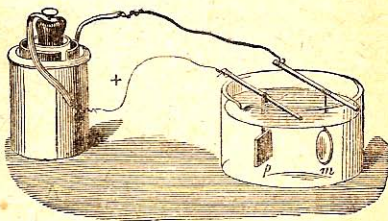


Fig. 221. — Aparato de galvanoplastia.

Se saca un molde de la pieza por medio de gutapercha ablandada en agua tibia. El molde se cubre de una capa delgada de plumbagina para que conduzca bien la corriente (eso se llama *metalizar* el molde); se lo rodea de un alambre de cobre, y se lo pone en la cuba de galvanoplastia, colgado de una varita metálica en comunicación con el polo negativo. Del polo positivo cuelga una lámina de cobre.

Cuando pasa la corriente el metal se deposita en el molde y reproduce el clisé con todos sus detalles. Cuando la capa de cobre tiene el grueso suficiente, se



la separa del molde, y se vacía en el hueco de la cara posterior una aleación metálica para darle resistencia.

**253. Electroquímica.** — La galvanización o *electroquímica* consiste en aplicar sobre un objeto metálico una capa delgada de otro metal más precioso o menos oxidable, por medio de la electrólisis de un compuesto de este segundo metal.

La galvanización comprende las operaciones del cobreado, del plateado, del dorado, del niquelado galyánico.

El objeto que se quiere galvanizar constituye el electrodo negativo o cátodo; el electrodo positivo (ánodo) está formado por una lámina o una barra del metal que se trata de aplicar. Los electrodos se meten en una cuba que contiene una de las siguientes disoluciones :

*Sulfato de cobre*, para el cobreado; *cianuro doble de potasio y plata*, para el plateado; *cianuro doble de potasio y oro*, para el dorado; *sulfato doble de níquel y amonio*, para el niquelado.

El objeto que se quiere galvanizar ha de estar perfectamente limpio. Las piezas que se niquelan se cubren previamente de una capa de cobre.

**254. Electrometalurgia.** — La electrometalurgia es la extracción de los metales por medio de las corrientes eléctricas. Por este método se obtiene el aluminio, la plata y otros metales, se refina el cobre, se fabrican tubos de cobre sin soldadura, etc....

Utilizando las reacciones secundarias de la electrólisis, se preparan muchos productos químicos : sosa, cloro, hipocloritos, clorato de potasio, colores, yodoformo, cloroformo, etc, etc....

§ II. — Efectos luminosos y caloríficos de la corriente eléctrica.

**235. Alumbrado eléctrico.** — El alumbrado eléctrico se obtiene por medio del arco voltaico, o por las lámparas de incandescencia.

**236. Arco voltaico.** — Se unen dos varitas de carbón con una corriente poderosa; estando en contacto las dos extremidades de los carbones pasa la corriente y las pone incandescentes; si en este estado se les separa algún tanto, se produce entre los dos carbones un arco luminoso, verdaderamente deslumbrador, que es el arco voltaico. Las varitas de carbón se colocan en un globo de vidrio deslustrado, y las lámparas que así se obtienen sirven para alumbrar las calles y plazas, estaciones de ferrocarril, talleres, almacenes... El arco voltaico se emplea también en los faros establecidos en las costas.



Fig. 222. — Arco voltaico.

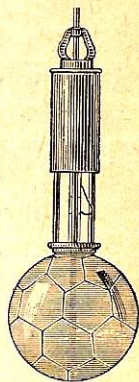


Fig. 223. — Lámpara de arco.

**237. Lámparas de incandescencia.** — Un alambre delgado que ofrece una gran resistencia al paso de la corriente eléctrica, se calienta hasta el rojo blanco transformando así en calor la energía eléctrica.

La lámpara de incandescencia consta de un alambre delgado de carbón o de metal fijado en una ampolla de vidrio en la cual se ha hecho el vacío para impedir la combustión. Unos alambres metálicos sirven para



mantener el carbón fijo en la ampolla y dar entrada a la corriente.

Otras lámparas de incandescencia utilizan filamentos

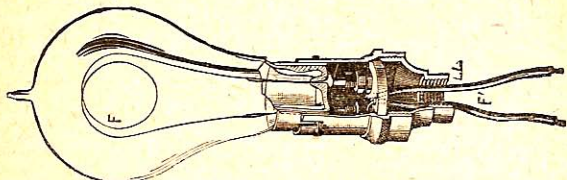


Fig. 224. — Lámpara de incandescencia.

o varillas de óxidos metálicos (magnesia, circona), y dan muy buenos resultados.

**238. Horno eléctrico.** — La corriente eléctrica

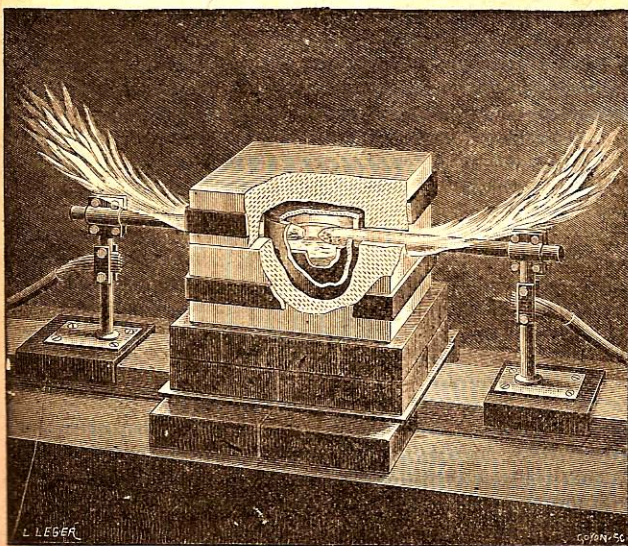


Fig. 225. — Horno eléctrico de Moissan.

mial smo tiempo que se transforma en luz produce

calor, y esta energía se utiliza en unos aparatos de calefacción eléctrica, y sobre todo en los hornos eléctricos.

El horno eléctrico consta de un arco voltaico muy poderoso encerrado en una cavidad de materia refractaria (cal, magnesia...).

La temperatura del arco es de unos 3600° C., la mayor que podemos producir.

En el horno eléctrico se funden y hasta se volatilizan los cuerpos más difíciles de derretir, se preparan el carburo de calcio, el carburo de silicio o carburo de silicio, el bronce de aluminio, el ferroaluminio, el ferromanganeso, aceros eléctricos, etc, etc... También se puede conseguir la reproducción artificial de las piedras preciosas, corindón, rubí, zafiro, y hasta la del mismo diamante.

### § III. — Motores eléctricos.

**259.** — Cuando se hace girar el anillo o el tambor de una dinamo, ésta produce una corriente; y recíprocamente gira el anillo o el tambor si se hace pasar por el inductor una corriente. Cuando entonces se reúnen los polos de dos dinamos y se hace girar el anillo de una de ellas, el de la otra gira también. Este fenómeno se llama reversibilidad de las dinamos. La primera transforma en corriente eléctrica una fuerza mecánica; la segunda transforma la corriente en trabajo mecánico. Llámanse *generadora* (o *generatriz*) la máquina que da la corriente, y *receptora* (o *receptriz*) o *electromotor* la que la recibe y produce a expensas de ella, un trabajo mecánico.

**260.** — Las dos dinamos pueden estar muy distantes una de otra; hay pues transporte de la energía a distancia.



Una misma dinamo generadora puede accionar varios motores; basta conectar unos alambres con el cable que trae la corriente de la dinamo, de la misma manera que se ramifican los tubos de una cañería para la distribución del agua.

La fuerza motriz que más se emplea en las máquinas generadoras es la de las caídas de agua (*hulla blanca*), y la fuerza eléctrica circula en los alambres hasta los centros industriales donde se utiliza.

**261.** — Son innumerables las aplicaciones del motor eléctrico: bombas, herramientas mecánicas de todas clases, tracción eléctrica, ventiladores, ascensores eléctricos, máquinas de imprenta, máquinas de coser, máquinas agrícolas, puentes volantes en los talleres de construcción, cabrestantes establecidos en los puertos....

**262. Tracción eléctrica.** — Si se pone un motor eléctrico en comunicación con las ruedas de un vehículo, éste echa luego a rodar; tal es el principio de la tracción eléctrica en los trenes y tranvías eléctricos.

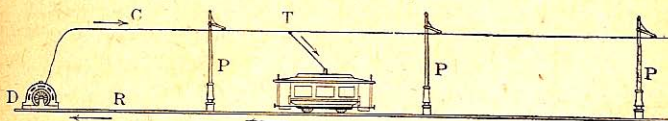


Fig. 226. — Tranvía eléctrico: D. dinamo; C. cable aéreo; T. trole; R, rieles. El cable está sostenido por los postes P P P, y aislado de ellos por aisladores de porcelana.

El más usual es el llamado **tranvía de trole**. La corriente producida en las máquinas de la fábrica circula en los alambres de cobre suspendidos a los postes establecidos a lo largo de la vía.

Encima del techo del coche está fijada una pértiga que en su extremidad lleva una roldana o polea (trole) mantenida constantemente en contacto con el alambre

por la fuerza de un resorte. La corriente sigue por la pértiga, pasa por el regulador del motorista, de ahí a los motores que transmiten el movimiento a las ruedas, y regresa al generador por los rieles.

Para que hubiera peligro en pisar los rieles del

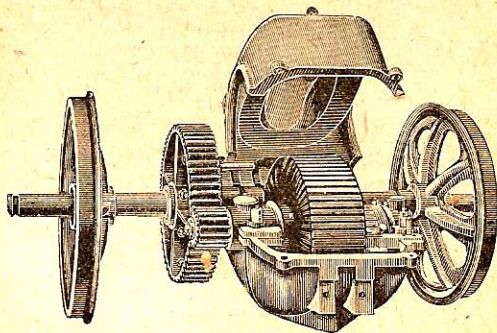


Fig. 227. — Motor de tranvía eléctrico (sistema Thomson-Houston)  
(se ve la caja abierta).

tranvía, sería preciso tocar al mismo tiempo el alambre de arriba.

Los tranvías eléctricos se han multiplicado rápidamente en estos últimos años y prestan por todas partes servicios inapreciables.

En los ferrocarriles eléctricos se reemplaza el trole por un tercer riel colocado a lo largo de la vía.

#### § IV. — Teléfono.

**263.** — *El teléfono es un aparato que sirve para transmitir la palabra a grandes distancias por medio de los fenómenos de inducción.*

**264.** — El teléfono de Bell comprende un transmisor y un receptor idénticos. Uno y otro constan de una lámina de hierro dulce muy delgada y muy flexible, colocada en una bocina delante de un carrete enrollado sobre una barra imanada. Los dos carretes están unidos por el alambre de la línea. Cuando habla uno



delante del transmisor, la lámina entra en vibración, se acerca

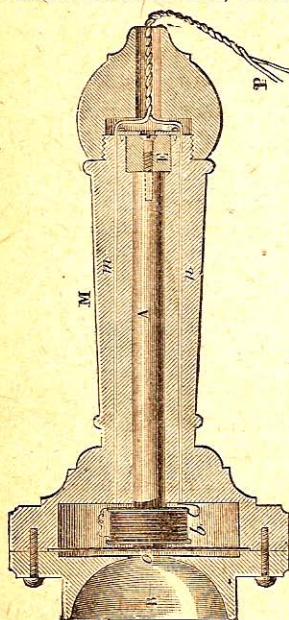


Fig. 228. — Teléfono de Bell.

que va del transmisor al receptor atraviesa estas varillas de carbón; a consecuencia de las vibraciones de la voz las varillas experimentan unos cambios de posición que hacen variar la intensidad de la corriente.

**266.** — Cada estación telefónica, comprende un *transmisor*, un *micrófono*, un *receptor*, una *pila* y un *timbre de llamada*.

En su estado de reposo el receptor cuelga de un soporte metálico que sirve para hacer pasar la corriente en el timbre de llamada. Luego que se descuelga el receptor, se alza el soporte por la fuerza de un resorte y la corriente deja de pasar en el timbre y circula en las demás partes del aparato.

al imán, vuelve a alejarse, modificando así su estado magnético y dando origen a unas corrientes inducidas que hacen vibrar al unisono la lámina del receptor. De esta manera las palabras se reproducen, y la persona que tiene el receptor aplicado al oído puede oírlas.

**265.** — Para grandes distancias el teléfono de Bell no puede utilizarse por ser muy débil la corriente que circula en el receptor. En el **teléfono ordinario** se emplea la corriente de una pila y se aumenta la intensidad del sonido por medio del **micrófono**.

El micrófono consta esencialmente de unas varillas de carbón cuyas extremidades talladas en punta pueden moverse en las cavidades practicadas en un prisma de carbón. La corriente

Para facilitar la instalación en las ciudades, cada aparato está en comunicación directa con una oficina central a la cual se pide la comunicación indicando el número del abonado con quien quiere uno hablar.

§ V. — Carrete de Ruhmkorff, y sus aplicaciones a los rayos X, y a la telegrafía inalámbrica.

267. — El carrete de Ruhmkorff es un aparato de inducción que comprende: 1º un circuito inductor de alambre grueso y corto enrollado sobre un núcleo de hierro dulce; — 2º un circuito inducido que cubre el inductor y está formado de un alambre largo y muy delgado, cuyas extremidades comunican con dos tornillos que son los polos de la máquina. La corriente inductora es la de una pila que pasa por un interruptor análogo a la lámina flexible de las campanillas eléctricas. Cada vez que se establece o se corta la corriente inductora hay producción de una corriente inducida en el alambre delgado.

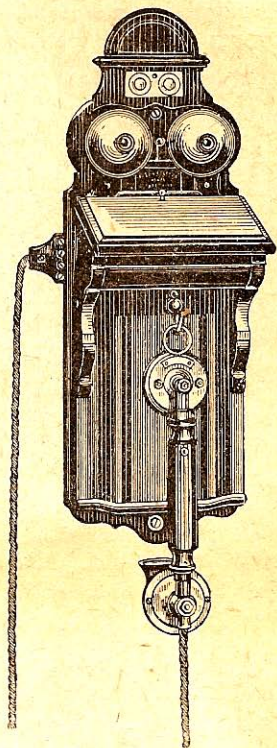


Fig. 229. — Estación telefónica.

268. — Los efectos que se obtienen por el carrete de Ruhmkorff son muy notables. Tomando en las



manos los alambres reunidos a los polos del aparato, se sienten fuertes conmociones, que podrían ser peligrosas con un carrete de considerable tamaño.

Entre las extremidades de los alambres saltan unas

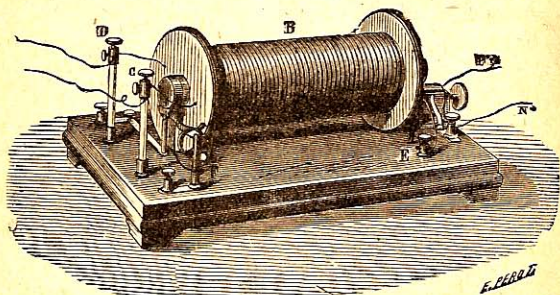


Fig. 230. — Carrete de Ruhmkorff.

chispas de descarga, que pueden alcanzar hasta 50 centímetros y más aún en los aparatos de mayor potencia.

El carrete de Ruhmkorff sirve para inflamar las minas desde lejos y hacer reventar los torpedos, en la fabricación del ozono, para la explosión de la mezcla gaseosa en los motores de gas o de petróleo (gasolina).

Este carrete es el órgano indispensable de la producción de los rayos X y de la telegrafía sin alambres.

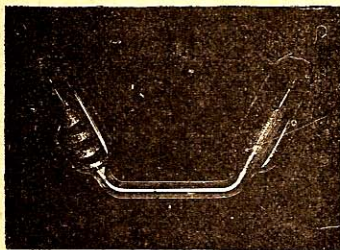


Fig. 231. — Tubo de Geissler.

### 269. Tubos de Geissler.

— Cuando la chispa eléctrica estalla en un espacio cerrado, v. g. en un tubo de cristal, en el cual se hizo un vacío parcial, se ven unos resplandores de varios

colores, según la naturaleza del gas o vapor encerrado en el tubo, y su grado de rarefacción. Los tubos así preparados se

llaman tubos de Geissler y se iluminan cuando sus extremidades están en contacto con los polos de un carrete de Ruhmkorff.

**270. Rayos X.** — Cuando se pone en comunicación con los polos del carrete de Ruhmkorff un tubo de cristal en el cual se hizo el vacío a  $1/1\ 000\ 000$  de atmósfera (*tubos de Crookes*), saltan las chispas, y el vidrio toma un tinte verde fluorescente principalmente en la superficie opuesta al polo negativo o cátodo. Llámense **rayos catódicos** los que producen esta fluorescencia. La pared fluorescente refleja otros rayos invisibles pero muy activos, que producen la fluorescencia fuera del tubo de vidrio e impresionan las placas fotográficas aun envueltas en papel

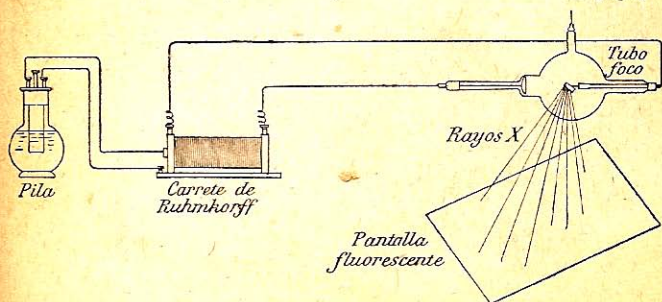


Fig. 232. — Rayos X.

negro. Estos rayos nuevos son los **rayos X**. Se obtiene una radiación más intensa colocando frente al cátodo una lámina de platino (anticátodo).

La propiedad más importante de los rayos X es la de atravesar varios cuerpos opacos que no dejan pasar la luz ordinaria.

Si entre el tubo foco en que se producen los rayos X y una pantalla fluorescente (cubierta de platinocianuro de bario) se coloca v. g. una caja de cartón en la cual están algunos objetos metálicos, llave, reloj, moneda, el cartón será atravesado por los rayos X, y no producirá sino poca sombra en la pantalla, mientras que las piezas de metal producirán una sombra mucho más intensa.

De la misma manera, si se pone la mano cerca de la pantalla, las carnes producirán sólo una sombra muy ligera, mientras que los huesos, opacos para los rayos X, se verán dibujados en la pantalla.

En ambos casos, si se reemplaza la pantalla fluorescente por una placa sensible, se obtiene una fotografía de objetos que nos



son enteramente invisibles : esta operación es la radiografía.

Los rayos X tienen mucha aplicación en cirugía, en las administraciones de aduanas, etc.

**271. Telegrafía sin alambres.** — Cuando salta la chispa de un carrete de Ruhmkorff se producen alrededor unas ondulaciones análogas a las ondas sonoras y luminosas, que se propagan con la misma rapidez que la luz y se llaman **ondas eléctricas**.

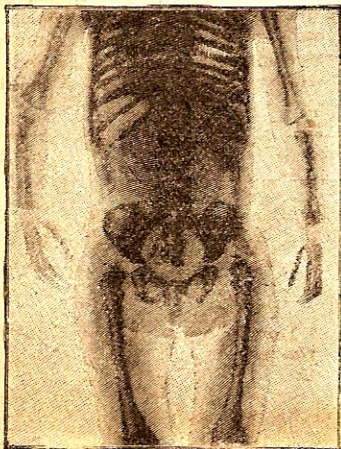


Fig. 233. — Radiografía.

Estas ondas comunican a las limaduras metálicas la propiedad de conducir la corriente eléctrica.

En estos dos fenómenos estriba la telegrafía sin alambres.

El **transmisor** es un manipulador análogo al de Morse que sirve para producir el paso o la interrupción de la corriente inductora en un carrete de Ruhmkorff, y por consiguiente producir las descargas o interrumpirlas. El **receptor** comprende un tubito de vidrio que contiene un poco de limadura metálica (*radioconductor*), intercalado en el circuito de la pila que acciona el electroimán de un receptor de Morse.

Cuando las ondas eléctricas hieren el tubo radioconductor, la limadura se vuelve conductora, pasa la corriente de la pila y el receptor inscribe los signos, marcando un punto o una raya según haya sido corto o largo el paso de la corriente, es decir el tiempo de la descarga en el carrete del transmisor. La telegrafía sin hilos es de grandísima utilidad para los barcos que por este medio comunican entre sí o con los continentes. Se puede también comunicar de un continente a otro.

Desde ya algunos años se hacen también instalaciones de **teléfonos sin alambres**.

# ÍNDICE

---

CAPÍTULO I. — Nociones preliminares . . . . .	5
Los tres estados de la materia. . . . .	5
Fenómenos. . . . .	7
Propiedades generales de los cuerpos . . . . .	9
— II. — Fuerzas. . . . .	11
— III. — Gravedad. . . . .	15
— IV. — Pesos y volúmenes . . . . .	21
Medida de los pesos . . . . .	21
Medida de los volúmenes. . . . .	30
— V. — Palancas . . . . .	32
— VI. — Equilibrio de los líquidos. . . . .	33
— VII. — Presión de los líquidos . . . . .	41
Presión en el fondo. . . . .	41
Presión lateral . . . . .	43
Principio de Arquímedes . . . . .	47
Principio de Pascal. . . . .	52
— VIII. — Equilibrio de los gases . . . . .	55
Propiedad de los gases . . . . .	55
Presión atmosférica. . . . .	57
Barómetros. . . . .	62
— IX. — Aplicaciones de la presión atmosférica . . . . .	64
Bombas para líquidos. . . . .	64
Bombas para gases . . . . .	68
Medida de la fuerza elástica de los gases . . . . .	76
— X. — Aerostática. . . . .	78
— XI. — El calor . . . . .	82
Definición y efectos. . . . .	82
Medida del calor. Termómetros . . . . .	86
Producción del calor . . . . .	89
Propagación del calor. . . . .	90
Reflexión del calor . . . . .	95
El frío . . . . .	97



CAPÍTULO XII. — Cambios de estado . . . . .	98
La fusión . . . . .	98
Disolución . . . . .	99
Formación de los vapores . . . . .	101
Ebullición . . . . .	103
Destilación . . . . .	105
Agua atmosférica . . . . .	106
— XIII. — Motores de vapor . . . . .	108
— XIV. — Acústica . . . . .	117
El sonido. . . . .	117
Instrumentos acústicos . . . . .	121
— XV. — Óptica . . . . .	126
Nociones generales . . . . .	126
Espejos. . . . .	128
Refracción y dispersión de la luz . . . . .	130
Lentes . . . . .	132
— XVI. — Instrumentos de óptica . . . . .	135
— XVII. — Electricidad . . . . .	144
Nociones generales . . . . .	144
Electricidad atmosférica . . . . .	149
Máquinas eléctricas. . . . .	152
— XVIII. — Magnetismo . . . . .	157
— XIX. — Corrientes eléctricas . . . . .	161
Nociones preliminares . . . . .	161
Generadores de la energía eléctrica. . . . .	162
Electroimán y telegrafía eléctrica. . . . .	167
Acción de la corriente eléctrica sobre la brújula. . . . .	172
Inducción . . . . .	173
— XX. — Aplicaciones de la corriente eléctrica . . . . .	176
Efectos químicos de la corriente eléctrica . . . . .	176
Efectos luminosos y caloríficos de la co- rriente eléctrica . . . . .	179
Motores eléctricos . . . . .	181
Teléfono . . . . .	183
Carrete de Ruhmkorff y sus aplicaciones a los rayos X y a la telegrafía inalámbrica. . . . .	185