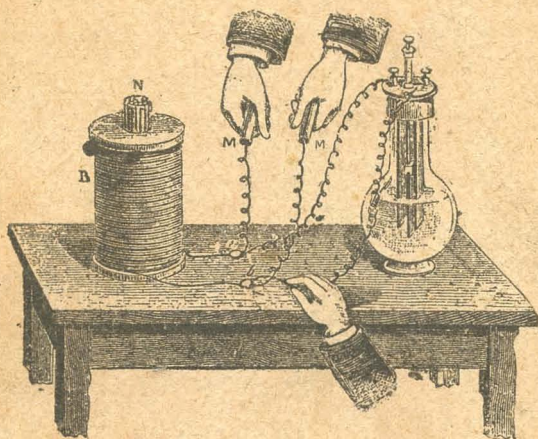


FÍSICA

POR

FRANCISCO H. AYRAL

(Curso medio)



Santiago de Chile—Delicias 3129

IMP. NTRA. SRA. DE LOURDES.

1904

FISICA

POR

FRANCISCO H. AYRAL

(Curso medio.)



MUSEO PEDAGOGICO
CARLOS STUARDO ORTIZ
BIBLIOTECA

R. 14527

SANTIAGO DE CHILE

IMPRESA DE NTRA. SRA. DE LOURDES.

1904

Es propiedad. Se ha hecho el depósito exigido por la ley.

1 JUL. 1985

ELEMENTOS DE FÍSICA

PRELIMINARES

§ I.

1 **Definición.**—*Física es la ciencia que estudia las propiedades generales de los cuerpos y los fenómenos ó cambios transitorios, que experimentan bajo la influencia de los agentes naturales.*

Esta ciencia estudia los fenómenos por medio de la observación y los experimentos, y se propone indagar sus causas, sus efectos y las leyes que los rigen.

2 **Materia.**—*Materia es cuanto ocupa un lugar en el espacio, ó todo aquello que impresiona nuestros sentidos.*

La luz, el calor, la electricidad no son objetos materiales, si impresionan nuestros sentidos, lo hacen por medio de los cuerpos.

3 **Agentes naturales.**—*Llámanse agentes naturales ó físicos, ó causas naturales, las fuerzas naturales que rigen la materia, tales son: la gravedad, el calor, el magnetismo, la electricidad, la luz, el sonido.*

4 **Fenómenos.**—*Fenómeno en general es cualquier cambio que experimenta un cuerpo en sus propiedades.*

Fenómeno *físico* es el cambio ó modificación que ex-

perimenta transitoriamente un cuerpo. Por ejemplo: la caída de una piedra, la dilatación del hierro, la variación de la temperatura.

Fenómeno *químico* es el que altera la constitución íntima del cuerpo. Por ejemplo: la tiza calentada disminuye de peso y se vuelve cal, el hierro expuesto al aire húmedo aumenta de volumen y se vuelve orín.

5 Observación.—La observación es el acto por el cual se examinan atentamente todos los pormenores de un fenómeno, tales como se producen en la naturaleza.

6 Experimento.—Hacer un experimento es provocar la reproducción de un fenómeno para estudiarlo y reconocer la influencia de las circunstancias que lo preparan ó acompañan.

7 Leyes físicas.—*Ley física* es la relación invariable que existe entre un fenómeno físico y la causa que lo produce.

Una ley física se enuncia, unas veces, como un hecho general; por ejemplo:—En el vacío todos los cuerpos caen con la misma velocidad, y en ótras por medio de una relación numérica:—Los espacios recorridos por un cuerpo que cae libremente, crecen proporcionalmente á los cuadrados de los tiempos.

8 Teorías.—Llábase *teoría física* la explicación sistemática de todos los fenómenos que se relacionan con un mismo principio, y una misma hipótesis.

Un *principio* es una proposición fundamental de la cual pueden deducirse, como consecuencias, un gran número de hechos particulares.

9 Hipótesis.—Es una suposición acerca de la causa de un grupo de fenómenos. Ejemplo: la *hipótesis* de las *moléculas*, la *hipótesis* de los *flúidos eléctricos*.

Las hipótesis son indispensables, porque permiten explicar los fenómenos conocidos y conducen, con frecuencia, al descubrimiento de otros fenómenos.

La mayoría de los descubrimientos han empezado con hipótesis que luego se han transformado en principios bien demostrados.

§. II

Cuerpos — Sus estados

10 Cuerpo. —Llámase cuerpo, ú objeto material, cualquiera cantidad limitada de materia.

El cuerpo se halla formado por *moléculas*, y éstas por *átomos*.

11 Hipótesis molecular.—Se admite que la materia ó substancia de los cuerpos, está formada de una infinidad de partículas sumamente pequeñas, que dejan entre sí espacios vacíos. Estas partes pequeñas y aisladas se llaman moléculas, los vacíos que los separan, intervalos moleculares

12 Molécula de un cuerpo es pues, la más pequeña partícula de este cuerpo que pueda existir al estado libre.

Así, por ejemplo, una molécula de agua es el más pequeño volumen que pueda subsistir con las propiedades del agua.

Todas las moléculas de un mismo cuerpo son semejantes entre sí.

Una molécula de un cuerpo compuesto está constituida

por un grupo de átomos de varios cuerpos simples. Así, por ej.: el agua es una combinación de oxígeno é hidrógeno. Si una molécula de agua se divide en dos partes, ya no es agua, sino una mezcla de oxígeno é hidrógeno.

Una molécula de un cuerpo simple es un grupo de partículas indivisibles que se llaman *átomos*. Todos los átomos de un cuerpo simple son idénticos.

Los átomos son pues, los últimos elementos de la materia y se los considera impenetrables

Este modo de considerar los cuerpos estriba principalmente en el estudio de los fenómenos químicos, y explica perfectamente las propiedades generales de la materia y los tres estados de los cuerpos.

13 Estados de los cuerpos Los cuerpos se nos presentan bajo tres estados: en el estado *sólido*, en el estado *líquido* y en estado *gaseoso*.

Cuerpos *sólidos* son aquellos que oponen resistencia más ó menos considerable á la separación de sus moléculas; v. g.: las piedras, los metales, la madera.

Cuerpos *líquidos* son aquellos cuyas moléculas poseen una gran movilidad, por ejemplo: el agua, el mercurio, los aceites. Estos cuerpos toman la forma de los vasos que los contienen.

Cuerpos *gaseosos* son aquellos cuyas moléculas parecen repelerse unas á otras; v. gr.: el aire, el humo, el vapor.

Estos cuerpos tienden á ocupar el mayor espacio posible.

Los líquidos y gases toman el nombre general de *flúidos*. Los gases también se llaman flúidos *aeriformes*.

Un mismo cuerpo puede existir en los tres estados. Así, por ejemplo, el agua puede solidificarse y formar hielo,

ó evaporarse y formar un gas invisible. Lo mismo sucede con casi todos los cuerpos.

14 Transiciones entre los tres estados. Entre el estado sólido más duro y el líquido más fluido, puede haber muchos estados intermedios. Cuando se calienta gradualmente acero templado hasta una temperatura muy elevada, el acero se vuelve fluido. Ciertos cuerpos existen naturalmente en estado de líquidos *viscosos* ó *pastosos*, como el aceite, la manteca, el alquitrán.

§ III.

Propiedades generales de los cuerpos.

15 Propiedades generales de los cuerpos son las comunes á todos los cuerpos: sólidos, líquidos y gaseosos. Se dividen en tres categorías:

1.^a Propiedades *geométricas*: extensión é impenetrabilidad.

2.^a Propiedades *físicas*: divisibilidad, porosidad, elasticidad, compresibilidad, densidad.

3.^a Propiedades *mecánicas*: movilidad é inercia.

16 Extensión.—La extensión es la propiedad que poseen los cuerpos de ocupar una posición determinada del espacio.

17 Masa de un cuerpo es la cantidad de materia que contiene.

18 Impenetrabilidad.—La *impenetrabilidad* es la propiedad en virtud de la cual dos cuerpos no pueden ocupar á la vez una misma porción del espacio. Una piedra no se sumerge sin tomar el puesto de las moléculas del agua que muda de sitio. Al introducir un clavo en un palo sólo se desalojan ó separan las fibras, sin que el hierro ocupe el mismo lugar del espacio que las moléculas de la madera.

19 Penetración aparente.—En un vaso lleno de arena se puede echar todavía cierta cantidad de agua sin aumentar el volumen, porque el agua ocupa los vacíos que hay entre los granos.

20 Divisibilidad.—La *divisibilidad* es la propiedad que poseen los cuerpos de poder ser divididos en partículas muy pequeñas.

Una gota de disolución de fucsina colora grandes cantidades de líquido; un granito de almizcle despide olor durante varios años, sin que disminuya sensiblemente de peso.

21 Porosidad.—La *porosidad* es la propiedad que poseen los cuerpos de presentar poros ó espacios entre sus moléculas.

Hay que distinguirla de la permeabilidad, la cual es debida á los huecos ó poros naturales ó accidentales que existen en los cuerpos porosos (carbón vegetal, piedra pomez).

Es fácil ver los poros de la esponja, del corcho y de algunas maderas; pero en la mayor parte de los cuerpos no es posible percibirlos distintamente.

Sin embargo, no hay ninguno que deje de presentarlos, aún aquellos que parecen más compactos.

El agua comprimida atraviesa el plomo, el oro.

El hierro, el platino, se dejan fácilmente atravesar por ciertos gases.

El papel no opone casi ningún obstáculo al paso del hidrógeno.

La porosidad de los líquidos se evidencia en la contracción de ciertas mezclas: un litro de agua y un litro de alcohol no dan dos litros de mezcla, porque muchas moléculas del alcohol se alojan en los vacíos intermoleculares del agua.

Los cuerpos porosos se hinchan por imbibición.— Por esto las puertas y ventanas se abren y cierran difícilmente en tiempo húmedo. Las duelas de un tonel se separan al secarse y se juntan al mojarse.

El papel mojado se dilata. Las cuerdas mojadas se acortan.

Se parten trozos de piedra por medio de una cuña de madera seca introducida en un agujero, y mojada en seguida.

22 Elasticidad.—La *elasticidad* es la propiedad que poseen los cuerpos de recuperar su volumen y forma primitivos, cuando la fuerza que los había comprimido (tracción, presión), cesa de obrar.

La tracción y la presión tienen ciertos límites, más allá de los cuales los cuerpos se rompen, ó no vuelven exactamente á su forma primitiva.

La elasticidad de los metales se utiliza en los resortes, los dinamómetros, etc.

Una tira de goma elástica recobra su tamaño cuando se deja de estirar. Un arco tendido se rectifica cuando se suelta la cuerda. Un hilo torcido se endereza cuando se lo abandona á sí mismo. Una bola que cae de cierta altura sobre una superficie dura, rebota, porque sus moléculas al cesar la compresión de la caída reaccionan para tomar su forma primitiva.

23 Compresibilidad.—La compresibilidad es la propiedad que poseen los cuerpos de disminuir de volumen bajo la acción de una presión: es una consecuencia de la porosidad

La aleación de las monedas disminuye de volumen bajo la acción del cuño ó prensa monetaria.

Cuando se comprime una esponja ó un corcho, se ve reducirse su volumen. Todos los cuerpos no son igualmente compresibles.

Los líquidos son poco compresibles, los sólidos un poco más, los gases son muy compresibles.

24 Densidad.—La densidad es la relación que hay entre el peso de un cuerpo y su volumen, ó sea el peso de la unidad de volumen de dicho cuerpo.

Para calcularla se toma un punto de comparación, que suele ser el agua destilada á 4.º (centígrados) si se trata de cuerpos líquidos ó sólidos, y el aire si se trata de gases.

Un litro de mercurio que pesa trece veces y media más que uno de agua nos indica que es trece veces y media más denso que el agua.

25 Movilidad.—La *movilidad* es la propiedad en virtud de la cual los cuerpos pueden ser transportados de un lugar á otro.

Un cuerpo está en *movimiento* cuando cambia de lugar en el espacio.

Reposo es el estado de un cuerpo que no cambia de lugar.

26 Inercia.—La inercia es una propiedad negativa, que consiste en la incapacidad en que se halla la materia para poder pasar del estado de reposo al de movimiento y vice-versa. Así, un cuerpo en reposo permanecerá siempre en el mismo estado; un cuerpo en movimiento seguirá moviéndose, si otro agente no viene á paralizar ó anular el de que está animado.

En general se da el nombre de *potencia* á las fuerzas

que tienden á efecto determinado, y el de *resistencia*, al de las fuerzas que se oponen, á dicho efecto.

Las primeras aumentan á cada instante el movimiento y por eso se llaman *aceleradoras*; y las segundas lo disminuyen y se llaman *retardadoras*.

Las fuerzas obran sobre los cuerpos de una manera instantánea ó continua: lo primero sucede cuando su acción dura un momento, lo segundo, cuando actúa durante todo el movimiento.

27 Propiedades particulares de los cuerpos. Las propiedades particulares son las peculiares de ciertos cuerpos, tales como: la *dureza*, la *tenacidad*, la *ductilidad*, la *maleabilidad*. La *capilaridad* es una propiedad especial de los líquidos.

28 Dureza.—La dureza es la mayor ó menor resistencia que oponen los cuerpos al ser rayados. El diamante es el cuerpo más duro. Cuerpos *frágiles* son aquellos que pueden ser rotos con facilidad.

29 Tenacidad.—La *tenacidad* es la resistencia que oponen los cuerpos sólidos á la ruptura cuando se ejerce sobre ellos una gran tracción. El *hierro* es el que presenta mayor resistencia; un alambre, por ejemplo, de dos milímetros de diámetro puede soportar un peso de 249 kilogramos.

20 Ductilidad.—La *ductilidad* es la propiedad que poseen ciertos cuerpos de dejarse reducir á hilos sumamente delgados.

Hay metales que se pueden reducir á hilos más delgados que un cabello. El platino es tan dúctil que puede adelgazarse á hilos tan tenues que mil metros de ese metal solo pesan cinco centigramos

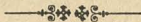
31 Maleabilidad. — La *maleabilidad* en la propiedad

que tienen algunos cuerpos de poder reducirse á láminas muy delgadas.

32 Capilaridad.—La *capilaridad* es la propiedad que tienen los cuerpos sólidos de atraer y absorber por sus paredes hasta cierto punto los líquidos que los mojan, y de repeler los líquidos que no los mojan, como el mercurio.

33 Tubos capilares.—Tubos *capilares* son unos tubitos muy delgados que tienen en su parte interior un diámetro como el de un cabello.

CUESTIONARIO.—¿Qué es Física? ¿Qué es materia? ¿Qué se llaman agentes físicos? ¿Qué es fenómeno físico? químico? ¿Qué se llaman leyes físicas? teorías? hipótesis? ¿Qué se entiende por cuerpo? ¿Qué es la hipótesis molecular? ¿Qué es molécula? átomo? ¿Cuáles son los tres estados de los cuerpos? ¿Qué es cuerpo sólido? líquido? gaseoso? ¿Cuáles son las propiedades generales de los cuerpos? ¿Qué es la extensión? la impenetrabilidad? la divisibilidad? la porosidad? la elasticidad? la compresibilidad? la densidad? la movilidad? la inercia? ¿Qué son propiedades particulares de los cuerpos? ¿Qué es la dureza? la tenacidad? la ductilidad? la maleabilidad? la capilaridad?



PRIMERA PARTE

CAPÍTULO I.

NOCIONES DE MECÁNICA

§. I. — FUERZAS.

Fuerza.— *Fuerza es la causa que produce ó modifica un movimiento.*

La materia siendo inerte por sí misma, todo cambio en la forma de un cuerpo, en su estado, en su posición, en su velocidad, en su dirección, etc. debe ser atribuido á una causa extraña.

Entre estas causas pueden citarse: la acción muscular en los hombres y los animales, la pesantez, el calor, la electricidad, el magnetismo, etc.

Potencia y resistencia. Se llaman *potencias* las fuerzas que producen ó aceleran un movimiento; *resistencias* las que tienden á detener ó retardar un movimiento.

Entre estas últimas se distinguen:

1º La *resistencia de los ambientes*: en el aire, una pluma de pájaro cae menos pronto por causa de la resistencia del aire.

2º El *roce*: los frenos de los coches, de los vagones son aplicaciones de esta propiedad.

Una misma fuerza puede obrar á veces como potencia y como resistencia. Cuando se tira un cuerpo de abajo

hacia arriba, la pesantez principia por retardar y por anular su movimiento; luego, después de haberlo hecho cambiar de dirección, lo acelera más y más á medida que cae.

Acción y reacción. Cada vez que un cuerpo obra sobre otro, éste reacciona sobre el primero con una fuerza igual y de dirección opuesta.

Apoyando la mano en la mesa, se siente que la mesa ejerce contra la mano una presión igual y de dirección opuesta. Si desde un barco se ejerce con una cuerda una tracción sobre un cuerpo colocado en la orilla, resulta que el barco se arrima á la orilla como si en ella se hubiera desarrollado la fuerza que se ejerció, esa fuerza que parece venir de la orilla es la reacción.

Si el suelo no opusiera reacción nos sería imposible avanzar; esto explica la dificultad con que se camina en un terreno movedizo ó sobre una superficie pulimentada.

La adherencia de las ruedas de la locomotora á los rieles le permite avanzar arrastrando los vagones.

Fuerza de inercia. Se llama *fuerza de inercia* la reacción que un cuerpo ejerce sobre toda acción que lo hace salir del reposo, ó modifica su velocidad ó la dirección de su movimiento.

Para poner un carro en movimiento se necesita una fuerza mayor que para mantener la velocidad adquirida.

En este último caso basta vencer el roce y las resistencias pasivas; en el primer caso es preciso vencer la fuerza de inercia.

Cuando un vehículo está lanzado con gran velocidad exige una fuerza considerable para detenerlo en poco tiempo.

La fuerza de inercia explica las catástrofes producidas por el choque de dos trenes, de dos navíos, etc.

Fuerza centrífuga. Se llama *fuerza centrífuga* la reacción que pone un cuerpo á las fuerzas que tienden á darle un movimiento curvilíneo.

Los ventiladores de los harneros mecánicos, las máquinas de secar ropa, las turbinas que se usan en las refinerías para purificar el azúcar aprovechan la fuerza centrífuga. El uso de los canastos de escurrir la ensalada se fundan en el mismo principio.

La fuerza centrífuga también es la que vuelca á los coches cuando dan una vuelta de radio mínimo. Por eso en la construcción de los ferrocarriles no se admiten de ordinario sino las curvas cuyo radio sea superior á 200 metros, por otra parte tanto más se eleva el riel exterior cuanto menor sea el radio y mayor haya de ser en esa vía la velocidad de los trenes.

Caracteres de una Fuerza.—Una fuerza está caracterizada por su punto de *aplicación*, su *dirección* y su *intensidad*. El *punto de aplicación* de una fuerza es el punto en que trabaja dicha fuerza.

La *dirección* de una fuerza es la línea recta según la cual esa fuerza mueve su punto de aplicación.

La *intensidad* de una fuerza es la reacción entre dicha fuerza y otra tomada por unidad.

Medida de la intensidad de una fuerza.—Para medir las fuerzas se suelen usar los instrumentos llamados *dinamómetros*. La fuerza aplicada en el dinamómetro hace experimentar á un resorte una flexión más ó menos grande; la intensidad se lee en una escala graduada.

La unidad de trabajo adoptada en la práctica es el kilográmetro.

El *kilográmetro* es el trabajo efectuado por una fuerza capaz de levantar un kilogramo á una altura de un metro.

Representación de las fuerzas.—Una fuerza se represen-

ta por medio de una flecha cuya punta indica la dirección de la fuerza.

La extremidad opuesta á la punta de flecha es el punto de aplicación de las fuerzas.

Componer fuerzas es buscar su resultante.

Resultante de varias fuerzas es la fuerza única que las suple á todas.

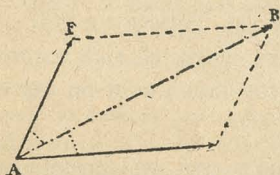


Fig. 1.—Fuerzas concurrentes.

Así la resultante de las fuerzas AF, AR es la diagonal AR.

Fuerzas paralelas de misma dirección.—La resultante de dos fuerzas paralelas de misma dirección es paralela á esas fuerzas de misma dirección é igual á la suma de ellas.

Su punto de aplicación divide la recta que une los puntos de aplicación de esas fuerzas en partes proporcionales á las intensidades de los componentes. (Fig. 2).

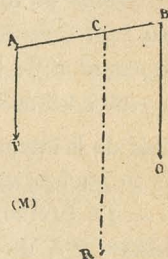
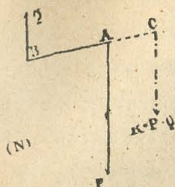


Fig. 2.—Fuerzas paralelas de misma dirección.

Se tiene pues $R = P + Q$

$$y \quad \frac{CA}{CB} = \frac{Q}{P}$$

Fuerzas paralelas de direcciones opuestas.—La resul-



3 Fig.—Fuerzas paralelas de dirección opuesta.

tante de dos fuerzas paralelas, de sentido contrario, es paralela á esas fuerzas, en dirección de la mayor é igual á su diferencia.

El punto de aplicación de la resultante está en la prolongación de la recta que une los puntos de aplicación de las componentes, en dirección de la mayor; sus distancias á los puntos de aplicación de las dos componentes son en razón inversa de las intensidades de esas fuerzas (fig. 3).

Se tiene pues $R = P - Q$

$$\text{y } \frac{CA}{CB} = \frac{Q}{P}$$

§ II.

MOVIMIENTOS

Reposo y movimiento.—*Un cuerpo está en reposo cuando no es solicitado por ninguna fuerza; está en movimiento cuando ocupa sucesivamente diversas posiciones.*

Para juzgar del estado de reposo ó de movimiento de un cuerpo se compara su posición, en diversos instantes, á la de otros cuerpos tomados como *puntos de partida*. El reposo ó el movimiento es *absoluto ó relativo*: absoluto si los puntos de comparación están en reposo; relativo si estos puntos están en movimiento.

Sólo podemos observar un reposo ó un movimiento relativo porque todos nuestros puntos de comparación se hallan en movimiento.

Un cuerpo en reposo no puede moverse por sí sólo, ni un cuerpo en movimiento por sí sólo parar ni acelerar su movimiento, ni cambiar de dirección. La experiencia parece contradecir esa ley, pues llegan á pararse todos los cuerpos que movemos; pero eso proviene de causas extrañas á dichos cuerpos, tales como el roce, la resistencia de los ambientes, etc. Cuanto más disminuycamos esas resistencias, tanto más durará el movimiento; una bolita lanzada sobre un terreno quebrado se detiene fácilmente al cabo de un instante, y va más lejos sobre un terreno más unido ó sobre el hielo de un estanque. Se debe admitir que si el roce no existiera el movimiento seguiría indefinidamente.

La inercia de la materia explica una multitud de accidentes.

Es peligroso apearse sin precaución de un coche en movimiento, pues cuando los pies toquen el suelo y se paren, la parte superior del cuerpo seguirá en movimiento con la velocidad que antes tenía, yendo úno á dar en el suelo con una fuerza tanto mayor cuanto más rápido fuere el movimiento.

Elementos de un móvil.—Dos elementos deben considerarse en el movimiento de un móvil, la *trayectoria* y la *ley del movimiento*.

La trayectoria es el camino recorrido en el espacio por un cuerpo que se mueve. Puede ser *rectilínea* (piedra que cae libremente), *circular* (punto de una circunferencia que gira al rededor de su centro), *elíptica* (revolución de

la tierra al rededor del sol), *periódica* (péndulo de un reloj), etc.

Desde el punto de vista de la *ley del movimiento* éste debe ser *uniforme ó variado*.

Movimiento uniforme.—1º. *Un movimiento es uniforme cuando los espacios recorridos son proporcionales á los tiempos empleados en recorrerlos.*

Entonces el móvil recorre espacios iguales en tiempos iguales, y la velocidad es constante.

2º. *Se llama velocidad del movimiento uniforme el espacio recorrido durante un segundo.*

Por ej., el sonido y la luz se propagan con un movimiento uniforme: el sonido con una velocidad de 340 metros por segundo, y la luz con una velocidad de 300,000 kilómetros por segundo.

Movimiento uniformemente variado.—Un movimiento es uniformemente variado cuando tiene una de las condiciones siguientes:

1ª. *Cuando la velocidad varía proporcionalmente al tiempo.*

2ª. *Cuando el espacio varía proporcionalmente al cuadrado del tiempo.*

Estas dos propiedades son equivalentes y son consecuencias una de otra.

En el movimiento uniformemente variado, la velocidad varía de cantidades iguales en tiempos iguales.

Llámanse *aceleración* la variación de la velocidad durante un segundo.

Si la velocidad *aumenta*, el movimiento es uniformemente *acelerado* (piedra que cae).

Si la velocidad *disminuye*, el movimiento es uniformemente *retardado* (piedra que se tira de abajo arriba).

Movimiento producido por una fuerza constante.—*Una fuerza constante aplicada á un cuerpo le comunica un movimiento uniformemente acelerado.*

En efecto, durante el primer segundo la fuerza da al cuerpo cierta velocidad v ; si entonces la fuerza cesa de obrar, el cuerpo en virtud de la inercia sigue su movimiento uniforme v . Pero, si la fuerza sigue obrando durante el segundo siguiente, da al cuerpo una nueva velocidad v que se añade á la primera de modo que la velocidad se vuelve $2v$, después tres segundos la velocidad es $3v$, etc.

Por lo tanto la velocidad crece proporcionalmente al tiempo, es decir que el movimiento es uniformemente acelerado.

Condiciones del movimiento uniforme.—El movimiento uniforme se produce en dos circunstancias:

1ª. *Cuando la fuerza motriz ha cesado de obrar.* Entonces el cuerpo sigue su movimiento únicamente en virtud de la inercia.

2ª. *Cuando la fuerza motriz se halla constantemente anulada por una resistencia igual y directamente opuesta.* Así, p. ej., para que un tren se mueva con una velocidad creciente, es preciso que la tracción de la locomotora sea superior á todas las resistencias pasivas y á la fuerza de inercia que le opone el tren; pero una vez que el convoy anda con su velocidad reglamentaria, sigue su movimiento en virtud de la inercia, y la locomotora se volvería inútil si no existiera el roce y la resistencia del aire.

Para mantener el movimiento uniforme es preciso que la máquina desarrolle una fuerza constantemente igual á la suma de todas las resistencias pasivas.

Equilibrio de las fuerzas.—Varias fuerzas se equilibran cuando no tienen influencia sobre el estado de reposo ó de movimiento del cuerpo.

CUESTIONARIO.—¿Qué es fuerza? potencia? resistencia?—¿Qué se entiende por fuerza de inercia? fuerza centrífuga?—¿Cuáles son los caracteres de una fuerza?—¿Qué es el kilogrametro?—¿Cómo se representa la dirección de una fuerza?—¿Qué son fuerzas concurrentes? paralelas de una misma dirección? paralelas de direcciones opuestas?—¿Cuándo un cuerpo está en reposo? cuándo en movimiento?—¿Qué elementos deben considerarse en un movimiento?—¿Qué es movimiento uniforme? movimiento uniformemente variado?—¿Cuál es el movimiento producido por una fuerza constante?—¿Cuáles son las condiciones del movimiento uniforme?—¿Cuándo se equilibran las fuerzas?

CAPITULO II

Atracción.—Gravedad.—Caída de los cuerpos.

1. **Atracción.**—La *atracción* es una fuerza en virtud de la cual los cuerpos se atraen unos hacia otros.

2. **Ley de Newton.**—*Todos los cuerpos materiales se atraen en razón directa de sus masas y en razón inversa del cuadrado de sus distancias.*

La atracción se llama *gravitación universal*, *atracción molecular*, *gravedad*, según las circunstancias en que actúa.

Gravitación universal es la atracción que se ejerce en los astros.

Atracción molecular ó *fuerza coercitiva* es la que se efectúa en las moléculas de un mismo cuerpo.

Afinidad es la fuerza que une los átomos de naturaleza diferente, y *cohesión*, la que une átomos de la misma naturaleza.

3. **Gravedad ó pesantez.**—La *gravedad* ó *pesantez* es la fuerza que atrae los cuerpos, abandonados así mismos, hacia el centro de la tierra.

La *pesantez* de un cuerpo está caracterizado como cualquiera otra fuerza, por su *punto de aplicación*, su *dirección* y su *intensidad*.

1º. *El punto de aplicación* se llama centro de gravedad del cuerpo.

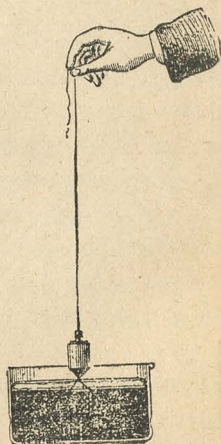


Fig 4.—Gravedad ó pesantez.

2º. La *dirección de la pesantez* se llama *vertical*, es decir, la línea recta que describe un cuerpo que cae libremente.

4. La vertical de un lugar es dada por la dirección de la *plomada* (fig. 4) y es perpendicular á la superficie de las aguas estancadas.

La *plomada* es un instrumento formado por un cordel que lleva un peso en uno de sus extremos é indica la dirección de la gravedad.

La propiedad de la plomada se la utiliza en las construcciones para verificar si una pared es vertical. *El nivel del albañil*, que permite cerciorarse si un plano es horizontal está fundado sobre el empleo de la plomada.

Las verticales no son paralelas, porque concurren todas al centro de la tierra. En un punto y en sus antípodas las verticales son directamente opuestas.

Sin embargo, en puntos pocos distantes ó en cuerpos inmediatos se consideran las verticales rigurosamente paralelas.

3.º *Intensidad de la pesantez de un cuerpo*. Se llama peso de un cuerpo la resultante de todas las acciones que la pesantez ejerce sobre ese cuerpo.

Cada molécula se halla solicitada verticalmente por una pequeña fuerza; todas estas pequeñas fuerzas, sensiblemente paralelas, tienen una resultante cuyo punto de aplicación es el centro de gravedad y cuya intensidad es el cuerpo.

5. **Leyes de las caídas de los cuerpos en el vacío.**—Para estudiar el efecto de la pesantez es preciso eliminar la resistencia del aire y operar en el vacío.

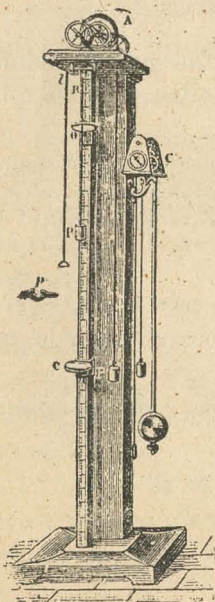
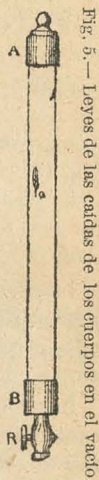
1.º *Ley*. En el vacío todos los cuerpos caen con la misma velocidad.

2.º *Ley ó ley de los espacios. En el vacío los espacios recorridos son proporcionales á los cuadrados de los tiempos empleados en recorrerlos.*

3.º *Ley ó ley de las velocidades. Las velocidades adquiridas son proporcionales á los tiempos transcurridos desde el origen de su caída.*

Para verificar la primera ley se introduce en un largo tubo de cristal llamado tubo de Newton (fig. 5) una pluma de pájaro y una bala de plomo; habiendo hecho el vacío en el tubo, se lo invierte bruscamente: los dos objetos caen juntos.

La segunda ley, así como la tercera, se comprueba con la máquina de Atwood, (pron Atud)



6. **Máquina de Atwood.** — La máquina de Atwood (fig. 6) tiene por objeto retardar la caída de un cuerpo para estudiar más fácilmente las leyes.

La velocidad está modificada, pero la naturaleza del movimiento queda la misma. Esa máquina se compone esencialmente de una polea muy ligera A (fig. 6) que lleva en su garganta un hilo de cuyas extremidades penden dos masas iguales P que se hacen equilibrio en todas las posiciones. Una pequeña masa adicional p arrastra la masa P con un movimiento lento á lo largo de una regla dividida y se busca donde se debe colocar la corredera C para impedir la caída después de un segundo, dos segundos, etc.

Fig. 6.—Máquina de Atwood.

7 Verificación de la ley de los espacios.—Supongamos que durante el primer segundo la masa P con la masa adicional p haya recorrido diez divisiones; para los espacios recorridos durante dos segundos, tres segundos, etc., se encontrarán números que darán el cuadro siguiente:

TIEMPOS DE CAÍDA	1"	2"	3"	4"
Puesto de la corredera..	10	40	90	160
	ó	ó	ó	ó
Espacios.....	10×1	10×2^2	10×3^2	10×4^2

Así se ve que los espacios recorridos son proporcionales á los cuadrados de los tiempos de caída.

8. Verificación de la ley de velocidades.—La velocidad, siendo el espacio recorrido con un movimiento uniforme durante un segundo basta colocar junto á la regla una corredera anular O que saque la masa adicional despues de 1, 2, 3 segundos de caída, y buscar donde se debe colocar la corredera C, para detener la masa P un segundo después de haber sacado la masa adicional; evidentemente el movimiento es uniforme en este último intervalo

Se saca entonces el siguiente cuadro.

	1"	2"	3"	4"
Puesto de la corredera anular.....	10	40	90	160
Puesto de la corredera llena.....	30	80	150	240
Espacio comprendido entre las dos correderas.	20	40	60	80
	ó	ó	ó	ó
Velocidades	20×1	20×2	20×3	20×4

Así se ve que la velocidad adquirida después de uno, dos, tres segundos de caída es proporcional al tiempo de caída.

9. **Fórmulas.**—En Santiago, la aceleración debida á la acción de la pesantez es $9^m 8$, ordinariamente se la representa por g .

La velocidad adquirida y el espacio recorrido por un cuerpo después de algún tiempo t de caída se obtiene con las dos fórmulas:

$$v = g \times t$$

$$e = \frac{g \times t^2}{2}$$

Basta pues para tener esa velocidad ó ese espacio, reemplazar, en las fórmulas, g por $9^m 8$ y t por el número de segundos durante el cual cayó el cuerpo.

10. Caída libre de los cuerpos en el aire.—En el aire, la caída de los cuerpos no obedece á las leyes generales y tanto más se aparta de ellas cuanto más livianos son: eso se debe á la resistencia del aire. Una ruedecita de papel y otra de metal que tenga iguales dimensiones caen con velocidades muy diferentes si están separadas; pero caen con la misma rapidez si el papel está sobrepuesto al metal.

Para los cuerpos livianos el movimiento de caída es primero acelerado, luego se hace uniforme por causa de la resistencia del aire que aniquila la aceleración debida á la pesantez.

La resistencia del aire sirve de punto de apoyo al pájaro para volar y al aeronauta para bajar en su paracaídas.

11. Peso de los cuerpos.—Se llama peso *absoluto* de un cuerpo la resultante de todas las acciones de la pesantez sobre ese cuerpo.

Se llama *peso relativo* de un cuerpo la relación de su peso absoluto con el peso absoluto de otro cuerpo tomado por unidad v. gr., el *gramo*. El peso relativo es el que se busca comúnmente; se conoce por medio de instrumentos de peso.

Peso específico de un cuerpo es la relación de su peso, bajo un cierto volumen, al peso de un mismo volumen de agua destilada, á su máximo de densidad (4° sobre cero).

Así, decir que el peso específico del oro es 19; significa que en igualdad de volumen el oro pesa 19 veces más que el agua destilada á 4.° sobre cero.

12. Péndulo.—Péndulo (fig. 7) es cualquier cuerpo grave que cuelga en un punto fijo por un hilo ó cadenilla cuyo peso se considera como nulo.

Si se aleja el péndulo A B (fig 7) de su dirección vertical y se le coloca en B', abandonándolo en seguida á si mismo, se pone á oscilar. En efecto, su peso es una fuerza P' que se puede descomponer en dos otras: una B' C, que tiende el hilo, y la otra B' T, tangente al arco B' B'' cuyo efecto es volver el peso á la posición A B.

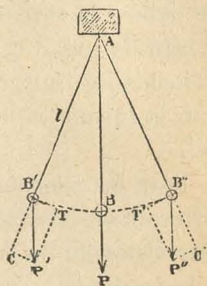


Fig. 7.—Péndulo

En virtud de la velocidad adquirida en ese movimiento pasa más allá del punto B y llega hasta B'' luego vuelve sobre sí, y así sucesivamente. Resulta pues una serie de oscilaciones de cada lado de la vertical A B. Llámase amplitud al ángulo B' A B'' descrito por las posiciones extremas del hilo.

Los movimientos de vaivén de B' á B'', y vice-versa se denominan oscilaciones, y son isócronas cuando duran el mismo tiempo dentro de ciertos límites.

El plano de oscilación del péndulo permanece invariable; lo que gira es el suelo y gira en sentido inverso del desplazamiento aparente de las oscilaciones.

Galileo lo descubrió, observando el movimiento de una lámpara en la catedral de Pisa.

Foucault ha hecho uso del péndulo para probar la rotación de la tierra sobre su eje; hizo su primera exposición en el Panteón de París en 1851 con un péndulo de 50 metros de longitud.

Sus discípulos en la actualidad renuevan sus experimentos con lecciones públicas dadas en el mismo Panteón.

El péndulo de que hace uso el profesor pende de un hilo de cobre que tiene 75 metros de longitud y la bola que se halla en la extremidad inferior pesa 25 kilos.

Con la experiencia de Foucault se prueba hasta la evidencia la rotación de la Tierra sobre su eje; esta demostración es una de las más célebres del siglo XIX. En el Ecuador el péndulo se mueve con más rapidez por ser el radio mayor, y en los polos con menos rapidez por ser el radio menor.

Huyghens en 1657 aplicó el péndulo á los relojes para regularizar sus movimientos.

13. Ley del péndulo.--Llamando l la longitud del péndulo, y g la aceleración debida á la acción de la pesantez y x la relación de la circunferencia con el diámetro, la duración t de una oscilación del péndulo, cuando tiene poca amplitud dicha oscilación (465 grados) se obtiene con la fórmula:

$$t = x \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Según esta fórmula:

1º. Las pequeñas oscilaciones son isócronas ó sea de igual duración.

2º. La duración de la oscilación es proporcional á la raíz cuadrada de la longitud del péndulo.

3º. La duración de la oscilación es independiente de la materia que constituye el péndulo.

CUESTIONARIO.—¿Qué es la atracción?—Decir la ley de Newton.—¿Qué es la gravitación universal? ¿la atracción molecular?—¿Qué se entiende por afinidad? ¿la cohesión?—¿Qué es la gravedad ó pesantez? ¿Qué es la plomada? ¿Cuáles son las leyes de la caída de los cuerpos en el vacío? Describir la máquina de Atwood.—¿Qué es peso absoluto, relativo, específico de un cuerpo? Describir el péndulo, ¿Qué ha demostrado Foucault con el péndulo?

CAPITULO III

Centro de gravedad.—Equilibrio de los cuerpos

1. **Centro de gravedad.**—*Centro de gravedad* de un cuerpo es el punto por el cual pasa la resultante de todas las acciones que la gravedad ejerce sobre ese cuerpo.

Para determinar experimentalmente el centro de gravedad de un cuerpo A B C, por ejemplo (fig. 8), se lo suspende sucesivamente de dos de sus puntos, A y B en la extremidad de un hilo: el encuentro de la prolongación del hilo da el centro de gravedad G.

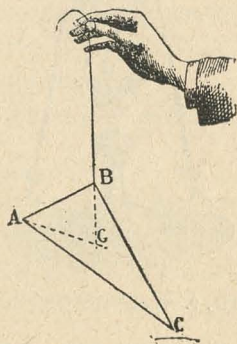


Fig. 8. Centro de gravedad

1.º El centro de gravedad de una línea recta está en el medio; el del perímetro de un polígono regular, de un círculo, de una elipse, está en el centro de la figura: el del perímetro de un paralelogramo está en el encuentro de sus diagonales.

2.º El centro de gravedad de la superficie de un polígono regular, de un círculo, de una elipse, de una esfera, de un elipsoide de revolución, de un paralelepípedo está en el centro.

3.º El centro de gravedad del volumen de una esfera, de un elipsoide de revolución está en el centro.

2. Condición de equilibrio de un cuerpo móvil.—Al rededor de un punto fijo ó de un eje fijo. Para que un cuerpo móvil alrededor de un punto fijo ó de un eje, esté en equilibrio, es menester que la vertical del centro de gravedad encuentre dicho punto ó eje.

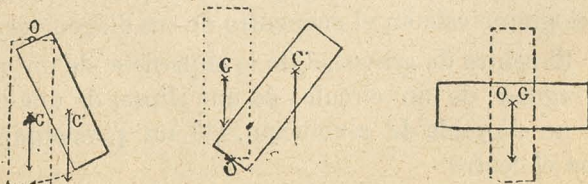
3. Equilibrio estable.—El equilibrio es estable si el cuerpo, siendo movido, vuelve al puesto que antes tenía por el efecto de la pesantez. En este caso el centro de gravedad está debajo del punto ó del eje de suspensión y lo más bajo posible. Ej.: el péndulo, la plomada, una campana colgada.



Fig. 9.—Equilibrio estable.

El pequeño equilibrista de la (fig. 9) está en equilibrio estable, merced á las esferitas p y p' cuyo peso es tal que el centro de gravedad de todo el sistema móvil se halla más abajo del pedestal en que descansa.

4. Equilibrio inestable.—El equilibrio es inestable cuando el cuerpo, siendo movido, se aleja por el efecto de la



Equilibrio estable

Equilibrio inestable

Equilibrio indiferente

Fig. 10.—DIFERENTES CLASES DE EQUILIBRIO

santez. En este caso el centro de gravedad está más arriba del punto ó del eje de suspensión (fig. 10).

Ej.: un cono que descansa sobre la punta.

Equilibrio indiferente.—El equilibrio es indiferente cuando el cuerpo, siendo movido, queda en equilibrio (fig. 10). En este caso el centro de gravedad coincide con el punto de suspensión ó se encuentra sobre el eje fijo. Ej.: una rueda de coche móvil alrededor de su eje.

Hay también equilibrio indiferente cuando, habiendo hecho variar la posición del cuerpo su centro de gravedad queda en el mismo plano horizontal: como sucede en una esfera colocada encima de un plano horizontal.

El equilibrio indiferente es necesario en muchas máquinas que tienen un movimiento rotatorio: las ruedas, los volantes, los reguladores deben tener su centro de gravedad en su eje

Condiciones de equilibrio de un cuerpo que descansa sobre un plano.—Para que un cuerpo que descansa sobre un plano esté en equilibrio, es preciso que el plano sea horizontal y que la vertical del centro de gravedad caiga en el interior del polígono de apoyo.

El polígono ó base de apoyo de un cuerpo es un polígono convexo que abarca todos los puntos comunes al cuerpo y al plano, y cuyos vértices son esos mismos puntos. La torre inclinada de Pisa no se cae

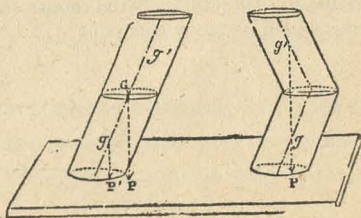


Fig. 11.—Condiciones de equilibrio de un cuerpo que descansa sobre un plano.

porque la vertical de su centro de gravedad pasa en el interior de la base. Por una razón análoga, un hombre cargado modifica su andar según la posición de la carga. Una bola está en equilibrio sobre un plano horizontal porque la vertical de su centro de gravedad pasa por el punto de contacto con el plano.

En la fig. 11, los dos cilindros de la izquierda sobrepuestos de modo que sus ejes estén en línea recta, no pueden quedar en equilibrio, pues la vertical $G P$ del centro de gravedad cae fuera de la base de apoyo al paso que quedan en equilibrio si se disponen como se indica á la derecha.

La estabilidad es tanto mayor cuanto el polígono de apoyo esté más lejos de la vertical del centro de gravedad y más cerca este último del plano horizontal. Un coche es tanto más estable, cuanto más distantes están las ruedas y más bajo el centro de gravedad; los carretones cargados de heno, las diligencias cargadas con bagajes tienen poca estabilidad.

CUESTIONARIO.—¿Qué es el centro de gravedad de un cuerpo?—¿Cómo se determina experimentalmente?—¿En dónde se halla el centro de gravedad de una línea, de un círculo, de una esfera, de un paralelepípedo?—¿Cuándo el equilibrio de un cuerpo es estable? inestable? indiferente? Dar ejemplos. ¿Cuáles son las condiciones de equilibrio de un cuerpo que descansa sobre un plano? ¿Qué se entiende por polígono de apoyo?

CAPITULO IV

Máquinas.—Palancas.—Poleas.

1. **Definición.**—*Las máquinas son unos instrumentos destinados á transmitir la acción de las fuerzas.*

Con ayuda de una máquina, se puede modificar las fuerzas y las velocidades. Así, p. ej., por medio de una máquina apropiada, un hombre puede levantar un peso 10, 100, 1000 veces superior á su fuerza muscular; puede comunicar á una rueda, p. ej., un movimiento 10, 100, 1000 veces más rápido que el movimiento de su brazo.

2. **Transmisión del trabajo.**—*En toda máquina, el trabajo motor es igual al trabajo resistente.*

Una máquina puede multiplicar las fuerzas y las velocidades, pero su trabajo es exactamente igual al trabajo que se ha gastado para ponerla en movimiento. Por ej.: para ejecutar un trabajo de 75 kilográmetros, con ayuda de una máquina cualquiera es preciso gastar siempre un trabajo de 75 kilográmetros para poner la máquina en movimiento.

El trabajo resistente comprende el trabajo utilizado y el trabajo pasivo, absorbido por el roce y otras resistencias: el trabajo utilizado es siempre menor que el trabajo motor.

3. **Equilibrio de una máquina.**—Cuando una máquina se halla solicitada por dos fuerzas, por ej.: un peso y un

esfuerzo muscular, una de estas fuerzas toma el nombre de *potencia*, la ótra el de *resistencia*.

Se dice que una máquina está en equilibrio bajo la acción de varias fuerzas:

1.º Cuando queda en reposo (*equilibrio estático*).

2.º Cuando tiene un movimiento uniforme (*equilibrio dinámico*)

Se llama condición de equilibrio de una máquina bajo la acción de dos fuerzas, la relación que debe existir entre la potencia y la resistencia, para que la máquina esté en equilibrio.

Las palancas.

4. Palanca.—*La palanca es una barra rígida que se mueve alrededor de un punto fijo, llamado punto de apoyo, y en el cual obran dos fuerzas: la potencia y la resistencia.*

Se llaman brazos de la palanca de una fuerza, las dos partes en que se divide ésta, á partir del punto de apoyo; una *BC* pertenece á la resistencia; otra *AC* pertenece á la potencia (fig. 12)

Para que una palanca esté en equilibrio es preciso que la potencia y la resistencia estén en razón inversa de la longitud de los brazos; si por ejemplo, la longitud del brazo de la potencia es 2, 3, 4 veces mayor que la de la resistencia, la potencia será 2, 3, 4 veces menor que la resistencia: siendo iguales los dos brazos, las dos fuerzas lo son también.

Sea un fardo de 1000 kilogramos el que se quiere mover; supongamos que la resistencia sea sólo $\frac{1}{5}$ parte de la potencia, bastará la $\frac{1}{5}$ parte de la potencia para hacer equilibrio, esto es, un peso de 200 kilogramos; por eso decía Arquímedes: «Dadme una palanca apropiada y

un punto de apoyo correspondiente y moveré el mundo con sólo mis fuerzas.

5. Géneros de palancas.—Según la posición del punto de apoyo con respecto á la potencia y á la resistencia se distinguen tres géneros de palancas:



Fig. 12.—La palanca de primer género.

1.º *La palanca de primer género*, (fig. 12), cuyo punto de apoyo está situado entre la potencia y la resistencia. Ej.: el alzaprima del albañil, las balan-

zas ordinarias, las tijeras etc.

2. *La de segundo género*, (fig. 13) cuya resistencia está situada entre la potencia y el punto de apoyo.

Ej: una carretilla, el cascanueces.

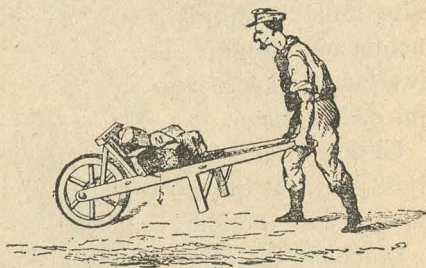


Fig. 13.—La palanca de segundo género

3. *La de tercer género*, cuya potencia está situada entre la resistencia y el punto de apoyo. Ej.: el pedal, los miembros del hombre y de los animales, las pinzas.

6. Ley general de las palancas.—En las palancas hay equilibrio cuando la potencia multiplicada por su brazo da el mismo producto que la resistencia multiplicada por el suyo.

Poleas

7. **Polea.**— *Una polea (fig. 14) es un disco móvil alrededor de su eje.*

Cuando la polea debe moverse por medio de cuerdas ó cadenas, su borde exterior está ahuecado en una canal llamada garganta.

Una chapa *A* lleva las extremidades del eje *CD*. Con la polea va un gancho *E* que le permite tomar cualquiera inclinación, según la dirección de las fuerzas que se le aplican.

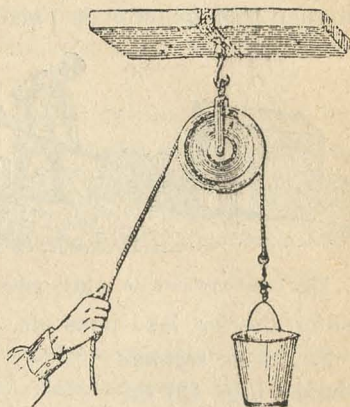


Fig. 14.—Polea

La polea fija es aquella cuyo eje descansa en sostenes fijos, mientras que en la polea móvil, el eje cambia de sitio á medida que gira la polea.

La polea fija está en equilibrio cuando la potencia es igual á la resistencia; sólo cambia la dirección de la fuerza, por lo cual también se llama polea de reflexión.

La polea móvil está puesta en la cuerda que abraza una parte de la garganta; un extremo de la cuerda está atado en un punto fijo y en el otro extremo obra la potencia.

La chapa remata en un gancho al que se aplica la resistencia, que consiste las más veces, en alzar un cuerpo.

Cuando las cuerdas son paralelas hay equilibrio, si la potencia es tan sólo la mitad de la resistencia.

La garrucha polispasta está formada por varias poleas reunidas en una chapa; ora las poleas son desiguales y tienen distintos ejes, ora son iguales y están colocadas sobre el mismo eje.

El conjunto de dos garruchas polispastas se llama aparejo.

En un aparejo en equilibrio, la potencia es igual á la resistencia dividida por el número de cordones que reunen las garruchas, es decir, por el número de poleas.

Torno.—El *torno* (fig. 15) se compone ordinariamente de un cilindro terminado por dos muñones.

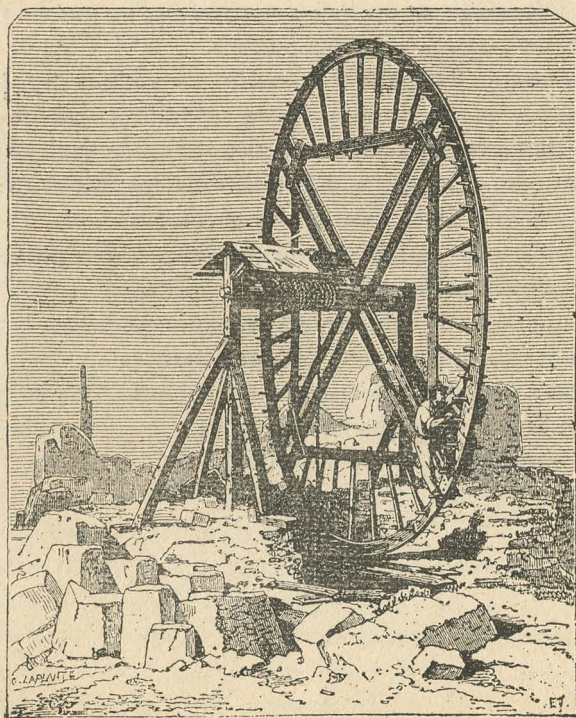


Fig. 15.—Torno

Los muñones son unos cilindros que tienen el mismo eje que el cilindro principal, pero cuyos radios son menores: estriban en soportes fijos, llamados cojinetes.

La *resistencia* está fija en una cuerda que se enrosca en el cilindro. La potencia obra sobre la tangente de una circunferencia cuyo plano es perpendicular al eje del cilindro, ya por medio de una manivela ó ya por medio de palancas que atraviesan el torno.

Cuando hay equilibrio, la potencia y la resistencia son en razón inversa de los radios de la manivela y del cilindro.

El cabrestante es un torno vertical; se lo usa sobre todo en los puertos y en los buques.

El torno de los canteros ó rueda de clavijas (fig. 15) se mueve por medio de una rueda grande cuya circunferencia tiene clavijas transversales sobre los cuales suben obreros, como sobre peldaños de escalera. En ese aparato la potencia es el peso de los obreros.

El gato es un torno de encaje destinado á mover los cuerpos muy pesados.

Compónese de una cremallera que se encaja con un piñón al que se da vuelta con una manivela.

Al pie se halla una parte sobresaliente que se pone debajo del cuerpo que se debe alzar; otras veces se apoya la punta contra el cuerpo que se quiere mover.

9. **Plano inclinado.**—El *plano inclinado* (fig. 16) es un plano resistente que hace un ángulo con la línea horizontal.

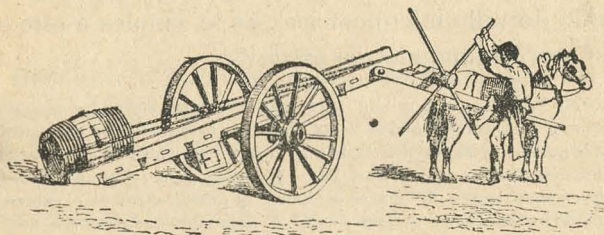


Fig. 16.—Plano inclinado

Sirve para levantar los cuerpos demasiado pesados.

Empléase para cargar los carros, para alzar los vagones de materiales en los grandes trabajos de terraplenes, y en muchos otros casos.

Tornillo. Un tornillo se compone de un cilindro llamado *olma* ó *núcleo* que lleva filetes salientes de forma espiral y que se encajan en una tuerca.

La *tuerca* es una pieza rajada por dentro en que se encajan exactamente los filetes del tornillo: en otros términos en el molde del tornillo.

Algunas veces la tuerca está fija y el tornillo avanza en el sentido de su eje, v. gr., en la prensa de copiar; sucede otro tanto en varios lugares.

Así la hélice de los buques de vapor los hace avanzar, haciendo el agua las veces de tuerca.

En otros aparatos, la tuerca avanza y el tornillo gira sobre sí mismo: v. gr., en los frenos de los coches, en las máquinas de cepillar la madera, etc.

Cuando la tuerca está fija, la extremidad del tornillo avanza evidentemente del paso de tuerca en cada vuelta.

Ese adelanto puede medirse con gran exactitud por el número de vueltas, ó de porción de vueltas que da el tornillo (tornillo micrométrico). Se lo emplea á este efecto en muchos aparatos de precisión.

CUESTIONARIO.—¿Qué es una máquina?—¿Para qué sirven las máquinas?—¿Qué es una palanca?—¿A qué se llama brazos de palanca?—¿En qué relación se hallan la potencia y la resistencia de una palanca en equilibrio?—¿Cuáles son los diferentes géneros de palancas? Dénse ejemplos. ¿Qué se llama polea?—¿Para qué sirven las poleas?—¿Dé qué se compone el torno?—¿Qué es el cabrestante? el torno de los canteros? el gato ó cric? el plano inclinado?—¿Para qué sirve el tornillo?

CAPITULO V.

Balanzas.—Básculas.—Pesón

1. **Definición.**—*Balanza es un instrumento que sirve para determinar el peso relativo de los cuerpos.* Es una palanca del primer género, y por consiguiente sus condiciones de equilibrio son las de la palanca.

Las balanzas tienen diferentes formas y son apropiadas á la mayor ó menor cantidad de peso á que se las dedica. Las más usadas son: la *balanza ordinaria*, la *balanza de Roberval*, la *báscula de Quitenz*, la *báscula de Be-renger*, la *romana*, el *pesón*.

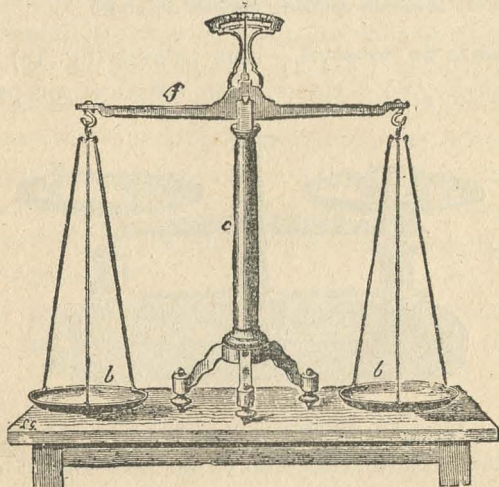


Fig. 17.—Balanza ordinaria.

2. Balanza ordinaria.—Una balanza ordinaria (fig. 17) se compone de una palanca recta f de primer género, llamada *fiel*, cuyos brazos iguales en peso y longitud, sostienen en sus extremidades dos platillos b y b' iguales en peso.

El fiel lleva una *aguja* larga y perpendicular cuya punta se mueve delante de un cuadrante graduado y en el cual, por sus oscilaciones, indica los más pequeños movimientos del fiel.

Una peana provista de tres pies sirve para dar á la columna ó montante, que soporta el fiel, una posición perfectamente vertical.

Cuando la balanza está vacía, el fiel se mantiene por si mismo horizontalmente, pues su centro de gravedad se encuentra entonces en la vertical del punto de apoyo. En esta posición, la aguja corresponde al centro del cuadrante, punto en el cual se encuentra el cero de la escala grabada encima de aquel.

3. Balanza de Roberval.—Esta balanza (fig. 18) muy generalizada hoy en el comercio, no difiere en sus principios

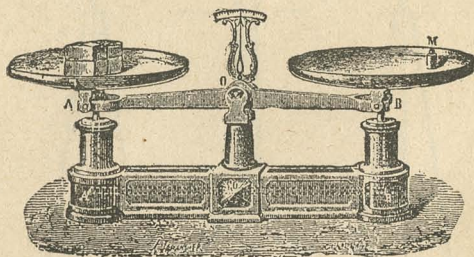
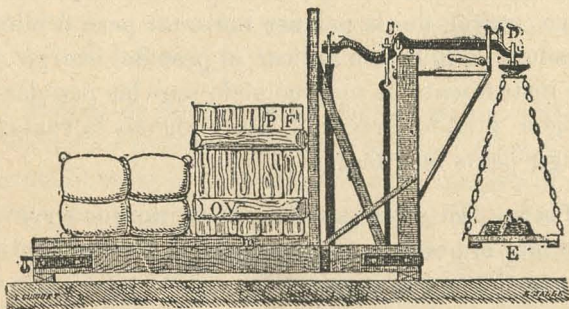


Fig. 18.—Balanza de Roberval

de la balanza ordinaria, sino en la posición de los platillos que están colocados encima del fiel: esto la hace más cómoda.

4. **Báscula.**—Esta balanza (fig. 19) inventada por Quitenz, se compone de un platillo ó tablero sobre el cual se colo-



Eig. 19.—Báscula

ca el cuerpo que se trata de pesar, y de otro platillo suspendido al extremo del brazo de palanca donde se colocan las pesas que han de equilibrar al cuerpo del tablero. La longitud del brazo de palanca que soporta las pesas graduadas, es diez veces menor y por lo tanto, según el principio del equilibrio de dos fuerzas aplicadas á los extremos de los brazos desiguales de una palanca, bastará colocar sobre el platillo un peso diez veces menor que el colocado en el opuesto.

Así, un peso de 20 kilogramos bastará para equilibrar un fardo diez veces más pesado ó $20\text{ k} \times 10 = 200$ kilogramos.

5. **La báscula de Berenger.**—Se funda en los mismos principios que la anterior; pero los brazos del fiel están en relación de 1 á 100, y por consiguiente bastará 1 kilogramo para equilibrar 100 kgs. colocados en el tablero.

6. **La romana.**—Es como la anterior, una palanca de primer género y de brazos desiguales. Los cuerpos que se han de pesar están colgados de un gancho *A*, y se sostienen por una chapa que remata en un anillo. Sobre el brazo mayor de la palanca corre un peso ó pílón *P*, destinado á equilibrar é indicar el peso del cuerpo.

Ese instrumento es muy cómodo para las pesadas que no exigen grande precisión; tiene además la ventaja de no exigir pesas movibles.

7. **Pesón.**—El *pesón* es un instrumento que sirve para determinar el peso de los cuerpos sin emplear ningún peso conocido.

Se compone de una palanca angular *A B C* de brazos desiguales, y movable alrededor del punto *B*. En un extremo *A* del brazo menor de la palanca *A B* se suspende un platillo *E* destinado á recibir el cuerpo que se pesa; la otra rama lleva consigo una pequeña masa fija, y se termina por una aguja que recorre las divisiones del arco *C D*; esta describe un arco tanto más grande cuanto es más pesado el cuerpo que se pesa.

8. **Requisitos de una buena balanza.**—Una balanza es buena cuando es *precisa y sensible*.

Es precisa cuando, colocando pesos iguales en ambos platillos, el fiel se mantiene horizontalmente. Para esto es menester:

1.º Que los brazos del fiel sean iguales en peso y longitud; 2.º que la vertical del centro de gravedad pase por el eje de suspensión cuando el fiel es horizontal.

Es sensible cuando oscila el fiel al colocar en uno de los platillos el más insignificante peso. Para esto se requiere:

1.º Que los brazos del fiel sean largos y livianos; 2.º que el centro de gravedad esté lo más cerca posible y algo más abajo del centro de suspensión.

Para que la sensibilidad quede constante, sea cual fuere la carga, es menester que los tres cuchillos estén siempre en línea recta.

9. Método de Borda ó de las dobles pesadas.—El método de las dobles pesadas es debido al físico francés Borda; permite obtener el peso exacto de un cuerpo con una balanza que no sea precisa. Para esto se coloca el cuerpo, cuyo peso se quiere conocer, en uno de los platillos y se equilibra con perdigones ó arena: eso es lo que se llama *obtener la tara*; luego se reemplaza el cuerpo por pesas hasta que el equilibrio se restablezca. El peso obtenido así es exactamente el del cuerpo.

CUESTIONARIO.—¿Qué es una balanza?—¿Cuáles son las principales piezas de una balanza?—¿—¿Cuáles son las principales balanzas?—Describir la balanza ordinaria, la de Roberval, la báscula, la romana, el pesón.—¿En qué relación están los brazos de la báscula de Beranger?—¿Qué condiciones requiere una buena balanza?—¿Qué se llama precisión en una balanza: ¿sensibilidad?—¿En qué consiste el método de Borda?

SEGUNDA PARTE

CAPITULO I

HIDROSTÁTICA

1. **Definición.**—*La hidrostática es la parte de la física que estudia las condiciones de equilibrio de los líquidos y de las presiones que ejercen sobre los vasos.*

2. **Transmisión de las presiones en los líquidos. Principio de Pascal.**—Los líquidos transmiten en todo sentido y con igual intensidad, las presiones ejercidas sobre una porción cualquiera de la superficie. Si por ejemplo dos émbolos *B* y *A* tienen el uno una superficie 10 veces mayor que

el otro (fig. 20) los cuales cierran herméticamente dos cilindros llenos de agua. Un peso de 10 kilogramos colocado encima del émbolo más grande será equilibrado por un peso de 1 kig. colocado sobre el menor.

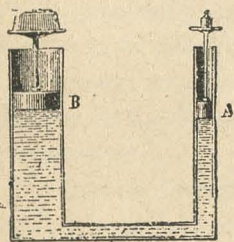


Fig. 20. — Transmisión de las presiones en los líquidos.

superficie.

La presión soportada por una superficie cualquiera es, pues, proporcional á la extensión de esta

Prensa hidráulica.—Este aparato, cuya invención se atribuye á Pascal, se funda en el principio de igualdad de presión en los líquidos.

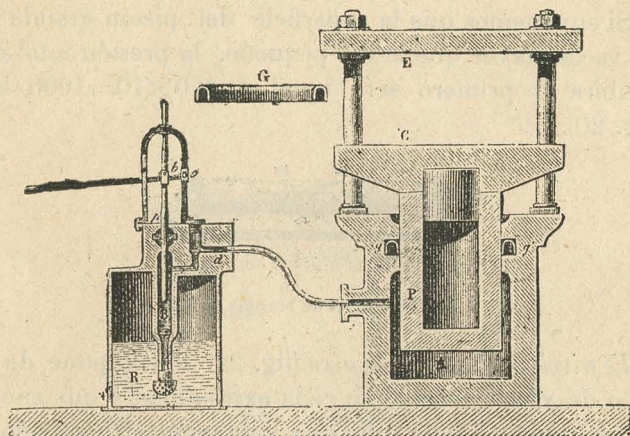


Fig. 21.—Corte de una prensa hidráulica

A, cilindro grande con su pistón P.—C, plataforma movable.—F, plataforma fija.—B, pequeño cuerpo de bomba; p, su pistón; l, palanca del pistón; b, biela articulada; a, d, válvula.

Se compone esencialmente (fig. 21.) de dos cilindros de fundición A y B, de paredes muy resistentes, uno de los cuales tiene un diámetro mucho más grande que el otro; los dos cilindros comunican entre sí por medio de un tubo horizontal, también de fundición, y en cada uno de ellos se mueve, rozando muy bien las paredes, un émbolo macizo.

Supongamos ahora los dos cilindros llenos de agua ó de un líquido cualquiera, y á igual altura en ambos el nivel del líquido; si se ejerce una presión de 100 kg. so-

bre el pistón pequeño p , esta presión se transmite íntegramente á toda la masa líquida, y por tanto cada porción del pistón grande P igual á la sección del pequeño, recibirá de abajo arriba una presión de 100 kgs.

Si suponemos que la superficie del pistón grande sea 10 veces mayor que la del pequeño, la presión total que recibirá el primero será igual á $100 \times 10 = 1000$ kgs. (fig. 20).

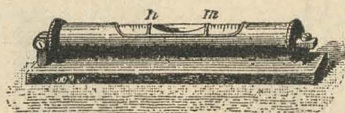


Fig. 22.—Nivel de burbuja de aire

El nivel de burbuja de aire (fig. 22) se compone de un tubo de vidrio cerrado en cada extremidad y que contiene un líquido. Dicho tubo está ligeramente abombado en su parte media. Va colocado sobre una tablilla de cobre trabajada de tal modo que si se la coloca sobre una superficie perfectamente horizontal la burbuja de aire m n es tangente á dos rayas marcadas en el tubo de vidrio.

Presión de los líquidos sobre el fondo de los vasos.—*Los líquidos ejercen sobre el fondo de los vasos que los contienen una presión de arriba abajo, igual al peso de una columna de líquido que tuviese por base el fondo del vaso y por altura la distancia del fondo á la superficie libre del líquido* El aparato de Massón y el de Haldat sirven para demostrar este hecho.

Aparato de Massón.—En este aparato (fig. 23) se ator-
nillan en *D* sucesivamente los tres vasos *A B C* cuyos
volúmenes son diferentes, pero cuya abertura inferior es
la misma.

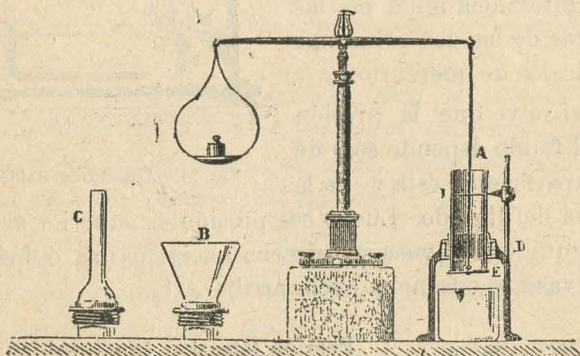


Fig. 23.—Aparato de Massón

Un disco plano (obturador) que cierra la abertura, se sostiene con un hilo por medio de una pesa colocada en el platillo de la balanza.

Se nota que el obturador movable *E* se separa las tres veces, cuando el agua llega al mismo nivel *I* de los vasos: luego la presión en el fondo depende sólo de la altura del líquido y no de su volumen.

Aparato de Haldat.—Este aparato (fig. 24) se compone de dos tubos comunicantes en los cuales se vierte mercurio, y se nota que al ator-
nillarse sucesivamente en M los tres vasos que llenan las condiciones del experimento anterior, una altura de agua MH determina una diferencia igual en las alturas de las dos columnas verticales de mercurio.

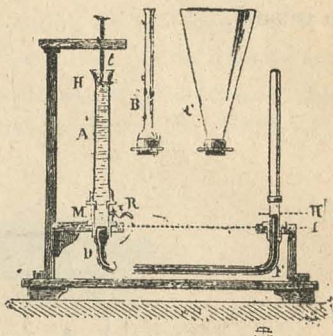


Fig. 24.—Aparato de Haldat

Así se ve que la presión en el fondo depende sólo de la superficie de éste y de la altura del líquido. Luego esa presión es superior al peso del líquido si el vaso se estrecha hacia arriba, é inferior si el vaso se ensancha hácia arriba

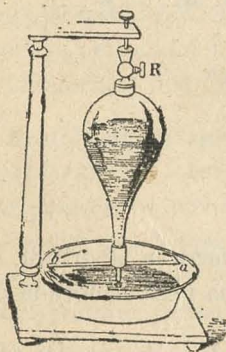


Fig. 25.—Molinete hidráulico

Presión lateral.—Los líquidos ejercen también presiones laterales sobre las paredes de los vasos que los contienen. Se sirve para demostrarlo de un tubo encorvado y cerrado por un obturador de vidrio, con el cual se experimenta, como en el tubo recto para las presiones verticales.

La existencia de las presiones laterales puede evidenciarse también por medio del *molinete hidráulico* (fig. 25). Se compone de un vaso de cristal V lleno de agua y móvil alrededor de su eje vertical. La extremidad inferior del vaso comunica por medio de una

llave con dos tubos horizontales, encorvados en los extremos y en sentido contrario.

Lleno de agua el aparato se le ve, desde que se abre la llave y empieza á salir el líquido, tomar un movimiento de rotación en sentido opuesto al de la marcha del líquido, movimiento que es tanto más rápido cuanto mayor es la altura del nivel en el vaso y más ancha la sección de los orificios por los cuales el agua se escapa. Este instrumento y el *carretón de reacción* reciben el nombre de *vasos de reacción*.

El valor de la presión lateral es igual al peso de una columna de líquido que tiene por base la superficie considerada y por altura la distancia del centro de gravedad de esta superficie al nivel del líquido.

Presión en el interior.—*Toda superficie plana y horizontal considerada en el interior de un líquido en equilibrio, soporta presiones iguales en sus dos caras.* Por consiguiente la cara inferior recibe un empuje vertical de abajo arriba igual al peso de una columna de líquido cuya base es la superficie considerada y la altura su distancia hasta el nivel del líquido.

Se verifica fácilmente con un tubo recto (fig. 26) abierto en sus extremidades. Un disco de vidrio *a b* bastante liviano, se sostiene luego con la mano contra la abertura inferior por medio de un hilo que pasa en el interior del tubo. Se sumerge después el tubo ver-

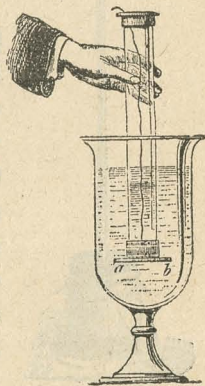


Fig. 26—Presión vertical de abajo hacia arriba

ticamente en el agua y se nota que entonces se puede soltar el hilo, quedando el disco contra la abertura.

Para medir el valor de esa presión, se echa agua en el tubo y se nota que el disco *a b* se separa cuando el agua de ese tubo llega al nivel de la del vaso.

La ley queda también exacta aunque la superficie considerada no sea horizontal; en este caso, la presión es equivalente al peso de una columna de líquido cuya altura es la distancia que media entre el centro de gravedad de esta superficie y el nivel del líquido.

Esa presión se aplica en un punto llamado *centro de presión*, que se encuentra algo más abajo del centro de gravedad.

Las presiones son siempre normales con las superficies de presión

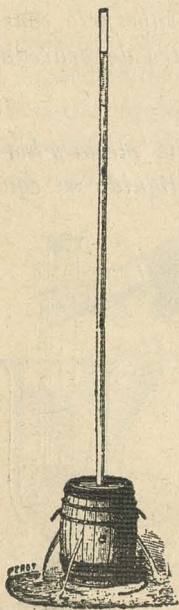


Fig. 27.—Tonel de Pascal

Tonel de Pascal.—Ese experimento (fig. 27) es una aplicación del principio de Pascal y comprueba hasta la evidencia la existencia de las presiones laterales. En un tonel lleno de agua se le adapta un tubo largo y angosto que también se llena de agua. Si el tubo tiene, por ejemplo, 3 m. de alto y 1 cm.² de sección cada centímetro cuadrado de las paredes del tonel soportará una presión de 300 gr. á lo menos, lo que daría, para un tonel ordinario, una presión de 7 á 8,000 kg. Por tanto, soportando tal presión, las duelas se abren y chorrea el

agua por todas partes.

CUESTIONARIO.—¿Cuál es el objeto de la hidrostática?—¿Cuál es el principio de Pascal?—¿En qué consiste la prensa hidráulica?—¿En qué principio se funda?—Describir el aparato?—¿En qué consiste el nivel de burbuja de aire?—¿Cuál es su objeto? su forma? sus partes principales?—¿A qué es igual la presión de un líquido sobre el fondo del vaso que lo contiene? sobre las paredes laterales, de abajo arriba?—¿En qué consiste el aparato de Massón? de Haldat?—¿Para qué sirve el *molinete hidráulico*?—¿En qué consiste el experimento del tonel de Pascal?—¿Cómo se verifica la presión ejercida sobre una superficie plana considerada en el interior de un líquido?

CAPITULO II

Vasos comunicantes

1. **Vasos comunicantes.**—Llámanse vasos comunicantes dos ó más recipientes unidos entre sí, de modo que el líquido puede pasar libremente del uno al ótro.

2. **Principio.**—*Para que un líquido se mantenga en equilibrio en un sistema de vasos comunicantes es necesario que todos los niveles estén en un mismo plano horizontal.*

Los surtidores, la distribución del agua en las ciudades, los pozos artesianos, los pozos ordinarios se fundan en este principio.

En los *surtidores* (fig. 28) el agua viene de un depósito *M* por medio de un tubo *T* á una cebolla de surtidor *R* colocada más abajo.

El agua no se levanta á la misma altura del depósito de donde sale, porque encuentra tres especies de resistencias.

1^a. El *roce* del agua en el tubo de transmisión.

2^a. La *resistencia* del aire.

3^a. La *presión* que ejercen las gotas que caen sobre las que se elevan.

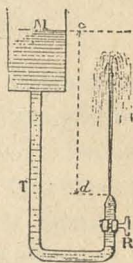


Fig. 28.—Surtidor

3. **Fuentes de las ciudades.**—La distribución del agua en las fuentes de las ciudades tiene el mismo principio. Enormes depósitos transmiten el agua por conductos subterráneos á los surtidores, pilas, grifos, pilones y llaves.

Pozos artesianos.—Los pozos artesianos (fig. 29) son unas aberturas muy estrechas perforadas con la sonda y

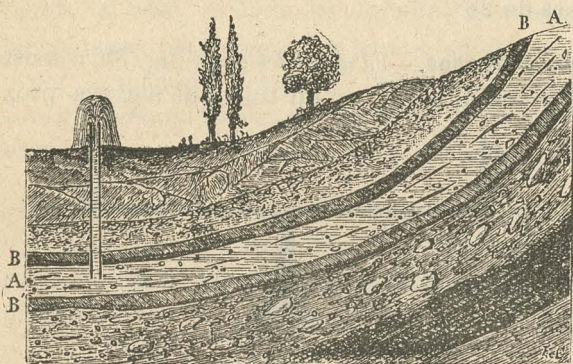


Fig. 29.—Pozos artesianos

de una profundidad muy variable. Las aguas salen en general al exterior en forma de salto.

Sea un valle *C'* debajo del cual se halla una capa impermeable *B*; debajo de esta una capa permeable *A*, y en fin una 3.^a. capa impermeable *B'*. Imaginemos la capa *A* en comunicación con terrenos más elevados: al través de los cuales se filtran las aguas de las lluvias.

Estas aguas siguiendo la pendiente natural del terreno al través de la capa permeable *A*, van á parar al fondo de la cuenca geográfica. Allí se acumulan no pudiendo desaparecer á causa de las dos capas impermeables. Pero si partiendo del suelo se practica una abertura que atraviese esta capa, las aguas tendiendo siempre á ponerse al nivel, se elevan hasta una altura tanto más grande cuanto más elevado sea el terreno con el cual comunican.

El pozo de Grenelle en París, alcanza á 548 metros de profundidad y el agua que surge tiene una temperatura de 27°; el de Passy tiene 587 m. y la temperatura de sus aguas es de 28°.

4. **Nivel del agua.**—El *nivel del agua* (fig. 30) consiste como se ve en la figura, en un tubo que alcanza próxima-

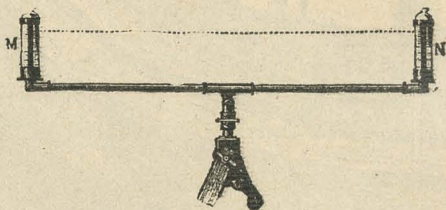


Fig. 30.— Nivel del agua

mente un metro de largo, encorvado en sus dos extremidades que se llenan de agua coloreada.

El aparato descansa sobre un trípode. El rayo visual (fig. 31) que pasa por las dos superficies del agua en los vasos determina la línea de nivelación horizontal de donde se deduce la diferencia de altura.

5. **Equilibrio de los líquidos superpuestos.**—Cuando muchos líquidos de densidad distintas están contenidos en



Fig. 31.—Uso del nivel de agua

un mismo vaso se colocan formando capas paralelas, en orden de densidades de abajo arriba. Se demuestra este principio colocando en un vaso: *agua, mercurio y aceite*. Cuando el vaso se agita los líquidos se mezclan momentáneamente; pero cuando se le deja en reposo, se separan por sí mismos, formando láminas horizontales y se colocan de abajo arriba, según el orden de sus densidades: mercurio, agua y aceite.

6. Capilaridad.—Se llaman *tubos capilares* (de capillus, cabellos) unos tubos de diámetro muy pequeño. En esos tubos los líquidos no obedecen á las leyes de los vasos comunicantes.

Se toma un tubo de vidrio que se sumerge en parte en un líquido, conservándolo verticalmente (fig. 32).

Si el tubo no está mojado por el líquido (mercurio) el nivel interior es más bajo que el exterior, lo que se llama *depresión capilar*.

La superficie libre presenta un menisco convexo *a b*. Si el tubo está mojado por el líquido (agua) el nivel en el interior del tubo, está más alto que en el exterior, lo que se llama *ascensión capilar*.

En este caso la superficie es cóncava, *c d*. La capilaridad desempeña un papel importante en la circulación vegetal, la ascensión del aceite en las mechas de las lámparas, la imbibición de los cuerpos porosos (esponja, azúcar, montón de arena).

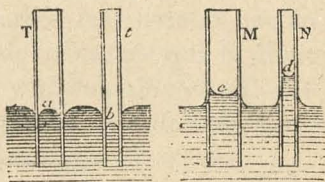


Fig. 32.—Capilaridad

La capilaridad explica que un líquido suba á alturas diferentes en dos tubos angostos, de diámetros diferentes, cuando comunican libremente entre sí.

CUESTIONARIO.—¿Qué son vasos comunicantes?—¿En qué principio se fundan?—¿Qué son pozos artesianos?—Dad algunas explicaciones. ¿Qué es el nivel de agua?—¿Para qué sirve?—¿Cómo son entre sí las alturas de los líquidos de densidades diferentes en dos vasos comunicantes?—¿Qué se llaman tubos capilares?—¿Qué fenómenos se observan cuando se sumergen en un líquido que los moja ó que no los moja? Dad ejemplos de capilaridad.

CAPITULO III

Principio de Arquimedes.—Cuerpos Sumergidos

1. Los cuerpos sumergidos en un líquido, sufren un empuje de parte de ese líquido.

Arquimedes ha expresado el valor de ese empuje en el principio siguiente: *Todo cuerpo sumergido en un líquido recibe un empuje vertical de abajo arriba igual al peso del líquido que desaloja.*

2. **Peso aparente de los cuerpos sumergidos.**—Un cuerpo sumergido en un líquido parece más liviano que en el aire porque el peso encontrado no es más que la diferencia entre su peso verdadero y el empuje vertical del líquido. Esto es lo que se expresa diciendo vulgarmente que un cuerpo sumergido *pierde algo de su peso.*

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

1.º Si el peso del cuerpo es *mayor* que el del líquido desalojado, el cuerpo se sumerge. Ej.: el hierro, el plomo, el cobre en el agua.

2.º Si el peso del cuerpo es *igual* al peso del líquido desalojado, el cuerpo queda en suspensión en todas las posiciones. Ej: un pez inmóvil en el agua, un huevo en el agua salada.

3.º Si el peso del cuerpo es *menor* que el peso del líquido desalojado, el cuerpo flota. Ej: el corcho y la madera en el agua, el hierro en el mercurio.

Se realizan estas tres condiciones por medio de un

aparato llamado *ludión* (fig. 33). Este consiste en una figurilla de vidrio ó de esmalte colgada de un pequeño globito lleno de aire. El aparato está colocado en una probeta llena de agua y cerrada herméticamente por una membrana; cualquier presión ejercida sobre ésta hace penetrar cierta cantidad de agua en el globo de modo que el peso del aparato aumenta y el ludión baja; pero si deja de obrar la presión el aire del globo repele una parte del agua que contiene y sube el aparato.

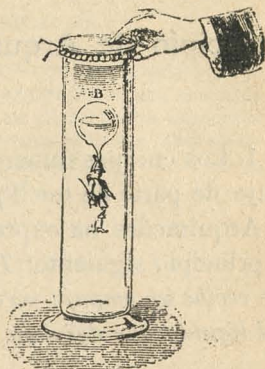


Fig. 33.—El ludión.

3. Cuerpos flotantes.—Un cuerpo flotante está en equilibrio cuando desaloja un volumen del líquido igual al suyo. Para hacer flotar un cuerpo más pesado que el agua se modifica su forma, de manera que el peso del volumen de agua desalojada sea superior á su propio peso. Ej.: vaso de hierro, hoja de plomo en forma de caja, maderas con salvavidas de corcho.

4. Determinación del volumen de un cuerpo.—Para encontrar el volumen de un cuerpo se lo suspende debajo del platillo de la balanza hidrostática. Su tara estando hecha en el aire, se sumerge el cuerpo (si no es soluble) en el agua y los pesos que es preciso añadir sobre el platillo para restablecer el equilibrio, dan el peso del agua desalojada y por consiguiente su volumen.

5. **Balanza hidrostática.**—La *balanza hidrostática* (fig. 34) es una balanza ordinaria cuyo fiel puede bajar ó subir fácilmente mediante una cremallera que se pone en movimiento por medio de un piñón. Estando alzado el fiel

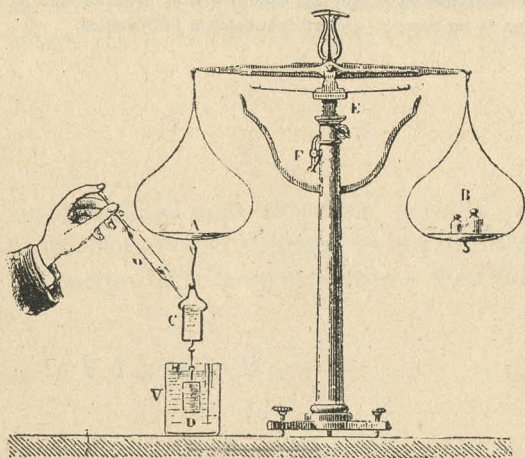


Fig. 34.—Demostración experimental del principio de Arquímedes

se cuelga de uno de los platillos un cilindro hueco de latón *C*, y debajo de éste, otro macizo *D* cuyo volumen es exactamente el mismo que la capacidad del primero. En seguida en el otro platillo *B* se colocan pesas hasta que se establezca el equilibrio. Si entonces se llena de agua el cilindro *C*, el equilibrio se destruye; pero si se baja el fiel de modo que el cilindro *D* se sumerja en el agua de un vaso el equilibrio se restablece. Luego el cilindro *D* experimenta un empuje igual al peso del líquido alojado.

La balanza hidrostática sirve además para determinar la densidad de los sólidos y líquidos, esto es, su peso según la unidad de volumen.

CUESTIONARIO.—Enunciar el principio de Arquímedes.—¿Qué es peso aparente de los cuerpos sumergidos? Casos que presentan los cuerpos sumergidos ¿Cómo se hace flotar un cuerpo más pesado que el agua?—¿Cómo se determina el volumen de un cuerpo?—Describir la balanza hidrostática.

CAPITULO IV

Densidades

1. **Definición.**—Se llama *densidad* (D) ó mejor dicho *peso específico* de un cuerpo, *la relación que existe entre el peso del cuerpo P y el peso de un volumen igual de agua V .*

$$D = \frac{P}{V}$$

El conocimiento del peso específico permite calcular el peso de un cuerpo cuyo volumen se conoce. Sea P el peso de un cuerpo, D su peso específico y V su volumen; tendrás

$$P = D \times V \text{ ó también } D = \frac{P}{V}$$

2. **Determinación de las densidades.**—Para determinar la densidad de un cuerpo, se busca: 1.º el peso del cuerpo; 2.º su volumen ó el peso de su volumen de agua; 3.º el cuociente del número que expresa el peso del cuerpo por el que representa su volumen. Dicho cuociente es la densidad del cuerpo.

3. **Densidad de los sólidos.**—1.º Si el cuerpo tiene una forma geométrica, se busca su volumen por los procedimientos matemáticos y se divide el peso por el volumen encontrado.

2º. Si el cuerpo tiene una forma cualquiera, se emplea la balanza hidrostática ó el areómetro de Nicholson ó el frasco de densidad.

Método de la balanza hidrostática.—

1.º Se busca el peso del cuerpo por dobles pesadas (fig. 35); 2.º se lo cuelga del platillo F de la balanza y se lo sumerge en el agua. El peso que se debe añadir en ese mismo platillo para establecer el equilibrio da el peso del agua desalojada por el cuerpo y por lo tanto su volumen; 3.º el cociente de esos dos pesos da la densidad.

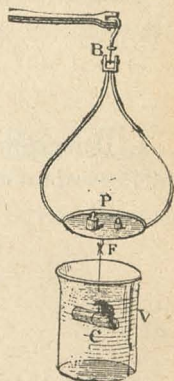


Fig. 35. — Metodo para averiguar la densidad

Método del areómetro de Nicholson.

—1.º Se coloca el cuerpo en el platillo C , con la tara necesaria para que el areómetro se sumerja hasta el punto de referencia marcado en A (fig. 36) en la varilla que sostiene el platillo. Se saca el cuerpo y se lo reemplaza con las pesas marcadas necesarias para restablecer el flote hasta A ; dichas pesas son el peso del cuerpo; 2.º se sacan las pesas marcadas y se coloca el cuerpo en un platillo inferior B y se introduce en el agua; las pesas que han de añadirse en C para restablecer el flote representan el peso del agua desplazada por el cuerpo; 3.º el cociente de esos dos números es la densidad.

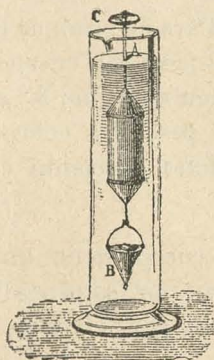


Fig. 36.—Aparato de Nicholson

Método del frasco.—1.º El cuerpo está colocado en uno de los platillos de una balanza junto al frasco A (fig. 37) lleno de agua hasta el punto de referencia O en el tapón de vidrio esmerilado C . Se lo

equilibra con tara y luego se saca el cuerpo reemplazándolo con pesas conocidas: así se obtiene su peso por doble pesada; 2.º se sacan las pesas conocidas y se introduce el cuerpo en el frasco: una parte del agua sale, y se vuelve á poner el frasco en el platillo.

Las pesas que han de añadirse junto al frasco para restablecer el equilibrio dan el peso del agua desalojada y á la vez el volumen del cuerpo; 3.º el cuociente de esos dos números es la densidad.

NOTAS.—1.º Si el cuerpo es poroso se lo untta con una capa muy fina de colodión para evitar la imbibición.

2.º Cuando el cuerpo es soluble en el agua se busca su densidad por medio de otro líquido en que no se disuelva; después se multiplica esa densidad por la del líquido que se haya empleado.

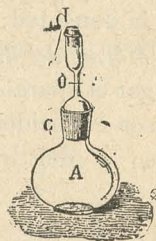


Fig. 37. — Frasco de densidad

Densidad de los líquidos.—La densidad de los líquidos se determina por medio de la *balanza hidrostática*, el *frasco de densidad* ó el *areómetro* de *Fahrenheit*.

Método de la balanza hidrostática.—Se cuelga del platillo de la balanza hidrostática un cuerpo insoluble en el agua y en el líquido (fig. 38], y luego se averigua la tara.

Se sumerge después el cuerpo sucesivamente en el líquido y en el agua; el cuociente de los pesos co-

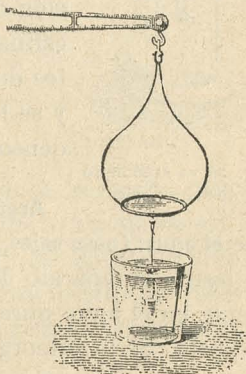


Fig. 38.—Densidad de los líquidos

nocidos que deben añadirse para restablecer el equilibrio en ambos casos es la densidad.

Método del frasco.—El frasco después de habérsele obtenido la tara, se llena sucesivamente con el líquido y con el agua, pesándolo cada vez. El cuociente de ambos es la densidad.

Método del areómetro de Fahrenheit (fig. 39) 1.º Se hace llegar el aparato al líquido hasta el punto de referencia con pesos conocidos: el peso del líquido desalojado es igual al peso p del instrumento y de los pesos conocidos P .

2.º Se reemplaza el líquido por agua: las mismas operaciones dan el peso de igual volumen de agua. 3.º El cuociente de esos pesos es la densidad.

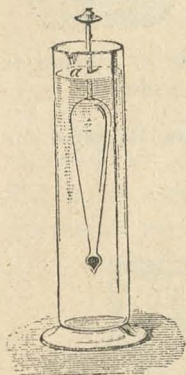


Fig. 39. — Areómetro de Fahrenheit.

Areómetro de peso constante.—Los areómetros de peso constante son aparatos que señalan el grado de concentración de los licores, de las soluciones alcalinas y de los ácidos. Esos instrumentos difieren tan sólo por la graduación y se hunden tanto menos cuanto más densos sean los líquidos.

Areómetro para líquidos más pesados que el agua: (pesa-sales, pesa-ácidos, pesa-jarabes), (fig. 40). Se lastra el aparato hasta que se sumerja casi enteramente en el agua pura; se señala 0° en el punto de referencia. Se lo sumerge después en una solución de 15 partes de sal marina y 85 partes de agua; se marca 15° en el nuevo punto de referencia. El espacio de 0 á 15 ,

dividido en 15 partes iguales da los grados del instrumento; se siguen los números hasta abajo del tubo.

Esos aparatos no señalan las densidades de los líquidos; sirven sólo de puntos de comparación en el comercio.

Areómetros para líquidos menos densos que el agua: pesa-licores,—pesa-espíritus, etc.



Fig. 40
Pesa ácidos.

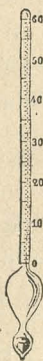


Fig. 41
Pesa licores.

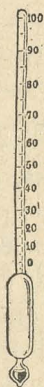


Fig. 42
Alcohómetro.

Se lastra el aparato de modo que se sumerja hasta el principio del tubo en una mezcla de 10 partes de sal marina y 90 de agua, y se marca $0.^{\circ}$ Se sumerge después en agua pura, y se marca 10° en este punto de referencia. El espacio de 0 hasta 10, dividido en 10 partes iguales, da los grados del aparato.

Graduación del alcohómetro centesimal de Gay-Lussac.

—Se obtienen mezclas que contengan sucesivamente, en volumen 95, 90, 85 partes de alcohol y 5, 10, 15 de agua;

se sumerge el instrumento en esas mezclas y se tienen así los puntos principales de la graduación, basta dividir después los espacios intermediarios en 5 partes iguales (fig.42)

El pesa-espíritus de Cartier y el alcoholímetro centesimal de Gay-Lussac sirven ambos para conocer el grado de concentración de una mezcla de alcohol y de agua, pero éste aventaja á aquel por cuanto expresa en centésimas la proporción de alcohol que contiene el licor.

Los licores y los vinos se valúan después de la destilación con esos instrumentos que indican la riqueza alcohólica de los líquidos probados

Pesa leche, pesa vino.—Estos instrumentos se fundan en el mismo principio que los instrumentos precedentes y dan á conocer aproximadamente qué cantidad de agua va mezclada con el líquido que se quiere estudiar. Los resultados que proporcionan acerca de la naturaleza de esos líquidos son poco probantes, porque la densidad de dichos líquidos pueden variar con su proveniencia sin que haya falsificación.

CUESTIONARIO.—¿Qué se llama densidad ó peso específico?—¿Cómo puede conocerse el peso de un cuerpo conociendo su volumen y su densidad?—En general ¿cómo se busca la densidad de un cuerpo?—Decir las operaciones necesarias para determinar la densidad de un cuerpo con la balanza hidrostática, con el frasco, con el areómetro de Nicholson. ¿Cómo se procede cuando el cuerpo es poroso ó soluble en el agua?—¿Cómo se determina la densidad de un líquido? ¿Qué se llaman areómetros de peso constante?—¿Cuáles son los principales?—¿Cómo se gradúan?—¿Qué es el alcoholímetro centesimal?—¿Cómo se determinan sus divisiones?

CAPITULO V

Propiedades de los gases

Fuerza de la expansión de los gases.—Los gases son eminentemente expansivos porque tienden á ocupar espacios más y más grandes. Se demuestra esta propiedad colocando bajo el recipiente de la máquina neumática, una vejiga con una pequeña cantidad de aire (fig. 43); la vejiga se infla á medida que disminuye la presión del aire; pero cuando se deja penetrar el aire exterior la vejiga se comprime de nuevo.

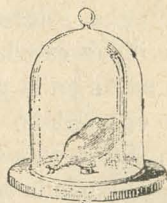


Fig. 43.—Fuerza de expansión de los gases.

Compresibilidad de los gases.—La compresibilidad del aire libre y demás gases, es una consecuencia de su fuerza de expansión. *El eslabón neumático* (fig. 44), y la *bomba de compresión* sirven para demostrar esta propiedad.

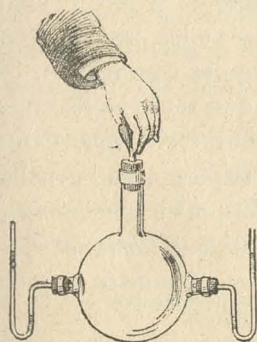


Fig. 45.—Transmisión de las presiones

Transmisión de las presiones.— Los gases, como los líquidos, transmiten las presiones en todo sentido. En efecto, si se carga con un peso de 10 kg. una vejiga de caucho (goma) y que se introduzca aire en este recipiente, el peso será levantado porque la presión ejercida



Fig. 44.—Compresibilidad de los gases

á la entrada de la vejiga se transmite á las paredes de esta.

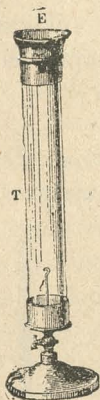
Se puede también emplear un globo de dos aberturas horizontales en que se adaptan dos tubos acodillados, como lo muestra la figura 45, se vierte un poco de agua coloreada en esos tubos y luego se adapta una perilla de caucho en el tapón. Ejerciendo una presión con la mano en la perilla, el aire que ésta contiene es repelido en el globo y se nota que el agua sube á igual altura en ambos tubos. La presión se ejerce, pues, en todos sentidos y con la misma intensidad.

Los gases son pesados.—Para demostrarlo se pesa una botella de vidrio llena de aire, se hace en ella el vacío, en seguida se la pesa de nuevo; se nota que el segundo peso es menor que el primero. El aire pesa 773 veces menos que el agua.

Atmósfera.—Atmósfera es la capa de aire que envuelve la tierra, tiene según cálculos aproximativos, de 60 á 70 kms. de espesor. Como el aire es pesado si se concibe la atmósfera dividida en capas horizontales, las capas superiores pesan sobre las inferiores y las comprimen. Decreciendo esta presión á medida que se asciende en las capas, el aire es menos denso, más enrarecido cuanto más se sube en la atmósfera. Muchas experiencias prueban que la atmósfera ejerce una presión, tales son: *lluvia de mercurio, rompevejigas, hemisferios de Magdeburgo, sifón, huevo introducido en una garrafa, ascensión del agua en una botella donde se ha hecho el vacío.*

Lluvia de mercurio (fig. 46).—El tubo *T* estando tapado en su extremidad superior con un disco de madera so-

bre la cual se vierte mercurio se hace el vacío en él. El mercurio comprimido por la presión atmosférica atraviesa el disco y cae en el interior. Este experimento también enseña la porosidad de los cuerpos.



Lluvia de mercurio
Fig. 46.



Rompevejigas
Fig. 47.



Hemisferios de Magdeburgo
Fig. 48.

Rompevejigas (fig. 47).—Un cilindro ancho está tapado en su parte superior con una membrana bien tendida. Cuando se hace el vacío en él, la presión atmosférica hace deprimir la membrana y acaba por rasgarla.

Hemisferios de Magdeburgo (fig. 48).—Esos hemisferios son fáciles de separar cuando la presión atmosférica se ejerce en su interior; pero si se hace el vacío en ellos, es necesario un esfuerzo considerable para separarlos.

Otros experimentos.—Si se calienta el aire de un vaso ordinario, quemando en él un pedazo de papel, y que se aplique la palma de la mano en la abertura, el aire interior disminuyendo de presión al enfriarse se ve que la

palma de la mano se abulta hacia el interior del vaso que se vuelve colorada porque la sangre procura salir de los tejidos. Así se atraen al exterior ciertos humores que estorban los órganos (ventosas)

Se explica del mismo modo el porqué un huevo duro, cocido, sin cáscara, colocado en la abertura de una garrafa en que se acaba de quemar papel se precipita en el fondo de ella.

Valor de la presión atmosférica.—*Experimento de Torricelli* (fig. 49). La presión atmosférica sobre los objetos y sobre nuestro propio cuerpo [nos parece nula, porque se ejerce en todo sentido. No nos incomoda porque el aire que llena las cavidades del cuerpo humano tiene la misma presión que la atmósfera. Sin embargo, es muy intensa, nos lo prueba el experimento de Torricelli.

Si se toma un tubo de vidrio de 1 m. tapado en una extremidad y lleno de mercurio, este líquido descende en el tubo cuando se lo invierte en la cubeta del mismo líquido y, después de algunas oscilaciones, se detiene á 76 cm. sobre el nivel de la cubeta. Esta altura de nivel hace equilibrio á la presión atmosférica.

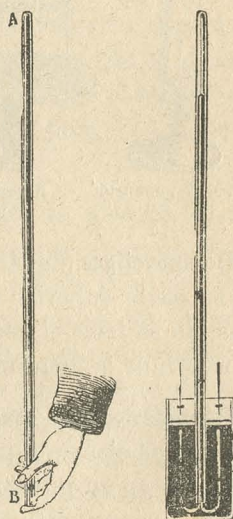


Fig. 49.—Experimento de Torricelli

Esta altura no cambia cuando se inclina el tubo, es decir, que el nivel del mercurio queda siempre en el mis-

mo plano horizontal (fig. 50); por otra parte, es independiente del diámetro del tubo: no es, pues, necesario que el interior del tubo sea regular.

Si la abertura del tubo es de un centímetro cuadrado y la altura del mercurio $0^m, 76$ tendremos un volumen de 76 centímetros cúbicos.

El peso de este mercurio es pues $13,6 \times 76 = 1 \text{ kg. } 033,6$ gramos por centímetro cuadrado.

Este peso es lo que se llama peso de una atmósfera.

La presión que ejerce la atmósfera sobre un hombre de talla mediana es de 15.500 kgs.

NOTA.—Se puede reemplazar el mercurio en el tubo, por cualquier líquido, pero las alturas serán inversamente proporcionales á las densidades de esos líquidos. Así, como el mercurio pesa 13,6 veces más que el agua, serán menester 13, 6 veces más agua que mercurio para equilibrar la presión atmosférica, es decir, una columna de agua de $0, m 76 \times 13,6$ ó 10, m. 33 de altura, poco más ó menos.

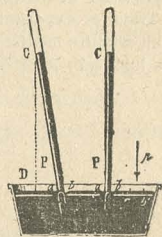


Fig. 50.—Valor de la presión atmosférica

Variación de la presión atmosférica.—1.º La presión no es la misma en todos los lugares. Mientras más elevado es un lugar sobre el nivel del mar menor es la presión atmosférica. Por esto, la columna de mercurio baja cuando uno sube las montañas. Pascal hizo la experiencia sobre el Puy de Dôme; 2.º Cuando la temperatura se eleva, el mercurio baja en el tubo porque el aire caliente al dilatarse es menos denso que el aire frío.

CUESTIONARIO.—¿Cuáles son las propiedades de los gases?—¿En qué consiste la fuerza expansiva de los gases, su compresibilidad?—¿Cómo se demuestra la compresibilidad de los gases, la elasticidad?—¿Cómo se prueba que los gases son pesados?—¿Qué pesa el aire con respecto al agua?—¿Cómo se demuestra la transmisión de la presión de los gases?—¿Qué es la atmósfera?—¿Qué es el rompevejigas? el hemisferio de Magdeburgo?—¿Qué se llama presión atmosférica?—Tratar el experimento de Torricelli—¿Cuál es la presión sobre 1 cm. $\frac{1}{2}$? sobre una estatura mediana?—¿Por qué la presión atmosférica no es la misma en todos los lugares?

CAPITULO VI

Barómetros

Definición.—Los barómetros son instrumentos que sirven para medir la presión atmosférica. Hay los barómetros de mercurio y los barómetros metálicos.

Barómetros mercuriales.—Se distinguen el barómetro ordinario y el de Torricelli, el de Fortín y el de Gay-Lussac.

Barómetros de cubeta ordinaria.—Para construir este

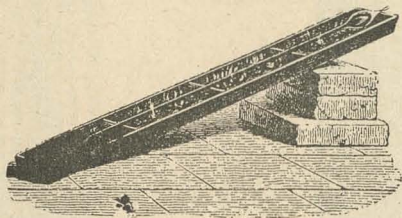


Fig. 51.—Construcción del barómetro

instrumento se toma un tubo de vidrio de unos 85 cm. de largo, cerrado en uno de sus extremos. Llénasele poco á poco de mercurio purificado que se hace hervir antes para librarle de la humedad, lo mismo que de las burbujas de aire que pueden estar adheridas á las paredes del tubo. Cuando éste está lleno, se le tapa con el dedo y se le invierte verticalmente sumergiendo su extremidad abierta en una cubeta que contiene también mercurio. Quitando entonces el dedo se ve en seguida al mercurio abandonar el vértice del tubo y detenerse, después de algunas oscilaciones á una altura de 76 cm. próximamente sobre el nivel exterior.

76

La presión atmosférica sobre una superficie dada es, por

tanto, igual al peso de una columna de mercurio que tuviera por base la superficie sometida á presión y por altura 76 cm.; ó de una manera más general la distancia vertical comprendida entre los dos niveles del mercurio, en el tubo y en la cubeta.

El tubo barométrico y su cubeta (fig. 52) están adaptados á una plancha de madera, que lleva una escala cuyo

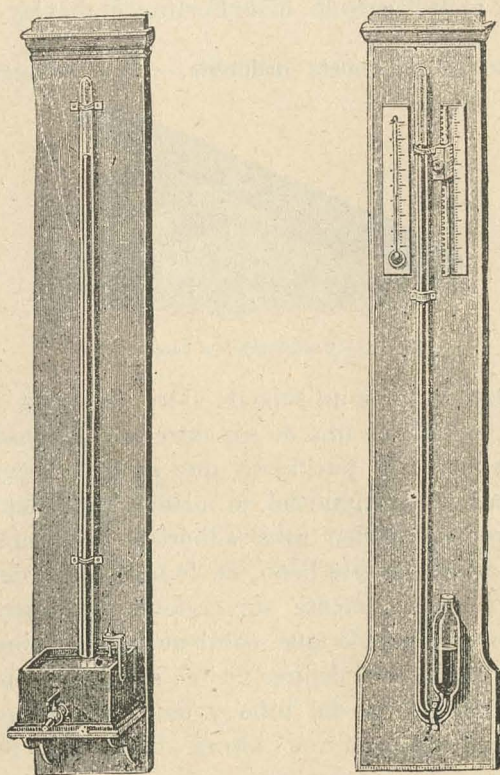


Fig. 52.—Barómetros de cubeta

punto cero corresponde al nivel del mercurio en la cubeta.

Para evitar que las variaciones del nivel superior del mercurio produzcan cambios sensibles en el inferior al cual debe corresponder el cero de la división, se da á la cubeta una anchura mucho más grande que la sección del tubo.

Barómetro de Fortin.—*El barómetro de Fortin* es aquel en que el fondo de la cubeta está formado (fig. 53) por piel de gamuza *F*, y que un tornillo *V* puede alzar ó bajar.

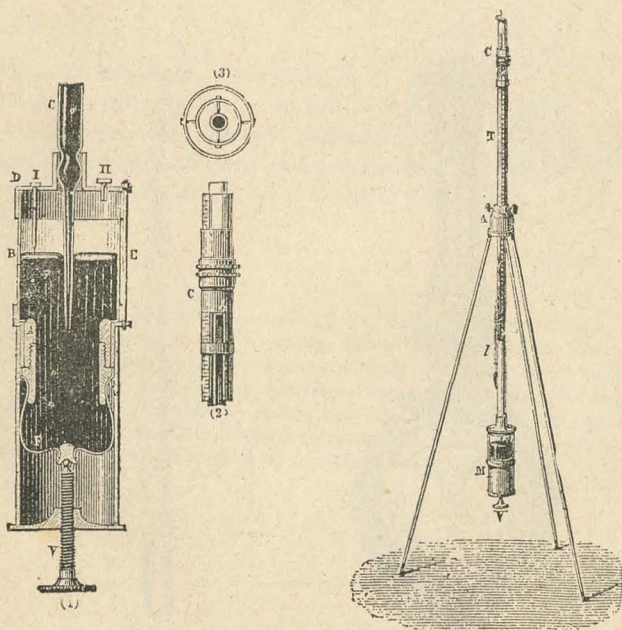


Fig. 53.—Barómetro de Fortin

En el momento de la observación, el barómetro estando vertical, se corre el tornillo hasta que el nivel *BC* del mercurio, en la cubeta, toque la punta de marfil *I*.

Es, pues, un barómetro de nivel fijo.

Ese aparato se puede transportar y presenta bastante precisión.

Un modo especial de suspensión permite darle una posición rigurosamente vertical.

Barómetro de cuadrante. (fig. 54).—Es un barómetro de sifón que lleva un cuadrante. Un flotador y una cremallera hacen mover una pequeña polea cuyo eje

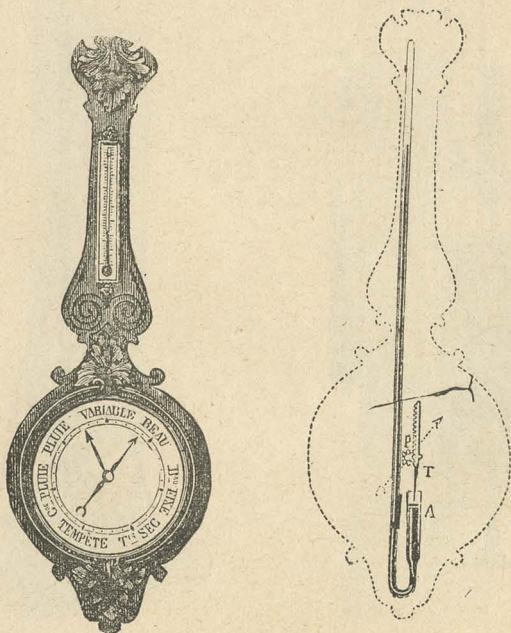


Fig. 54.—Barómetros de cuadrante

atravesando la tablilla lleva una aguja que avanza ó retrocede en el cuadrante, según el nivel del mercurio de la cubeta sube ó baja.

Barómetros metálicos ó aneroides (sin líquido).—Los barómetros metálicos se fundan en las variaciones de volumen que experimentan las cajas metálicas cerradas y vacías de aire, bajo la presión atmosférica. No tienen una sensibilidad constante.

Se gradúan por comparación con los barómetros de mercurio.

El más conocido es el barómetro de Vidi (fig. 55).

USOS.—El barómetro sirve para medir la presión atmosférica, la altura de ciertos lugares y ayuda á reconocer el estado hipsométrico del aire. Cuando uno se eleva en la atmósfera, el nivel del mercurio baja de 1 mm. por 10 m. 50 m. de elevación.



Fig. 55.—Barómetro de Vidi

CUESTIONARIO.—¿Qué es barómetro?—¿Cuáles son los barómetros más conocidos?—¿Cómo se puede llenar el barómetro de Torricelli?—¿Cómo se gradúa el barómetro ordinario?—¿De qué modo se puede evitar las variaciones del mercurio en el interior del tubo?—¿En qué consiste el barómetro de cuadrante?—¿Qué se llaman barómetros aneroides?—¿Cuáles son los más conocidos?—¿En qué se fundan los barómetros metálicos?—¿Qué objeto tienen los barómetros?—¿Qué variaciones experimentan los barómetros al subir un monte, etc?

CAPITULO VII

Compresibilidad de los gases.

Eslabón de aire.—El eslabón de aire (fig. 44) nos muestra que los gases son eminentemente compresibles, de modo que mientras más disminuyen de volumen, más aumentan de fuerza elástica.

El físico Mariotte ha formulado una ley importante, relativa á esta fuerza de expansión de los gases.

Ley de Mariotte.—*En una temperatura constante, los volúmenes de una masa gaseosa son inversamente proporcionales á las presiones que soportan.*

Si la presión se vuelve 2, 3, 4 veces mayor (ó menor) el volumen se vuelve también 2, 3, 4 veces menor (ó mayor).

1.º Para las presiones superiores á la presión atmosférica, esa ley se comprueba con el tubo de Mariotte.

El tubo de Mariotte es un tubo en-corvado (fig. 56) de ramas desiguales. La rama corta está cerrada, y abierta la larga.

Por medio de una columna de mercurio cuyos dos niveles quedan á una misma altura horizontal, se aísla en *A* una cierta cantidad de aire bajo la presión atmosférica. Si se vierte mercurio en *B* hasta que dicha cantidad de aire se reduzca á la mitad (fig. 56), la diferencia de los niveles *N' C* es igual á la altura del mercurio en el barómetro; luego el

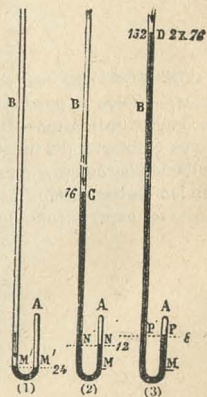


Fig. 56.—El tubo de Mariotte

aire interior soporta una presión de dos atmósferas, debida la una á la columna mercurial $N' C$ y la otra á la misma atmósfera cuya presión se ejerce libremente en C .

Si el volumen de aire se reduce al tercio, la diferencia de los niveles $P' D$ viene á ser igual á dos veces la del barómetro, lo que prueba que la masa del aire $A P$ está sometida á una presión de tres atmósferas y así en adelante.

2.º Las presiones inferiores á la presión atmosférica se comprueban por medio de la cubeta profunda (fig. 57).

El tubo que se usa es un tubo recto. Se lo llena casi enteramente de mercurio, y se lo vuelca en la cubeta profunda sumergiéndose hasta que el mercurio del tubo llegue al nivel del mercurio de la cubeta. Así se aísla en A un volumen de aire bajo la presión atmosférica.

Luego se alza el tubo hasta que el volumen de aire sea doble; la diferencia $M C$ de los niveles de mercurio iguala á la mitad de la altura del mercurio en el barómetro; luego el aire interior tiene una tensión de una media atmósfera.

Se alza el tubo hasta tener el triple de volumen de aire; la columna mercurial entonces tiene los dos tercios de la altura barométrica; el aire interior está bajo una

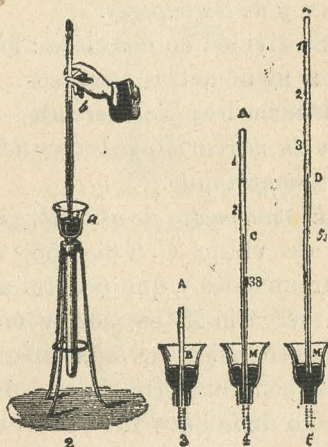


Fig. 57.

presión igual al tercio de la presión atmosférica; y así en adelante.

Llamando V y V' los volúmenes sucesivos correspondientes á la misma masa de aire, H y H' las presiones respectivas, se tiene:

$$\frac{V}{V'} = \frac{H}{H'}$$

El producto $V H'$ del volumen por la presión, es pues una cantidad constante.

Manómetros.—*Los manómetros son unos instrumentos que sirven para medir la tensión ó fuerza elástica de los gases y de los vapores.*

Se dividen en dos clases: los manómetros de líquidos y los manómetros metálicos.

Manómetros [de mercurio.—*Los manómetros de mercurio pueden ser de aire libre y de aire comprimido.*

El manómetro de aire libre es un tubo largo de vidrio CE (fig. 58) abierto en sus extremidades y que penetra en una cubeta de mercurio A , cerrada y envuelta en una caja metálica, herméticamente cerrada, la cual comunica con el gas ó el vapor por medio de la llave R .

La fuerza elástica que se mide, añadida con la presión atmosférica, se ejerce sobre el mercurio de la cubeta haciéndolo subir en el tubo á tanta mayor altura cuanto más fuerte sea la presión.

Cuando se hace un experimento se debe tomar en cuenta la presión atmosférica que se ejerce sobre el mercurio en el tubo y añadir su valor á la altura ya medida.

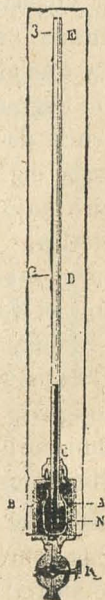
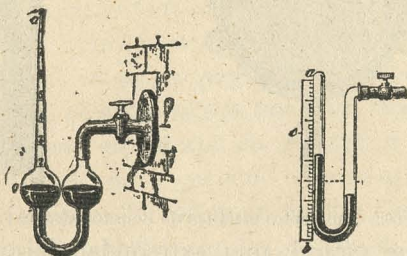


Fig. 58.—Manómetro de aire libre

El manómetro de aire libre proporciona datos exactos; tiene bastante sensibilidad pero el largo que necesita el tubo hace de él un instrumento incómodo y por tanto poco usado.

Ultimamente se instaló en la torre de Eiffel, en París, un manómetro de aire libre que puede medir hasta cerca de 400 atmósferas.



Figs. 59.—El manómetro de aire comprimido

En el *manómetro de aire comprimido* (fig. 59) la extremidad del tubo largo está cerrada. El aire se comprime por la ascensión de la columna mercurial; se lo gradúa por comparación con el manómetro de aire libre.

Este manómetro es pues una aplicación directa de la ley de Mariotte. Es mucho más cómodo que el anterior, pero tiene la desventaja de ser menos sensible al paso que va aumentando la presión, porque son tanto menores las variaciones de nivel para un aumento igual de presión cuanto mayor es ésta.

En parte se corrige este inconveniente dando al tubo una forma adelgazada, como lo enseña la figura 59

Manómetro de Bourdón.—El *manómetro metálico de Bourdón* (fig. 60) se forma de un tubo de cobre achata-

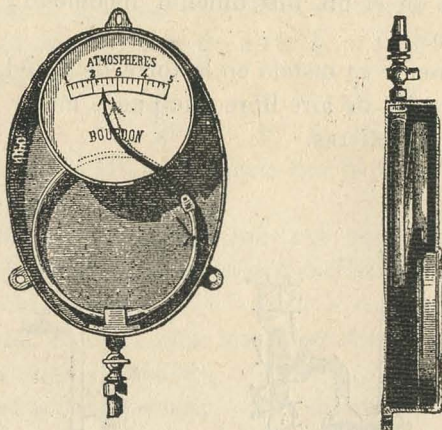


Fig. 60.—Manómetro metálico de Bourdón (frente y perfil)

do, de forma espiral; una extremidad del tubo está fija y la otra libre; ésta lleva una aguja movible delante de un cuadrante.

Dicho tubo se desarrolla ó enrosca según sea mayor ó menor la presión interior y de ese modo hace mover la aguja delante del cuadrante.

Aplicación.—La fuente de compresión es una aplicación de la compresibilidad y de la elasticidad de los gases; se llena hasta los $\frac{3}{4}$ un vaso de agua, en seguida se comprime el aire con la ayuda de la bomba de compresión, encima de la llave se atornilla un cañoncito; cuando se da vuelta á la llave la presión del aire hace saltar el agua.

! CUESTIONARIO.—¿Para qué sirve el eslabón neumático?—¿En qué consiste la ley de Mariotte?—¿Qué se llaman manómetros?—¿Cuántas clases de manómetros hay?—Describir el manómetro de aire libre? el de aire comprimido? el metálico de Bourdón?

CAPITULO VIII

Principio de Arquimedes aplicado á los gases

El principio de Arquimedes se aplica tanto á los gases como á los líquidos. Por consiguiente, *todo cuerpo sumergido en un gas experimenta un empuje vertical de abajo arriba, igual en magnitud al peso del gas desalojado*; lo que se puede manifestar también, diciendo que *todo cuerpo sumergido en un gas pierde una parte de su peso igual al peso del volumen de gas que aquel desaloja*.

Cuando se pesa un cuerpo en el aire, no se obtiene por tanto, su peso real, no es sino el exceso de peso del cuerpo sobre el peso del volumen de aire desalojado. Este principio se demuestra con un aparatito llamado *baróscopo*.

Baróscopo.—El *baróscopo* (fig. 61) es una especie de balanza cuyo fiel lleva en uno de sus extremos una pequeña masa de plomo, y en el ótro una esfera hueca de cobre de volumen bastante grande. Estos dos cuerpos se equilibran entre sí en el aire; pero si se coloca el aparato debajo del recipiente de la máquina neumática, y si se hace en ésta el vacío, se ve en seguida que la esfera vence á la masa de plomo, lo que prueba que pesa más en dicho momento.

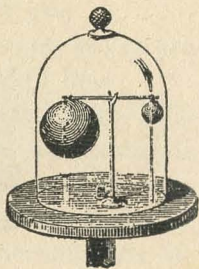


Fig. 61.—Baróscopo.

Ahora bien, si en el aire la esfera hueca equilibra la

masita de plomo era porque perdía una parte mayor de su peso. Para probar que esa pérdida de peso es igual al volumen de aire desalojado, basta añadir á la masita de plomo el peso de un volumen de aire igual al de la esfera; el equilibrio no existirá en tal caso en el aire, pero sí en el vacío.

AEROSTÁTICA

3 Globos y montgolfieras.—Los globos aerostáticos se componen de una envoltura de tela ligera é impenetrable, de forma esferoidal, la cual, llena de aire caliente ó de gas hidrógeno, pesa menos que el volumen de aire que desaloja y por esta razón sube en la atmósfera.

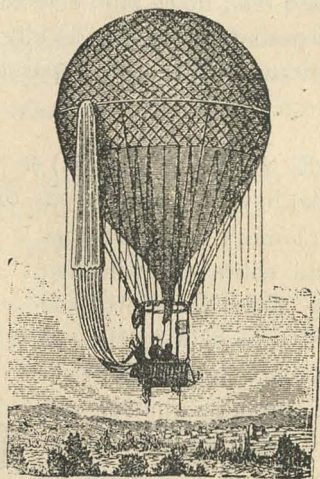


Fig. 62.—Globo con su nave.

La invención de los globos aerostáticos es debida á los hermanos Etienne y Joseph Montgolfier, fabricantes de

papel en Annonay, donde fué lanzado el primero de aquellos aparatos, el 5 de Junio de 1788. Era un vasto globo de lienzo, forrado de papel, inflado con aire caliente y obtenido quemando paja y papel humedecidos debajo de una abertura practicada en la parte inferior del aparato.

Se da el nombre de montgolfieras á todos los globos de ese género. *El paracaídas*, que llevan algunos globos, es una especie de paraguas que sirve al aeronauta para descender sin peligro en caso que aconteciera algún accidente al globo.

El 21 de noviembre de ese mismo año, Pilâtre de Rosier y el caballero de Arlandes se atrevieron á elevarse los primeros en un globo de aire caliente completamente libre, que mantenían en tal estado por medio de un fuego de paja húmeda. Su ascensión se efectuó en el jardín de la Muette, cerca del bosque de Boulogne, en París.

Poco tiempo después el físico Charles, profesor en París, tuvo la feliz idea de sustituir el aire por el hidrógeno, y después de una primera experiencia ejecutada con acierto en el Campo de Marte, Charles se elevó en los aires en compañía de Robert en un globo lleno de gas.

Posteriormente gran número de ascensiones se han realizado. En 1804 Gay-Lussac llegó á más de 7 kms.

En 1862, el aeronauta Coxwell y el meteorólogo Glaisher de Greenwich efectuaron en Londres una ascensión notable. A la altura de 9,200 metros fué tal la rarefacción del aire y tan intenso el frío que Glaisher cayó exánime, perdió el habla y no distinguió ya sus instrumentos. Su compañero pudo observar el barómetro y el termómetro. El globo había subido á 10.460 metros y el termómetro había descendido á—27°. A tan grande altura el cielo ha-

bía tomado un tinte azul muy obscuro y un silencio absoluto y solemne rodeaba á los aeronautas.

Hoy se explora sin peligro la atmósfera por medio de globos-sondas, provistos de aparatos y de instrumentos automáticos. El *Areófilo*, globo explorador, llegó en 1895 á 15 kms. donde tuvo que soportar un frío de -63° . En 1897 el mismo globo alcanzó á 17 kms. y según la presión indicada, atravesó los 9/10 de la masa atmosférica.

Navegación aérea.—Desde hace tiempo se viene buscando el medio de dirigir un globo en el aire como se dirige un navío en la superficie del agua. Con un globo cilíndrico horizontal, provisto, de una hélice para tomar un punto de apoyo en el aire, y de un timón para reglamentar la dirección, Mr Renard de París, ha llegado á moverse en globo con una velocidad de 6 m. 50 por segundo á pesar del viento.

Santos Dumont.—Este ingeniero brasileño acaba de realizar en París una serie de experimentos aerostáticos que han dado felices resultados. Su globo (fig. 63) tiene la

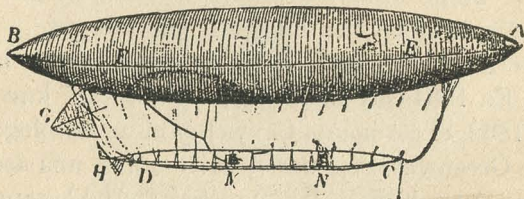


Fig. 63.—El dirigible de Santos Dumont.

forma de un elipsoide alargado *A B*. Una viga larga *C D* lleva el motor *M*, la hélice *H*, la barquilla *N* y todos los aparejos; este armazón está suspendido horizontalmente por hilos de acero que se unen directamente á la envol-

tura, sostenida por listones *A E F B* cosidos en sus repulgos.

El motor, cuya fuerza es de 20 caballos, daría una velocidad de 10 m. 6 por segundo si el aparato se mantuviese en equilibrio estable, pero esta velocidad se reduce á 8 m. por causa de la arfada.

Para luchar contra un viento fresco y permanecer dueño de la dirección ocho veces sobre diez, sería menester una velocidad de 13 m. por segundo. Esto no parece imposible si se considera los progresos realizados ya, y que pueden continuarse en la construcción de los motores.

El globo dirigible Lebaudy.—Este aeróstato tiene 57 m. de largo, siendo su diámetro 5 veces y $\frac{1}{2}$ menor que su longitud; la proa es un cono alargado y su popa, esférica y de una corvatura en su parte máxima de 69 metros. La canastilla lleva los aeronautas y un motor á petróleo de 40 caballos de fuerza; las hélices dan 1000 vueltas por minuto. La capacidad es de 2.284 metros cúbicos.

Los felices ensayos realizados con este aeróstato en 1903 por las aeronautas Gulliot y Surcouf han demostrado, por ahora, que no hay obstáculos á la navegación aérea.

CUESTIONARIO.—¿A qué se aplica también el principio de Pascal?—¿Qué es el barómetro?—¿Qué globos se llaman molgolfieras?—¿Cuáles han sido las más notables ascensiones aerostáticas?—¿Qué se busca en la navegación aérea?—¿Describir el globo de Santos Dumont;—el dirigible Lebaudy.

CAPITULO IX

Bombas

Definición.—*Las bombas son unos aparatos destinados á levantar los líquidos bajo la influencia de la presión atmosférica.*

El peso de aire es el que produce la ascensión de los líquidos en los tubos en que se ha hecho el vacío. La subida del agua en el vacío prueba también que el líquido se eleva por consecuencia de la presión atmosférica.

Las bombas más comunes son: la *bomba aspirante*, la *bomba impelente*, la *bomba aspirante é impelente* y la *bomba de incendios*.

Bombas aspirantes.—La *bomba aspirante* (fig. 64), que es la más usada, se compone: 1.º de un tubo de aspiración *A* que va del depósito de agua hasta el cuerpo de bomba; 2.º de un cuerpo de bomba *B* situado á continuación del primero y en cuya extremidad se encuentra un cañón *D* para la salida del líquido al exterior; 3.º de un émbolo *P* sostenido por un sistema de palancas articuladas, gracias á las cuales se le pone en movimiento; 4.º de las válvulas que son dos, una *S* situada en el punto de unión del tubo de aspiración con el cuerpo de bomba, y otra *S'* que tapa un agujero existente en el émbolo; ambas se abren de abajo arriba.

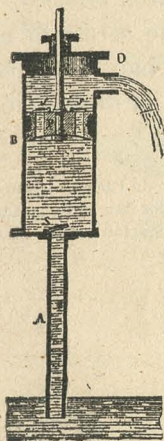


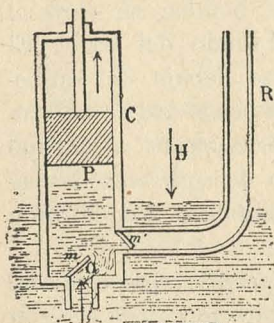
Fig. 64.—Bomba aspirante

El mecanismo de esta bomba es sen-

cillo y fácil comprender. Supongamos que por medio de una palanca establecida fuera de la bomba, se eleve el pistón colocado, al empezar, en el fondo del tubo. El vacío tiende en seguida á hacerse debajo del émbolo, y la válvula S' continúa cerrada por efecto de su propio peso y de la presión atmosférica, pero al mismo tiempo, el aire contenido en el tubo de aspiración, levanta, por efecto de su elasticidad, la válvula S , y se difunde por el cuerpo de bomba.

Disminuyendo de este modo la presión que este aire ejercía en el interior del tubo de aspiración sobre el agua del depósito, resulta que una columna de agua, es aspirada y sube por el tubo hasta que el equilibrio se restablezca entre la presión exterior, esto es, la presión atmosférica y la presión de la columna líquida elevada, sumada con la tensión de aire rarificado que queda en el aparato. Al bajar el émbolo: este aire se escapa por el tubo G y se difunde en la atmósfera. Al segundo golpe del émbolo, los mismos fenómenos se verifican, y así sucesivamente, hasta que el agua penetre en el cuerpo de bomba y pase por encima del pistón. Cuando esto ha sucedido, la bomba está cargada (también se dice llena y cebada), el émbolo, en cada una de las ascensiones, levanta el líquido que está encima, hasta el tubo lateral G , por el cual ese líquido sale mientras que otra porción pasa del depósito al tubo de aspiración, y de allí al cuerpo de bomba, para salir en seguida al exterior, siguiendo el mismo camino y por el indicado mecanismo.

Bomba impelente.—En la *bomba impelente* [fig. 65] el



émbolo es macizo. El cuerpo de bomba sumergido en el agua, comunica con el depósito por una válvula que se abre de abajo arriba. Cuando sube el pistón P , m' se cierra y m se abre, y el agua pasa al cilindro. Cuando baja el pistón, m se cierra, m' se abre y el agua está impelida en el tubo de elevación R .

Fig. 65.—Bomba impelente

Bomba aspirante-impelente.—La bomba que aspira el agua y la impele en seguida en un cañón se llama *aspirante-impelente*. Está formada (fig. 66) por un cuerpo de bomba $c c'$ provisto de un pistón macizo P , y comunicado por su parte inferior, por medio de dos válvulas s y s' con dos tubos, uno T llamado tubo de aspiración, el otro R llamado tubo de ascensión.

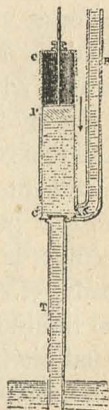


Fig. 66.—Bomba aspirante-impelente

Bomba de incendios.—La *bomba de incendios* (fig. 67) pertenece á la clase de las impelentes.

Se compone de un recipiente de aire comprimido R que regulariza las salidas del agua. El agua vertida en A y A' pasa por C y C' bajo la acción de los pistones llenos y movidos por las palancas L y L' ; la bajada de

los pistones la impele después al recipiente central de donde sale al tubo de salida D.

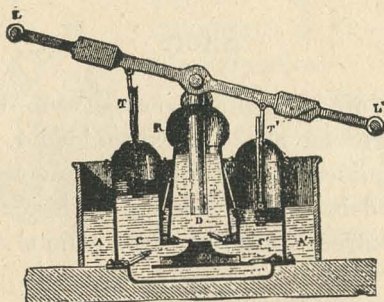


Fig. 67.—Bomba de incendios

CUESTIONARIO.—¿Qué son las bombas?—¿Cuáles son las partes de una bomba
—¿Cuáles son las clases de bombas?—¿De qué se compone la bomba aspirante?
—Explicar su maniobra.—¿Hasta qué altura se puede elevar el agua con la bomba aspirante?—¿Por qué?—Describir la bomba impelente.—¿Qué particularidad presenta el pistón de la bomba impelente?—¿Describir la bomba de incendio.

CAPITULO X

Sifón

El sifón (fig. 68).—Es un tubo encorvado de ramas de. iguales, abierto en sus dos extremidades. Sirve para trasegar los líquidos sin mover los vasos que los contienen. Ese efecto se debe á la presión atmosférica que actúa sobre ambas extremidades. Una vez lleno el sifón del lí-

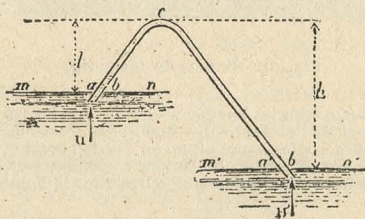


Fig. 68.—Sifón

quido, como el alto de la columna líquida de la rama menor h es inferior al alto h' del líquido en la rama mayor el equilibrio queda roto, y el líquido sale por la mayor. Pero preciso es que el sifón esté lleno de líquido, lo cual se llama *cargarlo*.

Hay varios modos de efectuar esa operación: 1.º introducir la rama menor en el vaso que se desea vaciar y absorber por la extremidad de la otra; 2.º llenar el sifón del líquido, tapando el extremo de la rama menor y después el de la mayor; entonces se destapa la más pequeña y se la invierte, introduciéndola en el líquido que se desea transvasar.

Para los líquidos corrosivos se añade al sifón ordinario una rama lateral (fig. 69) que permite cargar el instrumento sin peligro de que el líquido entre en la boca.



Fig. 69.—Carga del sifón con líquidos corrosivos

Para eso se cierra la abertura inferior del sifón, se pone la otra extremidad en el líquido y con la boca se aspira hasta que esté lleno el sifón; luego al dejar de aspirar se abre la rama inferior; el sifón queda cargado y sale el líquido.

Teoría del sifón.—La presión que se ejerce de abajo arriba en el interior del tubo en $a\ b$ (fig. 68) es igual á la presión atmosférica H que equivaldría en este caso á una columna de agua de 10 m. 33. Pero el elemento $a\ b$ recibe también de alto abajo una presión igual al peso de una columna vertical cuya altura es h . Una molécula de agua en $a\ b$ recibe pues, presión de abajo arriba representada por $H-h$.

Del mismo modo se demostraría que el empuje que se ejerce de abajo arriba en $a'\ b'$ está representado por $H-h'$. Luego, como $H-h$ es mayor que $H-h'$, el agua correría en el sentido $Hc\ H'$.

Tenemos:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Presión en } a & = & H-h \\
 \text{» » } a' & = & H-h' \\
 \hline
 \text{Restando} & = & (-h+h') \text{ á favor de } a \\
 \hline
 \text{Pero: } h' & > & h.
 \end{array}$$

Luego, habiendo más presión en a el líquido correrá por a' .

Reemplazando las letras por números tendríamos:

Sean $H=10^m33$; $ab=1^m$; $a' b'=1^m, 50$

Tenemos: Presión en a : $10,33-1$
 » » a' : $10,33-1,5$

Restando: $0,^m50$ á favor de a

Luego, el líquido correrá por a' .

Pipeta.—La *pipeta* (fig. 70) está formada de un tubo de vidrio abultado en su parte media. Sirve para tomar cantidades mínimas de líquidos. Para ello se sumerge la punta en el líquido y se aspira con la boca en la otra extremidad tapándola después con el dedo. El líquido se queda en el aparato por causa de la presión atmosférica que se ejerce en la parte inferior.

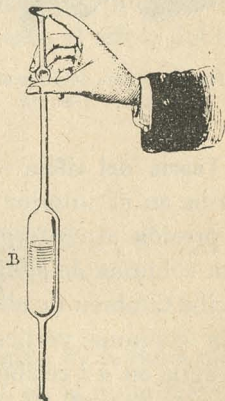


Fig. 70.—Pipeta.

Fuentes intermitentes — Las *fuentes intermitentes* (fig. 71) así como lo indica el nombre, no corren más que por intervalos. El agua al acumularse poco á poco en un depósito acaba

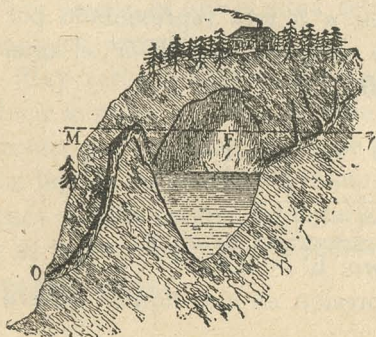


Fig. 71.—Fuentes intermitentes.

por llenarlo hasta el nivel $M F$ en cuyo caso el sifón está cargado, y corre el agua por la abertura O hasta que el nivel llegue al orificio exterior.

CUESTIONARIO. — ¿Qué es el sifón? Describir su teoría. ¿Cómo se puede cargar el sifón?—¿Qué es una pipeta? ¿Para qué sirve?—¿Qué se llaman fuentes intermitentes?

CAPITULO XI

Máquina neumática

Principio de la máquina neumática.—*La máquina neumática es una bomba aspirante cuyo objeto es extraer los gases de un recipiente.*

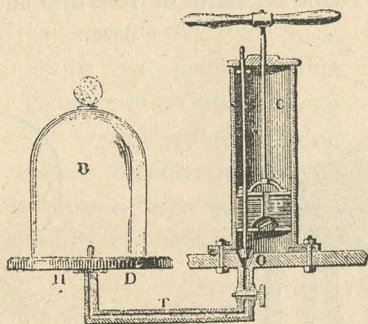


FIG. 72.—MÁQUINA NEUMÁTICA

C, cuerpo de bomba.—*B*, recipiente.—*T*, tubo de comunicación; *HD*, platina sobre que descansa la campana.—*P*, pistón con su válvula.—*O*, abertura y válvula cónica del cuerpo de bomba.

Se compone esencialmente: 1.º de un cuerpo de bomba *C* (fig. 72) en que se mueve un pistón *P*, atravesado por un agujero que cierra una válvula; 2.º de un recipiente *B* que comunica con el cuerpo de bomba por un tubo *T* cerrado por medio de la válvula *O*. Las dos válvulas se abren de abajo arriba. La maniobra es análoga á la de la bomba aspirante.

Cuando el pistón sube, levanta la varilla que lo atravesaba rozándolo; la válvula cónica se abre y parte del aire del recipiente pasa al cuerpo de bomba.

Cuando el pistón baja, también baja la varilla con que cierra la válvula; el aire comprimido por el pistón sale por la abertura que lo atraviesa.

Los mismos fenómenos se repiten cada vez.

Máquina neumática ordinaria.—*La máquina neumática ordinaria* es una máquina de dos cilindros (fig. 73). Los dos pistones están reunidos y son movidos por medio de cremalleras $T\ T'$, de tal manera que uno sube cuando el otro baja.

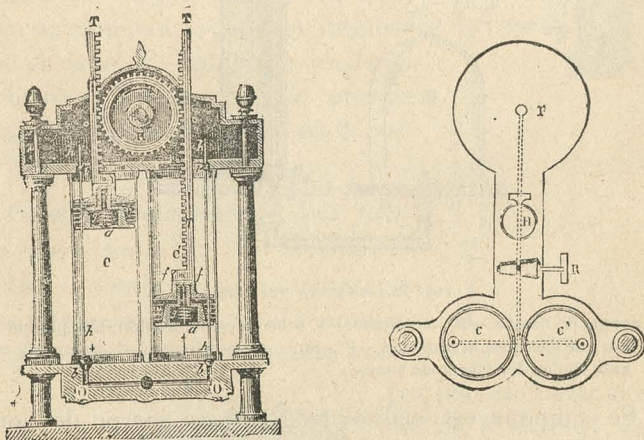


FIG. 73.—MÁQUINA NEUMÁTICA ORDINARIA.

- I.—Corte vertical del cuerpo de la bomba y del pistón; C, C' cuerpo de bomba; P, P' pistones; a, a' válvulas del pistón; b, b' válvulas de los cuerpos de bomba con su barreta h, h ; R , rueda dentada con sus dos cremalleras T, T' ; O, O' , canal de comunicación entre los cuerpos de bomba y el recipiente.
- II.—Plano de máquina; P , platina; c, c' cuerpo de bomba; PCC' , tubo de comunicación; H , barómetro truncado; R , llave.

Esa disposición tiene por objeto destruir el de la presión atmosférica que se ejerce en la superficie superior de los pistones.

Una llave permite interrumpir la comunicación entre los dos cuerpos de bomba y el recipiente, ó bien poner en comunicación á éste con el exterior.

Un barómetro truncado (fig. 74) que comunica con el aire del recipiente señala la presión interior á cada momento. Ese barómetro es un tubo en U, cuyas ramas están cerrada la una y abierta la ótra.

El mercurio llena enteramente la rama cerrada mientras que se eleva poco en la ótra. Está fijo sobre una escala dividida en milímetros y colocado en una probeta que comunica con el recipiente, teniendo por tanto la misma presión que él. El mercurio no empieza á bajar en la rama cerrada sino cuando el vacío está hecho en parte.

La presión del gas del recipiente está indicada por la diferencia entre los niveles del mercurio en las dos ramas.

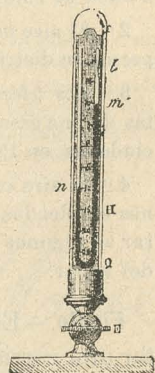


Fig. 74.—Un barómetro truncado.

NOTA.—La máquina neumática no hace el vacío absoluto por dos razones: 1.^a en cada movimiento del pistón no saca sino una parte del aire contenido en el recipiente; 2.^a los espacios (*espacios perjudiciales*) en que no penetra el pistón, alojan siempre alguna cantidad de aire.

Máquina de compresión.—La *máquina de compresión* sirve para comprimir los gases en los recipientes. Difiere de la máquina neumática tan sólo por el juego de las válvulas inversamente dispuestas.

Se la reemplaza ordinariamente por la *bomba de mano*, que es una bomba aspirante é impelente.

Aplicaciones.—El aire comprimido tiene numerosas aplicaciones: *escafandro*, *relojes neumáticos*, *frenos de ferrocarril*, *telégrafos neumáticos*, *máquinas perforadoras*, etc.

1.º *El escafandro* es un aparato que permite al buzo trabajar debajo del agua. Compónese esencialmente de un casco de vidrio fijo en las espaldas y herméticamente cerrado en que se hace llegar el aire por un tubo flexible por medio del cual comunica con una bomba de compresión.

2.º El aire comprimido hace funcionar los *relojes neumáticos* que permiten distribuir la hora á un gran número de relojes.

3.º *Los telégrafos neumáticos* permiten el transporte de las cartas de una casa de correo á otra, en el interior de las grandes ciudades, en París especialmente.

4.º El aire comprimido, obrando sobre los pistones de los trenes empleados actualmente en las vías férreas, permite hacer parar en algunos segundos un tren que andaba con toda la fuerza del vapor.

Fuelle.—El *fuelle* es un aparato que sirve para inyectar una corriente de aire en un foco con el fin de activar la combustión.

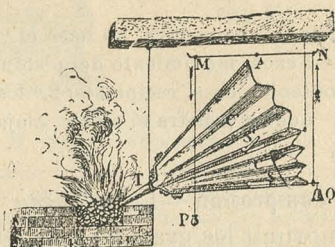


Fig. 75.—El fuelle.

Funciona como una bomba aspirante. Por medio de la cuerda *MP* (fig. 75) se mueve la palanca *MN*, alrededor del punto *A*. Ese movimiento hace subir y bajar

alternativamente la superficie inferior del fuelle en que está una válvula *S* que se abre de abajo arriba y funciona como la del pistón de la bomba aspirante.

Un tabique que también lleva una válvula *S'* la cual se abre en el mismo sentido, divide el fuelle en dos partes sobrepuestas *C* y *C'*.

El aire de la mitad inferior pasa por esa válvula á la mitad superior, de donde se arroja por la tobera *T*.

CUESTIONARIO.—¿Para qué sirve la máquina neumática?—¿Cuáles son sus partes principales?—¿Describir la máquina neumática ordinaria.—¿Cómo está constituido el barómetro truncado?—¿Por qué la máquina neumática no puede hacer el vacío completo?—¿Qué se llama espacio perjudicial?—¿En qué se diferencia la máquina de compresión de la máquina neumática?—Dénse algunos ejemplos en que se usa el aire comprimido.—¿Para qué sirve el fuelle?—¿Cómo funciona?

TERCERA PARTE

Calor

CATITULO I

1. **Definición.**—*El calor es la causa que produce en nosotros las sensaciones de lo caliente y de lo frío.*

NOTA.—Se admite generalmente que el calor es el resultado de un movimiento vibratorio muy pequeño y muy rápido de las más ínfimas moléculas de la materia ponderable, cuyo movimiento se propaga entre los cuerpos por medio de un fluido llamado éter. Este fluido, eminentemente elástico y diseminado por todo el universo, trasmite el calor de un cuerpo á otro por ondulaciones análogas á las que en el aire propagan el sonido.

2. **Efectos del calor.**—El calor produce dos efectos principales: 1.º *dilata los cuerpos*; 2.º *los hace cambiar de estado.*

3. **Dilatación de los sólidos.**—Los sólidos experimentan por la acción del calor dos clases de dilatación: la dilatación *lineal ó de longitud* y la dilatación *cúbica ó de volumen.*

4. **Dilatación lineal.**—**Pirómetro de cuadrante.**—La dilatación lineal se demuestra con el *pirómetro de cuadrante* (fig. 76), que se compone de una barra metálica *A B* fija en uno de sus extremos por un tornillo de presión, mientras que el otro extremo queda libre en contacto con el brazo de una aguja móvil en un cuadrante.

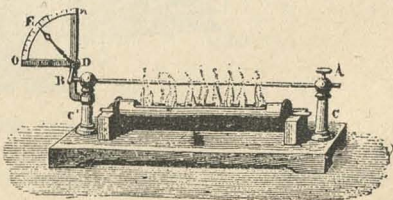


Fig. 76.—Pirómetro de cuadrante

Debajo de la barra metálica hay un recipiente donde se quema alcohol; el calor hace alargar la barra en el sentido $A B$ y este alargamiento hace subir la aguja sobre el cuadrante cierto número de grados tanto mayor cuanto más intenso es el calor y más dilatable la citada barra metálica.

Aplicación.—Se debe atender á la dilatación para poner arcos á las ruedas de un coche, colocar rieles en los ferrocarriles, las láminas de zinc que forman el techo de algunas casas.

NOTA.—Si los rieles de un ferrocarril de 100 [kilómetros fuesen continuos ó se hallasen en perfecto contacto y sin estar clavados, su aumento de longitud del invierno al verano sería de 70 mts. pues una lámina de 100 mts. se alarga 0. m 07. Semejante hecho bastaría para torcer los rieles ó arrancar los tornillos que los sostienen, si entre cada uno no se dejase un pequeño espacio llamado *compensador* que, interrumpiendo la continuidad de las barras, permite la dilatación mínima y parcial de cada una de ellas. En cuanto al plomo y al zinc, cuya dilatación es casi triple que la del hierro, los medios de compensación son más indispensables todavía. Cuando no se toma la precaución de reservar intervalos suficientes, las cubiertas de los techos, donde se usan esos materiales, presentan en el verano jorobas enormes, y en el invierno rendijas ó resquebrajaduras considerables. Para guarnecer las ruedas de los coches con llantas se hace que el diámetro del círculo sea algo menor que la rueda. Después se le calienta fuertemente con lo cual se dilata mucho y permite introducirlo en la rueda. En seguida se le enfría en el agua, entonces se contrae y ajusta muy bien, apretando con fuerza los arcos de la rueda.

Dilatación cúbica.— Se demuestra la *dilatación cúbica* por medio del anillo de S' Gravesande (fig. 77). Este aparato se compone de un anillo metálico por el cual puede pasar libremente, á la temperatura ordinaria, una esfera de cobre de un diámetro aproximadamente igual al del anillo; pero si se calienta esta bola por medio de una lámpara de alcohol, no se puede entonces hacerla pasar por el anillo, lo que prueba el aumento del volumen.

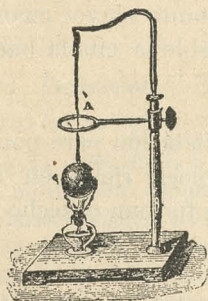


Fig. 77.—Pirómetro de S' Gravesande

Aplicaciones.—Para sacar un tapón esmerilado que resiste á los esfuerzos ordinarios, se calienta con cuidado el cuello del frasco; la abertura se ensancha y facilita de ese modo la salida del tapón. El calentamiento ó el enfriamiento súbito de los cuerpos de paredes espesas producen una dilatación desigual, por lo cual se rompen esos vasos ó cuerpos. Por eso un vaso de paredes espesas se rompe cuando se le hecha agua muy caliente, mientras que un vaso de paredes delgadas no se rompe, porque se dilata igualmente en toda su extensión.

Aplicaciones.—Para sacar un tapón esmerilado que resiste á los es-

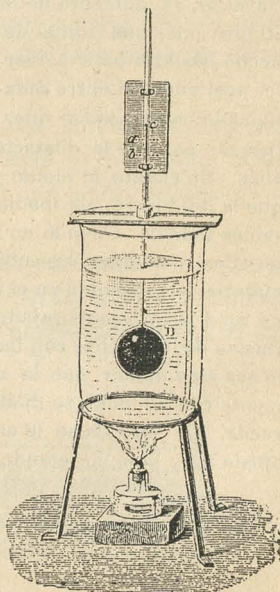


Fig. 78.—Dilatación de los líquidos.

Dilatación de los líquidos.—Los líquidos se dilatan más que los sólidos. Para demostrarlo se toma un aparato sencillo, compuesto (fig. 78) de un depósito de vidrio *B* al cual está soldado un tubo largo y estrecho. Se llena el depósito de agua hasta la altura *c* y se lo sumerge en agua caliente; inmediatamente el nivel del agua baja porque el globo se dilata primero, pero á su vez el agua del globo se dilata poco á poco y como ésta es más dilatable que el vidrio, el nivel vuelve pronto á su posición inicial que tanto más transpasará después cuanto más suba la temperatura.

Dilatación de los gases.—La dilatación de los gases es superior á la de los líquidos.

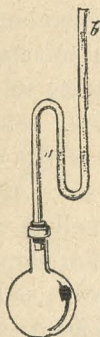


Fig. 79
Dilatación de
los gases.

Se la evidencia por medio de un globo de vidrio (fig. 79) soldado á un tubo largo y encorvado, en el cual se encuentra un índice de líquido colorado que intercepta la comunicación del aire, separando la masa interior de la atmósfera. El calor de la mano aplicada sobre la bola basta para dilatar el gas y hacer avanzar el índice hasta *b*, en la dirección del extremo libre del tubo.

Observaciones.—Un cuerpo al dilatarse conserva el mismo peso aunque aumente su volumen: luego su densidad se disminuye. Es por esto que el humo y el aire caliente suben en la atmósfera. Los vientos son producidos por los movimientos de las capas atmosféricas, motivadas por la ascensión del aire calentado en la superficie

de la tierra. La ascensión del aire caliente produce el tiro de las chimeneas.

CUESTIONARIO.—¿Qué es el calor?—¿A qué se atribuye el calor?—¿Cuántos efectos produce el calor?—¿En qué consiste el pirómetro de cuadrante?—¿Cómo se demuestra la dilatación cúbica?—¿Cómo se puede verificar la dilatación de los líquidos? ¿la de los gases?—¿Cómo varía la densidad de un cuerpo cuando se lo calienta?—¿Por qué la chimenea no tira sino cuando hay fuego en ella?—¿Qué causa produce los vientos?

CAPITULO II

Termómetros

Definición.—*Los termómetros son unos instrumentos que sirven para determinar la temperatura de los cuerpos.*

Se da el nombre de temperatura á la mayor ó menor cantidad de calor que posee un cuerpo.

Podríamos valuar aproximativamente algunas temperaturas con el sentido del tacto, pero no tendríamos de ellas sino un conocimiento incompleto y por esto, se necesita el concurso de los termómetros. La mayor parte de los cuerpos podrían servir para la construcción de un termómetro. Se prefiere sin embargo los líquidos, cuya dilatación mayor que la de los sólidos y menor que las de los gases se presta mejor á la observación de las variaciones medias de la temperatura. Los termómetros de gas sólo acusan cambios muy débiles en la intensidad del calor. Los que se construyen con los cuerpos sólidos y que se llaman pirómetros, sirven para medir las temperaturas muy elevadas.

Las substancias que se emplean generalmente para la construcción de los termómetros son el *mercurio y el alcohol*.

El mercurio es el mejor cuerpo termométrico, porque: 1.º se lo puede obtener purísimo; 2.º toma pronto la temperatura de los cuerpos vecinos; 3.º su dilatación es bastante regular y relativamente grande; 4.º entre su punto de solidificación (-40°) y su punto de ebullición (350°) se hallan comprendidas todas las temperaturas usuales.

En cuanto al alcohol, había resistido sin congelarse á los mayores fríos, pero al fin ha podido congelarse, y la circunstancia de volverse viscoso, hace que hoy se prefieran para medir las temperaturas más bajas obtenidas en la industria ó en los laboratorios los termómetros de *sulfuro de carbono*, *éter sulfúrico* ó *cloruro etílico*.

Construcción del termómetro de mercurio.—Se toma un tubo capilar *T* bien regular (fig. 80) es decir cuyo diámetro interior es perfectamente igual en todos sus puntos y terminado en una de sus extremidades por un depósito cilíndrico *R*.

Para introducir el mercurio en el aparato se suelda á la extremidad del tubo un pequeño embudo *A* que se llena en seguida de mercurio; luego incli-

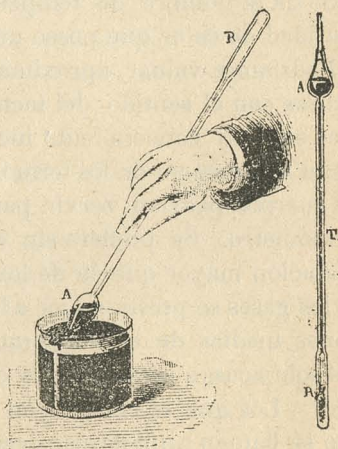


Fig. 80.—Método para llenar un termómetro de mercurio

en la lámpara de alcohol del depósito *R*. El aire que éste contiene se dilata y sale por el embudo *A*, atravesando burbuja á burbuja el mercurio. Si entonces se deja enfriar el depósito *R*, el aire que aquél contiene aún, se contrae y la presión atmosférica obliga al mercurio á bajar del embudo al depósito. Se renueva la misma operación hasta que el depósito y el tubo queden enteramente llenos.

Graduación del termómetro de mercurio.—Se ha fijado dos puntos que sirven de base á la graduación de los ter-

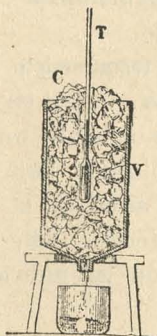


Fig. 81
Determinación del cero

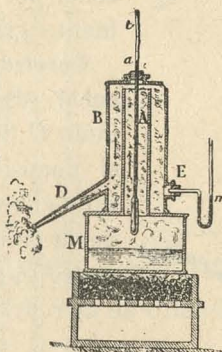


Fig. 82
Determinación del punto 100

mómetros, la del hielo (fig. 81) que se derrite y da el punto 0° , y la del vapor del agua hirviendo (fig. 82) que da el punto 100° si la presión atmosférica es de $0,^m 76$; en el caso contrario se añade ó se saca 1° por cada 27 mm. de diferencia. Obtenidos estos dos puntos, se dividen los intervalos que los separan en 100 partes iguales que se llaman grados.

Se puede prolongar la graduación llevándola por encima de 100 grados y por debajo de 0 ; el termómetro así

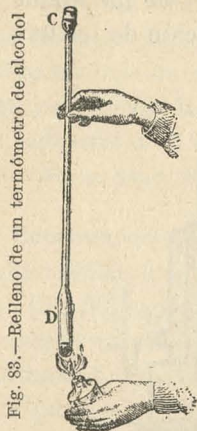


Fig. 83. — Relleno de un termómetro de alcohol

graduado lleva el nombre de termómetro centígrado. Para distinguir las temperaturas inferiores á cero de las que están por encima se las hace preceder del signo — llamándolas vulgarmente grados de frío.

Construcción del termómetro de alcohol.—Se introduce alcohol en el embudo *C* (fig. 83) y se calienta un tanto el depósito *D*. El líquido baja en el tubo al enfriarse el aire bajo la acción de la presión atmosférica. Este termómetro se gradúa según las indicaciones del termómetro de mercurio.

Diferentes escalas (fig. 84).—1.º La *escala centígrado*, cuyo 0º corresponde á la temperatura del hielo fundente y el 100º á la del agua hirviendo;

2.º La *escala Réaumur*: el 0º corresponde también á la temperatura del hielo fundente y el 80º á la del agua hirviendo.

3.ª La *escala de Fahrenheit*, cuyo 32º corresponde al hielo fundente y el 212º al agua hirviendo; esta escala se emplea sobre todo en los países de lengua inglesa.

Equivalencia de las escalas.—100º centígrados valen pues 80º de Réaumur ó 180º de Fahrenheit; luego 1º centígrado vale $\frac{4}{5}$ del grado de Raumur y $\frac{9}{5}$ del grado de Fahrenheit.

Observación.—Para que sea sensible el termómetro es necesario que el depósito sea lo más grande posible y el

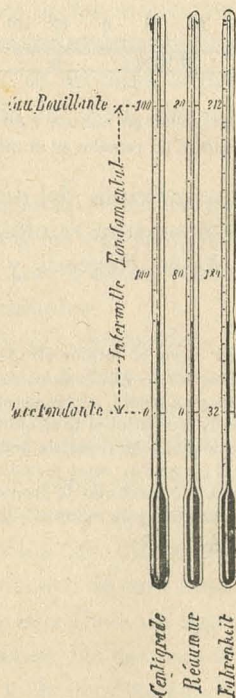


Fig. 84.—Escala termométrica

tubo muy angosto. Para que se ponga pronto en equilibrio de temperatura es preciso, al contrario, que el depósito tenga el menor volumen posible. Se construyen los termómetros según los usos á que se les destina.

Termómetros de máxima y mínima—Este aparato (fig. 85) se compone de dos termómetros, uno de mercurio que

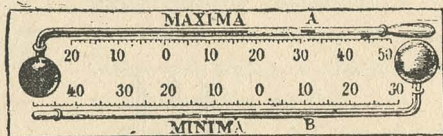


Fig. 85.—TERMÓMETRO DE MÁXIMA Y DE MÍNIMA.

A, índice del cero; *B*, índice de esmalte en el interior del líquido.

indica la temperatura máxima del día y el otro de alcohol que indica la temperatura mínima. Se usa particularmente el de máxima de Negretti y el de mínima de Rutherford.

CUESTIONARIO.—¿Para qué sirve el termómetro?—¿Qué es temperatura?—¿Cuál es el mejor cuerpo termométrico?—¿En qué caso se usa el de alcohol?—¿Qué cuerpos termométricos se usan para medir las temperaturas más bajas?—¿Cómo se construyen los termómetros de mercurio? el de alcohol? ¿Cómo se gradúa el termómetro de mercurio? el de alcohol?—¿En qué se podría usar los termómetros a gas?—¿En qué caso se usa el pirómetro como termómetro?—¿Qué se necesita para que el termómetro sea sensible? para que dé pronto la temperatura?—¿Para qué sirven los termómetros de máxima y de mínima?—¿En qué consiste el termómetro Reaumur? el Fahrenheit?

CAPITULO III

Propagación del calor

Modo de propagación del calor.—Cuando el calor se propaga al través de las moléculas de los cuerpos dicese que se transmite por *conductibilidad*.

Al contrario si se propaga rápidamente á distancia al través del espacio, se dice que el calor se transmite por *radiación*.

Cuerpos conductores.—Se llaman cuerpos *buenos conductores* del calor á las sustancias que dejan pasar fácilmente el calor á través de su masa. Ej.: el hierro, el cobre, y todos los metales.

Los cuerpos *malos conductores* del calor dejan difícilmente pasar el calor á través de su masa. Ej.: el carbón el musgo, la ceniza, la madera, el vidrio. Se averigua la diferencia de conductibilidad de los cuerpos con el aparato de Ingenhousz (fig. 86). Es una caja metálica que lleva varitas de diferentes sustancias cubiertas de cera amarilla. Estando la caja llena de agua hirviendo caliéntanse las varitas por conductibilidad y la cera se funde en una longitud tanto más larga cuanto mayor sea la conductibilidad.

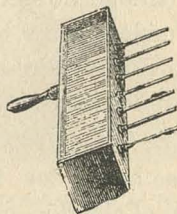


Fig. 86.—Aparato de Ingenhousz.

Conductibilidad de los líquidos y de los gases.—Los líquidos conducen poco el calor.

Se quema alcohol en el agua sin que se caliente ésta; también se lleva hasta la ebullición agua en contacto con

un pedazo de hielo mantenido en el fondo del tubo sin que el hielo se derrita (fig. 87).

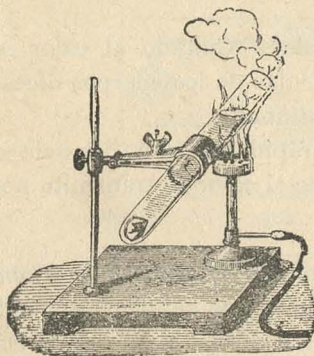


Fig. 87.—Ebullición del agua sobre el hielo.

Los gases conducen el calor menos aun que los líquidos. Así los cuerpos que encierran mucho aire como los tejidos, la paja, conducen mal el calor.

Aplicaciones.—Los carbones mal apagados se conservan entre las cenizas porque éstas conducen mal el calor. El carbón vegetal calentado en una extremidad se en-

ciende por encontrarse allí el calor, mientras que la otra extremidad no se calienta siquiera.

Puédese hacer hervir agua en una cajita de papel delgado sin que éste se queme por ceder su calor al agua. El estaño puesto en las mismas condiciones funde sin que se carbonice el papel (fig. 88)

Las lanas, los tejidos, el plumón, el algodón protejen contra el frío porque contienen mucho aire y se oponen á las corrientes, conservando así el calor del cuerpo.

Los alimentos se conservan calientes si se cubre con un tejido de lana el vaso que los contiene. Las casas de ladrillos huecos, las

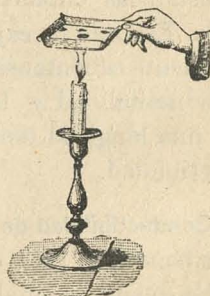


Fig. 88.—Fusión del estaño sobre una hoja de papel.

dobles puertas, las ventanas dobles y los tabiques dobles protegen contra el frío. El hielo se conserva en neveras de ladrillos bajo una capa de paja.

Los líquidos no se calientan sino por corrientes; las capas inferiores volviéndose más livianas al calentarse suben á la superficie, mientras que las capas frías bajan al fondo del vaso (fig. 89). Una causa análoga produce las corrientes marinas.

Una tela metálica colocada encima de una llama la apaga porque se apodera del calor del foco que permita á los gases quemarse.

La lámpara de Davy.—(fig. 90). Esta lámpara, empleada por los mineros, es una aplicación de la propiedad que tienen las telas metálicas de no dejarse atravesar por las llamas.

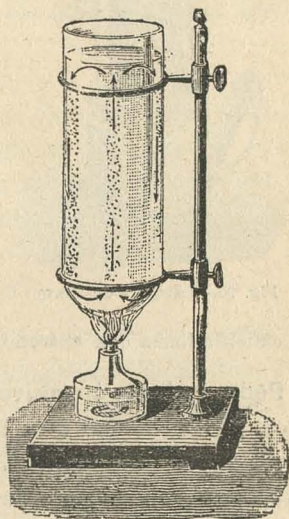


Fig. 89.—Móvimiento de un líquido calentado.

Radiación.—Los cuerpos calientes despiden calor en todas las direcciones. Ese calor, llamado calor radiante, se transmite en línea recta. Se llaman *diatérmanos* los cuerpos que se dejan atravesar por el calor Ej.: la sal gema, los gases, el aire (estos últimos para el calor luminoso solamente).

Los cuerpos *atérmanos* son los que no se dejan atravesar por el calor. Ej.: la madera, la piedra, el aluminio sólido ó en disolución.

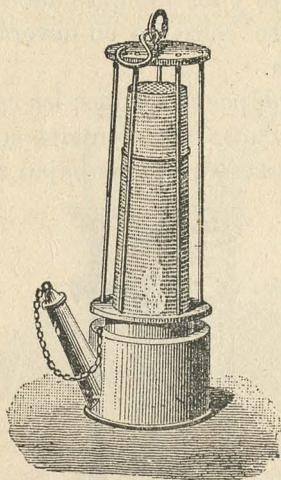


Fig. 90.—Lámpara de Davy

Algunos cuerpos, como el vidrio, dejan pasar el calor luminoso, pero no el calor obscuro; son diatérmicos sólo para el calor luminoso y atérmicos para el calor obscuro. Esa propiedad se utiliza en las campanas de vidrio de los jardines y en los invernáculos cubiertos de vidrio.

NOTA.—El frío no irradia; pero dos cuerpos colocados juntos irradian calor; el que está más caliente irradia más y se enfría, mientras que el menos caliente recibe más calor de aquel que irradia y

se calienta hasta que entrambos tienen la misma temperatura:

Poder radiante ó emisivo.—El *poder emisivo* de un cuerpo es la propiedad que tiene de irradiar calor hacia los objetos que lo rodean. El poder emisivo depende de la naturaleza del cuerpo, de su color, etc. Un color negro ó subido, una superficie rugosa, favorecen el poder emisivo. Los metales pulimentados tienen un poder emisivo muy débil; por eso las sustancias colocadas en vasos pulimentados conservan su calor más que las colocadas en vasos de tierra.

El negro de humo y el albayalde tienen el mayor poder emisivo.

Poder absorbente.—Se llama *poder absorbente* la propiedad que tienen los cuerpos de dejarse penetrar por el

calor que irradian los cuerpos vecinos. Tanto mayor es el poder absorbente cuanto lo sea el poder emisivo.

Los cuerpos ásperos y de color subido poseen el mayor poder absorbente.

Poder reflector.—El *poder reflector* es la propiedad que tienen los cuerpos de *reflejar ó rechazar* los rayos calóricos que caigan en su superficie. Los cuerpos blancos ó de superficie pulimentada son los que tienen el mayor poder reflector.

Los espejos ardientes (fig. 91) son espejos cóncavos que tienen la propiedad de reflejar y concentrar el calor del sol y elevar así la temperatura de los cuerpos que se encuentran en su foco.

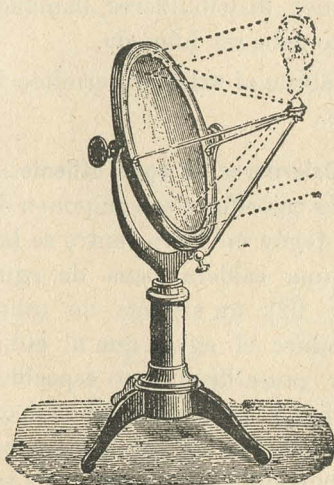


Fig. 91.—Espejo ardiente.

humos; una *altura suficiente* para activar el tiro, y *presas* de aire para alimentar el horno.

El movimiento ascendente se produce por el aire caliente que tiene una densidad menor que el aire exterior. El tiro depende de la temperatura del horno, de la altura de la chimenea y del estado atmosférico del aire.

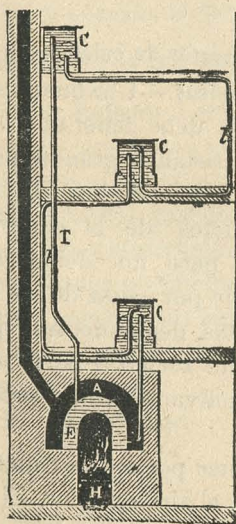
Aparatos de calefacción.—

Chimeneas.—Una buena chimenea debe tener una *sección* bastante grande para la salida completa de los productos de la combustión, pero no demasiado grande por causa de las corrientes descendentes que podrían rechazar parte del

Estufas.—Las estufas son unos aparatos de calefacción y rodeados de un cuerpo conductor de modo que el calor irradie al aire y cuerpos vecinos. Exigen un buen tiro, una buena chimenea y presas de aire suficiente debajo del fogón. Ese sistema de calefacción es más económico, pero menos higiénico que el precedente.

Caloríferos de aire caliente.—Los caloríferos de aire caliente comprenden un *fogón central* que calienta una gran cantidad de aire el cual se distribuye á los departamentos de la casa con tubos distribuidores, llamados *bocas de calor*; el aire caliente debe ser húmedo.

Las presas de aire que se abren al exterior permiten la renovación continua del aire.



Caloríferos de agua caliente.—Esos caloríferos se componen de un fogón en cuyo centro se halla una caldera llena de agua (fig 92); un sistema de tubos conduce el agua que al subir por causa de su peso específico menor entra en vasos metálicos, colocados en los departamentos, volviendo á bajar por otros tubos cuando se ha enfriado. Esos caloríferos dan una temperatura constante y suave; se los utiliza en los invernáculos.

Fig. 92.—Calorífico de agua caliente.

CUESTIONARIO.—¿Cómo se propaga el calor?—¿Qué se llaman cuerpos buenos conductores y malos conductores del calor?—Dar ejemplos y aplicaciones.—¿Qué propiedad tienen las telas metálicas?—¿Qué se llaman cuerpos diatérmicos y atérmanos?—Dar ejemplos.—¿Por qué los invernáculos tienen vidrieras?—Definir el poder emisor, el poder absorbente, el poder reflector.—¿Cuáles son los principales aparatos de calefacción?—¿Cómo funcionan?

CAPITULO IV

Fusión.—Solidificación.—Disolución

§ I.—FUSIÓN

Definición.—*La fusión es el paso de un cuerpo sólido al estado líquido bajo la influencia del calor.*

Ciertos cuerpos tales como el estaño, el plomo, el zinc, se funden fácilmente; ótros como el hierro, el platino más difícilmente, algunos, llamados refractorios, como la plumbagina, la cal, etc., han resistido á las más altas temperaturas conocidas, pero se cree que no podrían resistir á temperaturas mucho mas considerables.

Los cuerpos orgánicos, tales como la madera, la carne, etc.; no se funden, pero se descomponen bajo la influencia del calor.

Leyes de la fusión.—1.^a *Ley: Un cuerpo entra en fusión siempre á la misma temperatura;* 2.^a *Ley: La temperatura de un cuerpo en fusión permanece constante mientras dura el fenómeno de la fusión.*

Para que la 1.^a Ley se verifique exactamente se debe operar siempre en las mismas condiciones.

La temperatura en que se verifica la fusión de un cuerpo, se llama *punto de fusión*. El calor excesivo de un cuerpo que se funde, ya no se emplea en calentar el cuerpo sino que sirve para efectuar la separación de sus moléculas.

Se ha hecho una lista del punto de fusión de los principales cuerpos. Así el *hielo* tiene su punto de fusión en 0°; el estaño se funde á 235°; el *plomo*, á 330°; el zinc, á

410°; la *plata*, á 1000°; el *cobre*, á 1100°; el *oro*, á 1.250°; el *hierro* fundido, á 1500°; el *platino* no se funde más que con el soplete, en la llama de oxígeno y de hidrógeno. En toda aleación el punto de fusión es siempre superior á aquel del metal más fusible que entra en la aleación.

Rehielo.—Cuando se aprietan fuertemente dos pedazos de hielo úno contra ótro, se sueldan: á este fenómeno le dan el nombre de *rehielo*.

El rehielo es debido á que hay un principio de fusión en los puntos de contacto bajo la influencia de la presión; el agua que proviene de esta fusión se solidifica de nuevo tan pronto como acaba la presión y los dos pedazos de hielo quedan unidos.

Así cuando se comprime una masa de hielo en un molde formado de dos casquetes esféricos, se saca un lente de hielo homogéneo, transparente. Hubo pues fusión y luego solidificación.

Los *ventisqueros* se producen por la aglomeración de las nieves cuya presión produce una fusión parcial seguida de una solidificación general.

§ II.—SOLIDIFICACIÓN

Definición.—*La solidificación es el paso de un cuerpo del estado líquido al sólido.*

Este fenómeno, que lleva el nombre de solidificación ó congelación, se presenta siempre sometido á las dos leyes siguientes, que son las recíprocas de la fusión:

1.^a *Ley: Un cuerpo se solidifica siempre á la misma temperatura y el punto de solidificación es el mismo que el de fusión.*

2.^a *Ley: La temperatura de un cuerpo queda la misma durante todo el tiempo de la solidificación.*

La primera ley sólo es exacta cuando el cuerpo no contiene ninguna materia extraña: el agua de mar, por ejemplo, no se congela sino á -2° .

Los cuerpos al solidificarse disminuyen de volumen y por consiguiente su densidad aumenta; sin embargo, el agua aumenta de volumen: la densidad del hielo es sólo 0,92.

El aumento de volumen que se verifica en el agua al congelarse puede producir efectos mecánicos de una potencia extraordinaria. La destrucción de las plantas por el hielo proviene de la expansión del hielo que forma la savia; la ruptura de las rocas en las montañas es originada por la congelación del agua que se ha infiltrado en las grietas y en los poros; una botella llena de agua se rompe cuando ésta se congela. En los climas polares el agua forma bancos de hielo tan altos como montañas. Al llegar la primavera, esos bancos se rompen, y por eso encuentran los marinos en latitudes más meridionales, *icebergs* (montes de hielo) muy peligrosos para la navegación.

Máximum de densidad del agua.—El agua tiene su máximum de densidad á 4° , es decir, que un mismo volumen de ella pesa más á 4° que á cualquier otra temperatura, ó también que al enfriarse hasta los 4° su volumen disminuye, y que si sigue el enfriamiento y baja de 4° , el volumen aumenta.

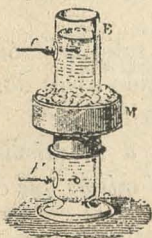


Fig. 93.—Máximum de densidad del agua

El aparato de Hope (fig. 93), que prueba este hecho, se compone de una probeta envuelta en su parte media por un mango *M*, y provista de dos termómetros *t* y *b*, cuyos tubos atraviesan la pared, uno en la parte superior de la probeta y el otro en su parte inferior. Estando llena de agua

la probeta á la temperatura ordinaria, se llena el mango de una mezcla de hielo y de sal marina. Se ve entonces el termómetro inferior bajar rápidamente, mientras se queda estacionario el superior: el agua se pone pues, más densa al enfriarse ya que va al fondo.

Por esa razón el agua del fondo de los lagos nunca tiene una temperatura menor de 4° y los peces pueden substraerse á los fríos rigurosos del invierno. Esto explica también por qué las capas superiores del agua de una garrafa se congelan primero, aún cuando se enfríe la garrafa por el fondo.

§ III.—DISOLUCIÓN

Definición.—*Se llama disolución el paso de un sólido á líquido, cuando dicho cambio se hace en otro líquido con que se lo mezcla.*

Un pedazo de azúcar ó de sal, arrojado al agua se hace poco á poco líquido y se confunde con el agua. El resultado de esta mezcla es una *disolución*; el agua con que se hace la disolución es un disolvente del azúcar; así mismo se dice que el azúcar es soluble en el agua.

El agua es el disolvente ordinario; pero algunos cuerpos, tales como el hierro, el cobre, la tiza, el carbón, no se disuelven en el agua. Las grasas insolubles en el agua se disuelven perfectamente en la bencina y en el amoníaco; el fósforo y el azufre se disuelven en el sulfuro de carbono; los cuerpos grasos se disuelven en el éter.

Los cuerpos no son igualmente solubles á todas las temperaturas, pero generalmente se puede decir que el calor favorece la disolución; el agua, por ejemplo, disuelve cantidad de salitre á los 100° que á los 20°.

Saturación.—Un líquido, el agua por ejemplo, no puede disolver una cantidad ilimitada de un cuerpo; cuando el líquido ha disuelto todo lo que puede de la substancia en disolución, se dice que está saturado de dicho cuerpo.

Disolución de los gases y de los líquidos.—Se da también el nombre de disolución al fenómeno que consiste en hacer absorber un gas por un líquido. Así el agua de Sedlitz artificial es una disolución de anhídrido carbónico en el agua.

La cantidad de gas que puede disolver un líquido varía con la temperatura.

Así, bajo la presión ordinaria y á 150 centígrados, el agua disuelve un poco menos de 800 veces su volumen de gas amoníaco, mientras que lo disuelve más de 1000 veces a la temperatura de 0°. Basta calentar una disolución gaseosa para echar fuera todo el gas que contenga.

Mezclas frigoríficas.—Ciertas sales al disolverse en un líquido absorben calor; las disoluciones de estas sales se llaman *mezclas frigoríficas*.

Las más empleadas se hacen con hielo ó nieve y sal marina. Una parte de sal marina y $1\frac{1}{2}$ de nieve ó hielo dan un frío de—24°; mezclando estos dos cuerpos en partes iguales se obtiene un frío de—17°; 4 partes de hielo y una parte de ácido sulfúrico hacen bajar la temperatura hasta—20°; una mezcla de ácido carbónico anhídrido sólido y de éter hacen bajar hasta—110°.

Congelador de las familias.—*El congelador de las familias* (fig. 94), se compone de dos vasos excéntricos; en el vaso interior se pone el agua ó el líquido que se quiere

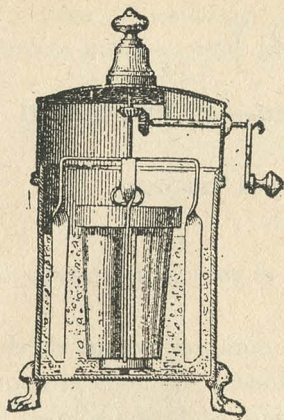


Fig. 94.—Congelador

congelar; en el vaso exterior una mezcla de tres partes de sulfato de sodio y dos de ácido clorhídrico. Basta entonces remover con una manija la mezcla frigorífica para determinar la congelación del líquido que está en el vaso central.

Para una temperatura dada, la cantidad de gas disuelto aumenta con la presión.

La mezcla de dos líquidos se llama también á veces disolución. Así, se dice que el sulfuro de carbono es insoluble en el agua pero soluble en el éter; que la esencia de trementina disuelve los aceites.

Cristalización.—La cristalización es la propiedad que poseen muchos cuerpos de tomar formas geométricas al pasar del estado líquido al sólido. Para determinar la cristalización basta generalmente exponer la disolución al aire libre sobre una grande superficie. Ej.: salinas, plato lleno de agua salada.

Se puede activar la cristalización calentando la disolución: una parte del líquido se evapora y la ótra se satura de más en más hasta que se depositan los cristales sólidos.

CUESTIONARIO.—¿Qué es fusión?—¿Cómo se llaman los cuerpos que no se funden?—¿Cuáles es la primera ley de la fusión? la segunda?—¿Qué se llama rehielo? ¿Qué se llama solidificación?—¿Cuáles son sus leyes?—¿Qué efectos mecánicos produce el hielo?—¿Qué se entiende cuando se dice que el agua está en su máximo de densidad?—¿Qué se llama disolución?—¿Cuándo está saturado un líquido?—¿Por qué las mezclas frigoríficas enfrían los cuerpos?—¿Qué es cristalización?

CAPITULO V.

Formación de los vapores.—Evaporación

§ I.—FORMACIÓN DE LOS VAPORES

Definición.—*La vaporización es el paso de un cuerpo líquido al estado gaseoso.*

Este fenómeno toma diversos nombres según las circunstancias en las cuales se producen. Se le da el nombre de *evaporación* cuando el vapor se forma sólo en la superficie del líquido á la temperatura ordinaria. Se la llama *ebullición* cuando el vapor se produce sobre las paredes calentadas del vaso, bajo la forma de burbujas que se elevan al través del líquido y van á estallar á la superficie.

Experimento.— Cuando se introduce una gota de algún líquido en la cámara barométrica, se nota que el líquido se evapora instantáneamente y que el nivel del mercurio baja en seguida.

Se puede formular una ley: En el vacío, *un líquido se vaporiza instantáneamente, y ese vapor ejerce una tensión como un gas.*

La tensión del vapor se valúa ordinariamente por medio de la depresión barométrica.

Máximum de tensión.—1 ° La tensión del vapor no aumenta siempre; cuando el espacio vacío está *saturado*, el cuerpo no da más vapor y queda un exceso de líquido arriba del mercurio (fig. 95).

En ese momento el vapor tiene una *tensión ó fuerza elástica máxima* que no puede traspasar si la tempera-

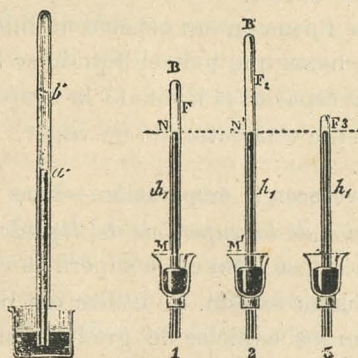


Fig. 95.—Máximo de tensión

tura queda la misma. Se dice entonces que el vapor es *saturante*. Pero si se calienta el tubo, el líquido sigue dando vapores y la tensión aumenta. La tensión máxima, depende, pues, de la temperatura.

Esta tensión no es la misma para todos los vapores, pues, si se disponen tres tubos barométricos y que se introduzca *agua* en uno, *alcohol* en el ótro y *éter* en el tercero, se nota que la fuerza elástica del vapor de éter es mayor que la del alcohol, y ésta mayor que la del agua.

De un modo general, mientras más volátil es el líquido, más grande es la presión de su vapor.

§ II.—EVAPORACIÓN

Definición.—*La evaporación es la transformación de un líquido en vapor á la temperatura ordinaria.*

Un líquido se evapora tanto más rápidamente cuanto más volátil es. El agua es menos volátil que el alcohol, y éste menos que el éter.

Si el vapor se forma en un espacio indefinido, la evaporación sigue hasta que todo el líquido se haya evaporado, pero si el espacio es limitado la evaporación cesa cuando el ambiente está saturado de vapor.

Causas que favorecen la evaporación.—Esas causas son:

1.^a *La extensión de la superficie del líquido.* La evaporación, produciéndose sólo en la superficie es tanto más rápida cuanto mayor es ésta. Se utiliza esa propiedad en las marismas, en los edificios de graduación para la extracción de la sal.

2.^a *La elevación de la temperatura.*—Los tejidos y el papel se enjugan por medio de cilindros calentados interiormente por una corriente de vapor de agua.

3.^a *La agitación del aire,* que remueve las capas ya saturadas. Un viento seco y cálido enjuga pronto la ropa.

4.^a *La disminución de presión.* Un líquido se evapora tanto más rápidamente cuanto menor sea la presión que soporta su superficie.

5.^a *El estado de sequía ó de humedad del aire.* La ropa mojada se seca difícilmente en un tiempo húmedo. La transpiración cutánea es muy abundante cuando está seca la atmósfera y casi nula en los días fríos ó húmedos.

Es de notar que el vapor de agua atmosférico sólo influye sobre la evaporación del agua y no sobre la de cualquier otro líquido; el éter, el sulfuro de carbono, por ejem-

plo, se evaporan tan fácilmente en un tiempo húmedo como en un tiempo seco.

La evaporación enfría los cuerpos.—Un cuerpo al evaporarse toma el calor de los cuerpos vecinos.

El experimento de Leslie que demuestra este hecho consiste en colocar bajo el recipiente de la máquina neumática una ruedecita de corcho cubierto con negro de humo sobre el que se haya vertido un poco de agua, y puesta encima de un vaso que contenga ácido sulfúrico (fig. 96). Cuando se hace el vacío, al paso que va disminuyendo la presión, la evaporación se verifica y el frío producido basta para congelar lo que queda de agua no evaporada.

El ácido sulfúrico tiene por objeto absorber el vapor de agua que se forma é impedir así la saturación del espacio limitado del recipiente.

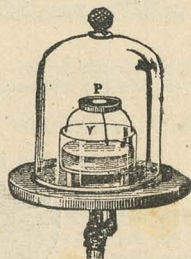


Fig. 96.—Congelación del agua en el vacío.

Las vasijas porosas llamadas alcarrazas conservan fresca el agua durante el verano, porque el líquido que sale al través de sus paredes se evapora en el aire, tomando calor del vaso y del agua.

Cuando suda el cuerpo, hay que evitar las corrientes de aire, porque producirían un enfriamiento súbito por la evaporación rápida del sudor, pudiendo ejercer una influencia nociva en el aparato respiratorio. Para precaverse contra dichos inconvenientes se usan vestidos de franela.

El aparato de Carré (fig. 97) que sirve para la producción artificial del hielo es una aplicación del experimento de Leslie.

Una palanca L (fig. 97) hace mover el pistón de una máquina neumática de un sólo cilindro P que hace el va-

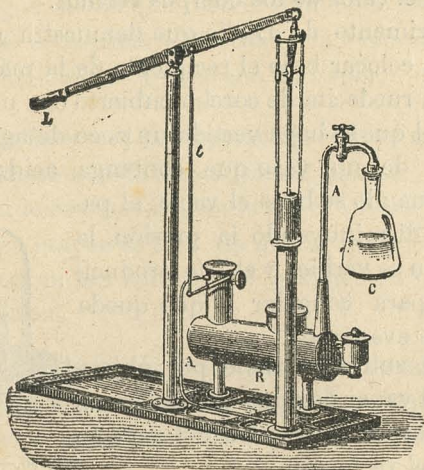


Fig. 97.—Producción del hielo por evaporación del agua
(aparato de Carré)

cío en una garrafa C que contiene agua y está fija en el conducto A . Un recipiente de plomo R contiene ácido sulfúrico que remueve la palanca A y cuyo objeto es absorber el vapor de agua que produce.

Cuando la presión es suficientemente baja, el agua de la garrafa entra en ebullición y no tarda en congelarse. El señor Carré ha ideado otro aparato llamado *aparato de gas amoníaco* que se compone de un depósito de paredes sólidas en que se halla una disolución acuosa de gas

amoníaco *A* (fig. 98). Ese depósito comunica con un recipiente *C* herméticamente cerrado que tiene la forma de un manguito en cuyo centro se puede colocar un vaso *E* en que está el líquido que se quiere congelar.

Cuando se calienta la disolución *A*, se desprende el gas amoníaco de la disolución y viene á liquidarse en el recipiente *C*; después, cuando se deja calentar, ese gas liquidado se evapora rápidamente para disolverse en el agua de *A*, produciendo un frío considerable que determinará la congelación del líquido puesto en el vaso central.

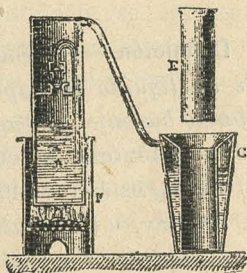


Fig. 98.—Producción del hielo por evaporación del amoníaco

CUESTIONARIO.—¿Qué sucede cuándo se introduce una gota de algún líquido en la cámara barométrica?—¿La depresión mercurial aumenta siempre que se introduzca nuevas gotas de líquido?—¿Depende de la temperatura esa depresión?—¿Para una temperatura igual varía la depresión según la naturaleza del líquido?—¿Cómo se verifica?—¿Cuándo se dice que el vapor es saturante?—¿Con qué experimento se demuestra que para una temperatura dada un vapor saturante tiene una tensión invariable?—¿Qué es la evaporación?—¿La evaporación de un líquido se verifica indefinidamente?—¿Qué causas favorecen la evaporación?—Dar aplicaciones—¿En qué consiste el experimento de Leslie?—¿Qué cosa prueba?—Describir los dos aparatos de Carré para la fabricación de hielo.

CAPITULO VI

Ebullición

Definición.—*La ebullición es la transformación rápida de un líquido en vapor bajo la influencia del calor, formando burbujas que agitan la masa del líquido.*

Este fenómeno, cualquiera que sea el líquido que lo presenta, está sometido á las tres leyes siguientes:

1.^a Ley.—*Un líquido sometido á presiones iguales hierve siempre á la misma temperatura.*

2.^a Ley.—*La temperatura de un líquido queda constante mientras dura la ebullición.*

3.^a Ley.—*Un líquido hierve cuando la fuerza elástica de su vapor es igual á la presión que soporta.*

Muchas son las causas que pueden hacer variar la temperatura á la cuál se produce la ebullición.

1.^a *Naturaleza del líquido.*—La temperatura de ebullición no es la misma para todos los líquidos. Así, el agua hierve bajo la presión de 0, m 76 á 100°; el alcohol, á 79°; el éter, ordinario á 35,° 5; el mercurio á 350.°.

2.^a *Naturaleza del vaso.*—En un globo de vidrio, el agua hierve á una temperatura más elevada que en un vaso metálico. Así, cuando la superficie interior del globo de vidrio está bien pulimentada, la temperatura de la ebullición del agua puede elevarse á 101, 102, 103 y hasta 106.

3.^a *Substancias disueltas.*—Las substancias disueltas en el agua, cuando no son volátiles por sí mismas, retardan su ebullición. Así, el agua saturada de sal marina no hierve sino á 109°; la de nitrato de potasa, á 116°; la de carbonato de potasa, á 135°; de cloruro de calcio, á 179.°.

4.^a *Presión exterior.*—Hemos visto que la fuerza elástica del vapor producida por un líquido que hierve debe ser igual á la presión que se ejerce sobre la superficie del líquido. Este, para entrar en ebullición, se calentará tanto menos cuanto más pequeña sea la presión exterior. Así, al nivel de los mares, y bajo la presión de 0, m 76 el agua hierve á 100°, pero en las cimas de las montañas donde la presión es menor, hierve á una temperatura más baja. Sobre el monte Blanco, por ejemplo, la temperatura de ebullición del agua es sólo de 84°. Bajo el recipiente de una máquina neumática en la que se rarifica el aire, el agua puede hervir á la temperatura ordinaria.

Experimento de Franklin.—Se puede obtener el mismo resultado del modo siguiente: Se toma un matraz de vi-

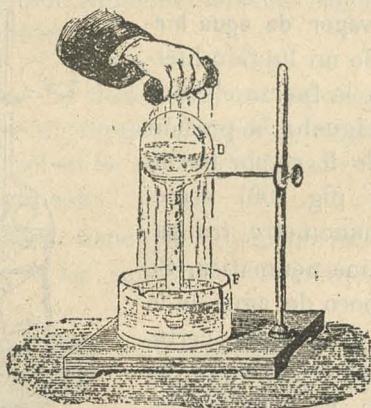


Fig. 99.—Experimento de Franklin.

drio *B* (fig. 99) en el cual se hace hervir agua durante algunos minutos. Cuando el vapor ha arrastrado consigo

todo el aire del globo, se tapa éste herméticamente y se lo invierte, haciendo que el extremo del cuello se sumerja en un vaso *E* que contenga agua.

El líquido cesa entonces de hervir, pero si se vierte agua fría sobre el globo así invertido, como el vapor que está sobre el líquido se condensa en parte, su presión disminuye y se ve en seguida producirse una viva ebullición en la masa de agua caliente que contiene el globo. Recíprocamente si la presión aumenta en lugar de disminuir la ebullición sufre un retraso. Así es que en el agua, por ejemplo, aquel fenómeno no se verifica hasta los 121°, cuando la presión es de dos atmósferas. He ahí el porqué en un vaso profundo las capas inferiores de un líquido que hierve están siempre á una temperatura más elevada que las capas superiores.

Presión del vapor de agua hirviente.—Cuando un líquido hierve al aire libre, la fuerza elástica de su vapor es igual á la presión atmosférica. Se lo ve por medio del tubito *A'* (fig. 100), semejante al del manómetro trunca-do de la máquina neumática. Se introduce un poco de agua en la parte superior de la rama cerrada y se lo coloca en el vapor del agua hirviendo. El agua del tubo entra en ebullición, y la tensión del vapor hace bajar el mercurio en la rama cerrada, hasta que los niveles tengan la misma altura en las dos ramas; lo cual prueba que el

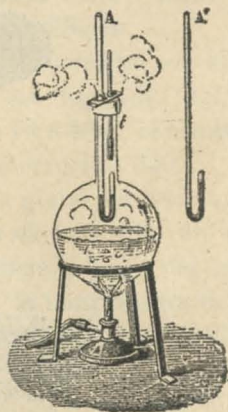


Fig. 100.—Presión del vapor de agua hirviente.

vapor aprisionado en la rama cerrada ejerce en la superficie del mercurio una presión igual á la que soporta el nivel del mercurio en la rama abierta, es decir, igual á la presión atmosférica.

El agua fría puede entrar en ebullición si la presión es bastante baja. Esto se observa en el aparato de Carré.

El agua de los depósitos de las máquinas de vapor no entra en ebullición aunque su temperatura pase de 100° por causa de la presión que el vapor ejerce en su superficie.

Baño de María.—La constancia de la temperatura durante todo el tiempo de la ebullición se utiliza en la calefacción por el *baño de María*. Así, para mantener constante la temperatura de un líquido basta sumergir el vaso en otro líquido convenientemente elegido que se mantiene en ebullición.

Destilación.—La destilación es una operación por la cual se reduce un líquido á vapor por medio del calor y para hacerlo volver en seguida al estado líquido por medio del enfriamiento.

Esta operación tiene por objeto purificar los líquidos separándolos de las sustancias diferentes que contengan en disolución.

Se destila el agua para obtenerla pura; el vino, para extraerle el alcohol; la madera, para obtener el espíritu y el vinagre de madera; la hulla, para obtener gas de alumbrado.

Cuando se somete á la destilación una mezcla de varios líquidos, éstos se evaporan por orden de temperatura

de vaporización; por lo tanto se puede separar el alcohol del agua que contiene el vino.

Alambique.—El alambique, (fig. 101) que sirve particularmente para la destilación del agua y del alcohol, se

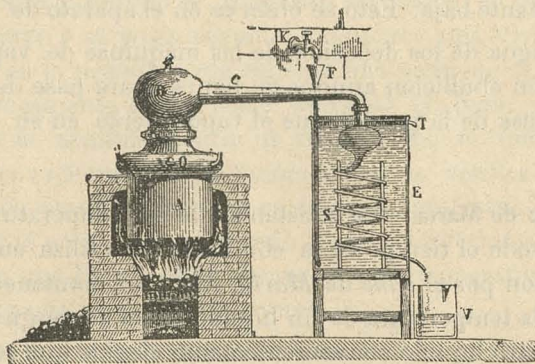


Fig. 101.—Alambique.

compone esencialmente de una caldera ó cucúrbita *A*, de un capitel *B* y de un serpentín *S*, enfriado en un vaso *E* lleno de agua fría (refringente); un tubo *F* conduce el agua fría al fondo del refringente.

El tubo exterior *T* conduce el agua caliente que viene á la parte superior del aparato.

CUESTIONARIO.—¿Qué es ebullición?—¿Cuáles son sus leyes?—¿Cuál es la influencia de la presión sobre la temperatura de la ebullición?—Describir el experimento del globo de Franklin.—¿A qué es igual la fuerza elástica del vapor de un líquido que hierve al aire libre?—¿Por qué no hierve el agua en la marmita de Papin cuando la temperatura pasa de 100°?—¿Qué causas modifican el punto de ebullición?—¿Qué es un baño de María?—¿Para qué sirve el alambique?—¿Qué es destilación?—¿Cuáles son las diferentes partes del alambique?

CAPITULO VII

Higrometría

Objeto de la Higrometría.—La *higrometría* estudia el estado de sequía ó de humedad de la atmósfera.

Cuando el aire está saturado de vapor, cualquier descenso de temperatura ó aumento de presión determina la condensación de una parte del vapor.

En general no está saturado el aire; tampoco está seco del todo. Se lo observa cuando se exponen al aire *substancias higroscópicas*, es decir, capaces de absorber el vapor de agua.

Por ejemplo, si equilibramos en un platillo de una balanza con pesas, un plato colocado en el otro platillo y en que halla sal de cocina ó mejor potasa cáustica, pronto veremos esas substancias impregnarse de agua tomada de la atmósfera, y el equilibrio quedará vencido á favor del platillo que contiene esas substancias.

Se llama fracción de saturación ó estado higrométrico del aire, la relación de la tensión actual del vapor de agua con la tensión máxima que corresponde á la misma temperatura.

$$e = \frac{f}{F}$$

Tambien se puede definir el estado higrométrico, la relación entre el peso p del vapor de agua contenido en un volumen dado de aire, y el peso P que ese mismo volumen contuviera si estuviese saturado á la misma temperatura.

Para obtener el estado higrométrico basta pues determinar f ó p ; las tablas de tensión dan F , el cálculo da P . El estado higrométrico depende no sólo de la cantidad absoluta del vapor de agua que contiene el aire, sino también de la temperatura.

Higroscopios.—Los *higroscopios* son unos instrumentos que indican aproximadamente el estado de sequía ó de humedad del aire; se fundan en la propiedad que tienen las cuerdas y los intestinos torcidos de destorcerse bajo la influencia de la humedad.

Higrómetros.—Se llaman *higrómetros* unos instrumentos que sirven para determinar el grado de humedad del aire. Los principales higrómetros son: el *higrómetro de cabello* ó de *Saussure*, el *higrómetro químico* y los *higrómetros de condensación*.

El **higrómetro de Saussure** (fig. 102) se compone de un cabello cuidadosamente desgrasado fijo en a , enroscado en la garganta de una polea b , y tendido por un peso pequeño c . El alargamiento ó la reducción del cabello bajo la influencia de la humedad ó de la sequedad del aire produce el desplazamiento de una aguja delante de un cuadrante. El cero de la graduación corresponde á la sequedad absoluta, el 100° á la saturación. Se lo gradúa del modo siguiente:

Para obtener el punto 0° ó de sequedad absoluta se coloca el instrumento debajo de un vaso grande, junto con otro vaso pequeño que contenga ácido

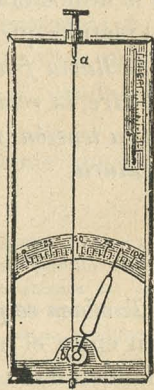


Fig. 102.—El higrómetro de Saussure.

sulfúrico concentrado destinado á absorber todo el vapor de agua del vaso grande.

El punto 100° , ó de humedad extrema, se obtiene reemplazando el ácido sulfúrico por agua; además es preciso remojar las paredes interiores del vaso grande. Se divide después el arco 0° á 100° en 100 partes iguales.

El *higrómetro químico* comprende un aspirador de unos quince litros, y unos tubos secantes los cuales, pesados antes y después de la operación, dan el peso de vapor de agua contenido en el aire que los atravesó, se deduce después la tensión f de dicho vapor; las tablas dan F .

Los *higrómetros de condensación* tienen por objeto enfriar una pequeña porción de aire que se estudia de modo que sea saturante el vapor de agua que contienen, lo que se reconoce cuando se depositan gotitas de rocío en la parte enfriada. El más conocido es el de Daniell, que se compone de un globo de vidrio A que contiene éter en el cual se sumerge un termómetro y de otro globo de vidrio B , envuelto en gasa humedecida con éter que al vaporizarse, enfría dicho globo.

El éter de A se destila hacia B y enfría A con su termómetro.

Pronto se deposita en la superficie del vidrio un tenue rocío.

Se tiene en cuenta la temperatura interior; es el punto de rocío.

Proporciona f , que iguala la tensión máxima correspondiente á esa temperatura en las tablas: la temperatura exterior señalada por el termómetro da F .

CUESTIONARIO.—¿Cuál es el objeto de la higrometría?—¿Qué se llaman sustancias higrométricas?—¿Qué es el estado higrométrico?—¿Qué se llaman higróscopos ó higrómetros? Describir el higrómetro de Saussure y decir como se gradúa.—¿Qué comprende el higrómetro químico?—¿De qué se compone el higrómetro de Daniell?—Espíquese su uso.

CAPITULO VIII

Máquina á vapor

Empleo del vapor.—A principios del siglo XVII, Salomón de Caus, ingeniero francés, que había observado la fuerza expansiva ó elástica del vapor, tubo antes que nadie la idea de emplearla como *fuerza motora*. Algo más tarde, Papin, ingeniero francés también, indicó la construcción de esas máquinas en que el vapor, regularizado y sometido al imperio del hombre, obedece á los más sencillos movimientos de su mano. No es necesario recordar cuan inmensos servicios presta hoy ese hermoso descubrimiento á todas las industrias, á la navegación y á los ferrocarriles.

Tensión del vapor.—**Marmita de Papin.**—La presión que ejerce el vapor sobre los vasos que los contienen, ó sea su tensión, es la medida de su fuerza elástica. Esa fuerza puede elevarse á voluntad, si se aumentan la presión y la temperatura. Llénase de agua un vaso cilíndrico de hierro fundido, de paredes muy gruesas, y que cierre herméticamente por medio de un tornillo *v*, pero provisto de una válvula de seguridad *s*, encima de la cual se dispone una palanca *l*, y un peso *h*, de modo que se obtenga una fuerza determinada. Después se le calienta fuertemente hasta el grado de tensión que se quiere producir. Cuando la fuerza expansiva del vapor es demasiado fuerte, hasta levantar *s* con su palanca y su peso, se efectúa esto y el vapor sale por el orificio *s*. La carga de la válvula limita al mismo tiempo la fuerza

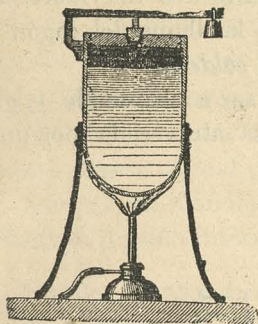


Fig. 103.—Marmita de Papin.

elástica y la temperatura del recipiente. En este se dispone, además, una llave *v*, que permite dar salida al vapor y disminuir la tensión. Ese aparato recibe el nombre de *marmita de Papin* (fig. 103), y gracias á él, ha entrado el genio del hombre en la vía que lo ha llevado al descubrimiento de las admirables máquinas de vapor.

Principios de las máquinas de vapores.—Las máquinas de vapor emplean como fuerza motriz la fuerza elástica del vapor de agua. Cuando se calienta el agua en un vaso de donde el vapor no puede salir enteramente á medida que se produce, adquiere pronto una fuerza elástica que crece rápidamente al paso que aumenta la temperatura. El vapor de agua á 100° posee una tensión equivalente á una atmósfera ;á 120° equivalente á 2 atmósferas y á 180° á 10 atmósferas.

Por consiguiente, el vapor de agua cerrada á 180° ejerce en cada centímetro cuadrado de la pared una presión equivalente á 10 megadinos ó aproximadamente á 10 kilogramos.

Construcción de una máquina de vapor.—Cualquier máquina de vapor tiene un *generador* en que se produce el vapor, y *la máquina propiamente dicha*.

Generador.—El *generador* por lo general es un cilindro horizontal que contiene agua y que está colocado enci-

ma de un fogón. Tiene generalmente dos hervidores *B* (fig. 104) en contacto directo con la llama del fogón y que comunican libremente con la *caldera*.

Cuando el gasto del vapor ha de ser considerable, *v. gr.* en las locomotoras, la caldera está atravesada por uná

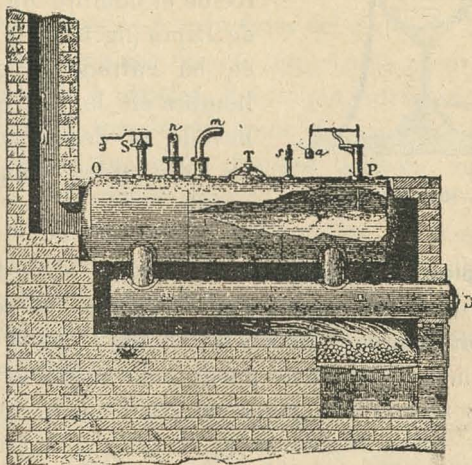


Fig. 104.—Generador del vapor.

B, hervidores; *E*, flotador unido con la señal de alarma; *P*, flotador que indica el nivel del agua en la caldera; *S*, válvula de seguridad; *t*, abertura por donde se pasa para limpiar el generador; *m*, toma del vapor de la máquina; *n*, tubo que trae el agua de alimentación al generador.

serie de tubos paralelos á su eje por los cuales el calor del fogón debe pasar para llegar á la chimenea (*caldera tubular*). Así se aumenta considerablemente la superficie de calefacción.

El generador lleva varios aparatos secundarios cuyos principales son las válvulas de seguridad y el indicador del nivel de agua.

Válvulas.—Las *válvulas* son unas aberturas cerradas con una palanca provista de un contrapeso ó un resorte. La tensión del resorte ó la masa del contrapeso se ha estudiado de tal modo que el vapor pueda levantar la palanca y escaparse libremente cuando su fuerza elástica llega á un punto pasado el cual podrían producirse accidentes.

Además, un manómetro metálico indica siempre el valor de la presión interior del generador.

Flotador del nivel de agua.—*El flotador del nivel de agua* es un flotador que hace subir ó bajar un pequeño contrapeso según que el nivel del agua baja ó sube en la caldera.

Se lo reemplaza á menudo con un pequeño tubo vertical de vidrio de paredes resistentes que comunica con la caldera en sus partes superior é inferior. El nivel del agua en el tubo corresponde exactamente al de la caldera.

Una bomba de alimentación introduce en la caldera, cuando es necesario la cantidad de agua destinada á reemplazar la que desaparece con la vaporización. En muchos generadores está reemplazada por un inyector particular (*inyector de Giffard*).

Cilindro distribuidor del vapor.—El órgano principal de la máquina propiamente dicha es el aparato distribuidor del vapor. Se compone de un *cilindro C*, en que se mueve un *pistón P*, cuya varilla se articula con una palanca acodillada. El vapor llega á la *caja de distribución T* por el tubo *A*; obra después el vapor sobre una ú otra cara del pistón pasando por aquellas de las aberturas *a* ó *b* que se halle libre. Esas aberturas quedan alternativamente abiertas ó cerradas por el *cajón de distribución*, espe-

cie de cajita de cinco caras que descansa contra la pared del cilindro por su cara abierta y está animado de un movimiento de vaivén que le comunica la varilla *F*. El cajón de distribución moviéndose en sentido inverso del pistón, resulta que también éste toma un movimiento de vaivén.

El vapor que acaba de obrar pasa por la abertura *a* ó *b* que queda libre y sale al exterior por el tubo *R*.

Expansión.—La expansión consiste en una disposición particular del cajón de distribución que permite la llegada del vapor al cilindro sólo durante una fracción del movimiento del pistón.

Sigue después éste su movimiento por el efecto de la *expansión* del vapor, que obra entonces sobre él á manera de resorte.

La cantidad de vapor gastada en cada golpe del pistón es entonces menor que si no hubiera expansión. Resulta pues economía de vapor.

Máquinas de alta y baja presión.—Se llaman *máquinas de alta presión* aquellas en que la tensión del vapor pasa de 5 atmósferas, y *máquinas de baja presión* aquellas en que no llega á 2 atmósferas. Las *máquinas de media presión* son aquellas en que la tensión está comprendida entre dos y cinco atmósferas.

El poder de una máquina no depende sólo de la tensión del vapor, sino también de la superficie del pistón; por eso una máquina de baja presión puede ser más poderosa que una máquina de alta presión, si su pistón tiene una superficie bastante grande.

Condensador.—La fuerza que empuja el pistón en el

cilindro es igual á la diferencia de las presiones que se ejercen en sus dos caras. Pero cuando el vapor sale libremente del cilindro, la superficie en que acaba de obrar soporta á lo menos la presión atmosférica; hay ventajas en disminuir ésta. Se lo alcanza haciendo llegar ese vapor á un espacio cerrado donde se condensa rápidamente bajo la influencia de una lluvia de agua fría y produce así un vacío parcial que favorece la acción del vapor en la otra cara del pistón. El agua del condensador calentada por el vapor que en ella viene á condensarse, sirve para alimentar la máquina.

Los condensadores no pueden servir sino en las máquinas de baja presión en que se usa poco vapor.

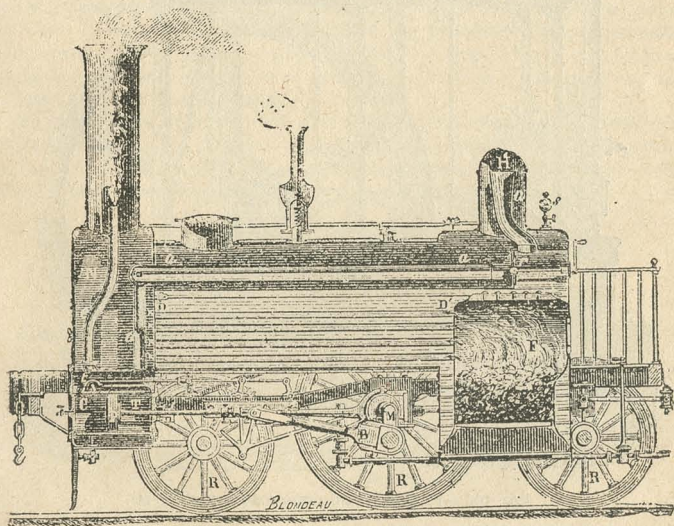


Fig. 105.—Locomotora.

a, a, a, a, recipiente del vapor; *B*, biela; *c*, cilindro; *D, D'* caldera tubular; *e*, tubo de salida; *F*, fogón; *H*, toma del vapor; *N*, caja de humo; *P*, pistón; *R, R* ruedas; *r*, llave para tomar el vapor; *s*, pito; *T*, caja de distribución y su varilla.

Locomotora.—Una *locomotora* es una máquina de alta presión, con dos cilindros y colocada sobre ruedas. (fig. 105). Las varillas de los pistones mueven dos ruedas (*ruedas motrices*) de modo que la máquina se mueve de por sí sobre rieles que la guían.

Trabajo de las máquinas.—La unidad de trabajo es el *kilográmetro*; pero para las máquinas de vapor, se adopta generalmente otra unidad de trabajo, y es el *caballo de vapor* que tiene en cuenta el tiempo.

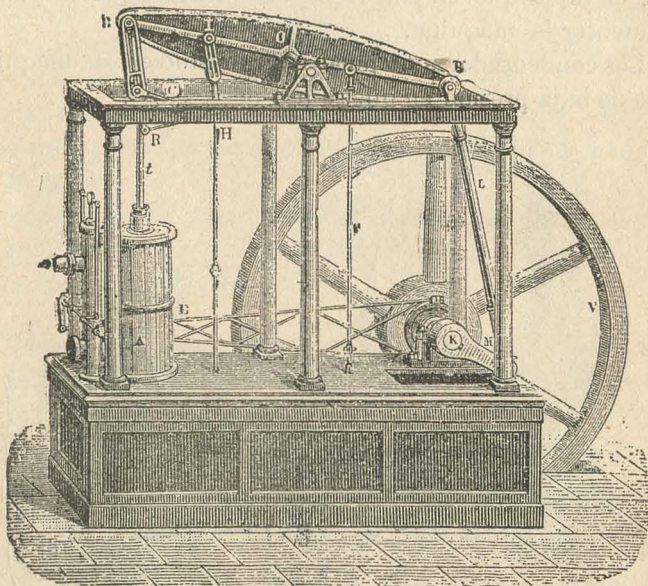


Fig. 106.—Perspectiva de una máquina de Watt.

A, cilindro en que entra el vapor; *a*, varilla del pistón; *B B'*, balancín; *L*, biela; *M*, manija; *K*, árbol; *V*, bomba; *F*, bomba de agua fría.

Se llama *caballo de vapor* un trabajo de 75 kilográmetros por segundo.

Una máquina de 10 caballos de vapor puede producir $75 \times 10 =$ ó 750 kilográmetros por segundo, es decir, el trabajo necesario para levantar 750 kg. á un metro de altura.

El caballo de vapor vale el trabajo de más de 5 caballos ordinarios.

Entre las fuerzas que obran sobre una máquina, unas la mueven: se las llaman *motrices*, y su trabajo, *trabajo motor*; ótras atrasan ó aniquilan el movimiento: se llaman *fuerzas resistentes*, y su trabajo, *trabajo resistente*.

CUESTIONARIO.—¿Cuál es el empleo del vapor?—¿En qué consiste la marmita de Papin?—¿Cuáles son los principios de una máquina de vapor?—¿Qué sucede cuándo se calienta agua en un vaso cerrado?—¿Qué es un generador?—¿Cómo se construye?—¿Qué es una caldera tubular?—¿Qué ventaja ofrece sobre las calderas de hervideros?—¿Para qué sirven las válvulas?—¿Cómo funcionan?—¿Cómo están dispuestos los aparatos que indican el nivel del agua en la caldera?—¿Cómo se reemplaza el agua que se evaporiza?—Describir el cilindro, y explicar el juego de la caja de distribución.

¿En qué consiste la expansión?—¿Qué ventaja presenta?—¿Qué se llaman máquinas de alta y baja presión?—¿Qué es el condensador?—¿Cuál es su objeto?—¿Qué es una locomotora?—¿Cuál es la unidad de trabajo en las máquinas?—Definirla.—¿Qué se llaman fuerzas motrices y fuerzas resistentes?

CAPITULO IX

Climatología y Meteorología

Climas.—Clima de un país es el conjunto de las condiciones atmosféricas que le son características: temperatura, humedad, vientos, presión atmosférica.

Clima constante es aquel cuya variación de temperatura entre el verano y el invierno no pasa de 8° (centígrados), por ej.: los marítimos y los insulares.

Clima excesivo es aquél cuya diferencia entre las temperaturas extremas de verano é invierno, es de 30 ó más grados, por ej.: el de Nueva York, de Pekín.

Temperatura media.—Temperatura media de un día es el cuociente por 24 de 24 observaciones hechas de hora en hora: es más ó menos igual á la media aritmética de la temperatura máxima y mínima del día y de la noche. La temperatura media de Santiago es 14° (centígrados).

Causas que influyen en la temperatura.—1.° *La latitud.* La temperatura media disminuye del Ecuador á los polos. Esa disminución proviene en gran parte de la oblicuidad de los rayos solares.

2.° *La altitud* produce una disminución media de 1.° (centígrado) por 180 metros de elevación; á una cierta altura la temperatura es siempre inferior á cero, siendo esta la causa de las nieves perpetuas cuyo límite varía según la latitud; en el Aconcagua, por ej.: el límite se halla á 4.500 mts, en el Ecuador á 4.800 mts.; en los Pirineos y los Alpes, á 2.700 mts., etc.

3.º *La dirección de los vientos.* Los vientos fríos vienen de los polos y los vientos templados y cálidos, del Ecuador.

4.º *La proximidad al mar,* que uniforma la temperatura.

Meteorología.—La meteorología estudia los fenómenos atmosféricos y las causas que los producen. *Meteoro* es cualquier fenómeno que se produce en la atmósfera.

Vientos.—Los vientos son corrientes aéreas que resultan de la diferencia de densidad, como consecuencia de la diferencia de temperatura en los vientos, se observa por medio de las veletas que se colocan en los techos; mejor es, sin embargo, observar la dirección de las nubes que indican las corrientes superiores. Para determinar la velocidad del viento se hace uso del *anemómetro*, especie de molinillo de viento que da un número de vueltas en relación con la velocidad del viento.

Los alisios soplan regularmente en la zona tórrida, de los polos hacia el Ecuador y oblicuando por efecto de la rotación de la tierra.

Los monzones soplan en el Océano Indico y las comarcas adyacentes, seis meses en una dirección y otros seis en dirección opuesta, los dos principales son el monzón de la primavera que comienza en Abril hasta Octubre, y el monzón de otoño que dura desde Octubre hasta Abril.

En Santiago, los vientos reinantes son: *norte*, húmedo y caliente, que trae las lluvias en invierno; el *sur*, ó *suroeste*, seco y frío, que disuelve la humedad atmosférica y despeja las nubes; el de *travesía*, que corre en el día de poniente á oriente desde las 9 A. M. á las 5 P. M., y el

de *cordillera* ó *puelche*, en sentido contrario, desde las 10 P. M. á las 6 A. M., dejando dos períodos de calma, entre las 6 y las 9 A. M. y entre las 5 y 9 P. M.

Ciclón es una masa de aire que abarca un espacio indeterminado y está animado de los movimientos de rotación y de traslación.

Tromba es una enorme cantidad de vapor de agua que tiene movimientos violentos y arrasa cuanto encuentra á su paso.

Los *aguaceros* y las *tempestades* resultan de las variaciones rápidas de la presión atmosférica que producen vientos violentos, generalmente acompañados de relámpagos, rayos y lluvia de corta duración.

Nubes son gotitas de agua suspendidas en la atmósfera; provienen de la condensación del vapor en los sitios elevados, húmedos y fríos, después de una lluvia cuando sale el sol y cuando se entra se puede notar su formación.

Respecto á su forma se distinguen, los *estratos*, los *cirros*, los *cúmulos* y los *nimbos*.

Los *estratos* son nubes horizontales superpuestas y angostas en apariencia que se forman generalmente á la caída del sol; por la tarde anuncian buen tiempo para el día siguiente y por la mañana anuncian lluvia para el día.

Los *cúmulos* son nubes redondeadas, amontañadas y de forma regular; cuando en la tarde van acompañadas de cirros en su parte superior anuncian lluvia ó tempestad; se hallan á 2 ó 3 km. en la atmósfera.

Los *cirros* son nubes blancas, pequeñas y muy delgadas; son de ordinario el presagio de un cambio atmosférico.

rico; están situadas á unos 9 ó 10 km. de altura en la atmósfera.

Los *nimbos*, masas sombrías y diformes, son nubes de lluvia que ocupan algunas veces una extensión considerable y situadas á una distancia media entre los cúmulos y los nimbos.

Las *nieblas* son nubes que se forman en el suelo por la evaporización de la humedad terrestre.

Lluvia.—*Lluvia* es la caída continua, más ó menos rápida, de las gotitas de agua que provienen de la condensación de los vapores de la atmósfera, motivada por un descenso de temperatura ó aumento de presión.

Cuando son muy finas las gotitas y caen después de la puesta del sol sin que se note nube alguna, la lluvia se llama *sereno*.

La cantidad de lluvia que cae anualmente en una comarca tiene cierta influencia sobre el clima; se mide esa cantidad de agua con el *pluviómetro* ó *udómetro* (fig. 107) En Santiago, por ejemplo, cae anualmente una capa de agua de 0^m 419; en Buenos Aires, de 0^m 815; en la Habana, de 2^m 710; en París, de 0^m 560, y en Calcuta, de 2^m 230.

Rocío.—Por la noche, los cuerpos se enfrían por radiación *más pronto* que el aire ambiente; prodúcese en su superficie una condensación de vapor de agua, tanto más rápida cuanto mayor es su poder emisivo (enfriamiento); por lo cual se observa el rocío en los árboles, la tierra, la madera, el vidrio, etc., y no en los metales pulimentados. El

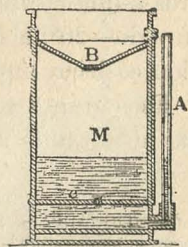


Fig. 107.—Pluviómetro

enfriamiento y por tanto el rocío aumenta con un cielo claro favorable á la radiación. Las nubes y los techos impiden el enfriamiento, y por tanto el rocío; un viento ligero lo favorece por renovar las capas de aire; un viento recio impide su formación.

La *escarcha* proviene del rocío congelado por un descenso de la temperatura.

Nieve.—La *nieve* es el resultado de la solidificación en la atmósfera de gotas de agua que dan origen á pequeños cristales; esos cristales regularmente reunidos forman los copos de nieves.

El *granizo*, formado de pequeñas agujas de hielo entremezcladas, es producido por la congelación de las gotas de lluvia en un aire agitado.

Pedrisco.—El *pedrisco* está formado por un nicho central blanco, análogo al granizo, envuelto en una capa de hielo transparente.

Los pedriscos ó piedras empiezan á formarse en los cerros á una altura superior á 10.000 mts. y una, temperatura de -20° ; al caer atraviesan nimbos fríos en sobre-fusión, es decir, líquidos, aunque á temperatura inferior á 0°

Esos granos se envuelven de capas de hielo concéntricas alcanzando á veces el tamaño de un puño.

CUESTIONARIO.—¿Qué se llama clima?—¿Qué nombres se dan á los climas según su temperatura?—¿Qué se llama temperatura media?—¿Qué causas influyen en la temperatura?

¿Qué es la meteorología?—¿Cómo se producen los vientos?—¿Cómo se observa la dirección del viento?—¿Cómo se determina su velocidad?—¿Qué vientos han recibido nombres especiales?—¿Qué es una tromba?—¿A qué son debidos los huracanes, los aguaceros?—¿De dónde provienen las nubes?—¿Cuáles son sus formas principales?—¿Qué son las nieblas?—¿Qué es la lluvia, el rocío?—¿Por qué no se forma el rocío sino en los sitios descubiertos?—¿Qué es la nieve? el granizo?—¿Cómo se forma un pedrisco?

CUARTA PARTE

ACÚSTICA

CAPITULO I

Producción y propagación del sonido.

Objeto de la acústica.—La *acústica* es la parte de la *física* que estudia los sonidos.

Se llama *sonido* la sensación producida en el oído por las vibraciones rápidas de un cuerpo elástico.

El *ruido* resulta de un conjunto de varios sonidos confusos que es difícil analizar; como el murmullo de las olas, la rodadura de los coches en el empedrado

Movimiento vibratorio.—Un cuerpo *vibra* cuando oscila rápidamente al rededor de su posición de equilibrio.

Así, apretando la extremidad de una lima de acero en un tornillo, y después de apartarla de su posición de equilibrio, si se la abandona á sí misma, oscilará.

El ángulo que forman las dos posiciones extremas se llama *am-*

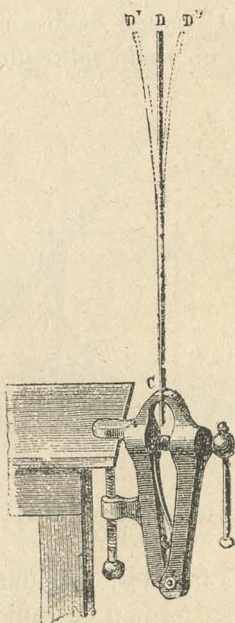


Fig. 103.—Vibración de una varilla elástica.

plitud de las vibraciones (fig. 108). El movimiento de D' en D'' se llama *vibración simple*; el paso de la varilla vibrante de D' en D'' y su vuelta en D' se llama *vibración doble*.

Producción del sonido.—El *sonido resulta siempre de la vibración de un cuerpo elástico*. Si se frota un arco de violín (fig. 109) en el borde de una campana de vidrio, ésta da un sonido, y su movimiento vibratorio puede evidenciarse con los golpes pequeños y reiterados que recibe al contacto de la campana una pequeña bola colgada de un hilo P.

Un golpe dado en un timbre, el frotamiento del arco de un violín sobre una cuerda tendida, el aleteo rápido de

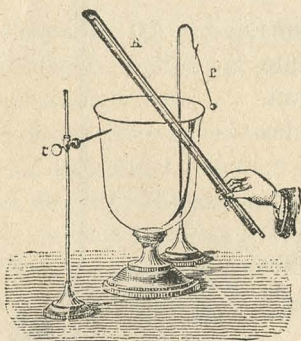


Fig. 109.—Vibración de una campana de vidrio.

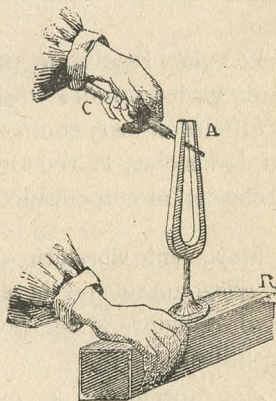


Fig. 110.—Diapasón.

los insectos, originan movimientos vibratorios que se transforman en sonidos. Al puntear una cuerda tendida, se percibe un sonido mientras se la ve vibrar.

Notemos, sin embargo, que el movimiento vibratorio se

percibirá en forma de sonido con tal que sea suficientemente rápido. Es imposible percibir un sonido cuando el cuerpo elástico da menos de 32 vibraciones por segundo.

Se llama *diapasón* (fig. 110) una varilla de acero acodillada en forma de pinzas. Se le hace vibrar por medio de un arco de violín ó por medio de un cilindro que se pasa rápidamente entre sus ramas; se refuerza el sonido obtenido con una cajita que se llama *resonador*.

Transmisión del sonido.—El *sonido se transmite en un medio elástico y no en el vacío*.

Si se introduce una campanilla en un globo, ó un timbre debajo de una campana (fig. 111) en que se hace el vacío con la máquina neumática, se nota que el sonido disminuye á medida de la rarefacción del aire y acaba por ser imperceptible.

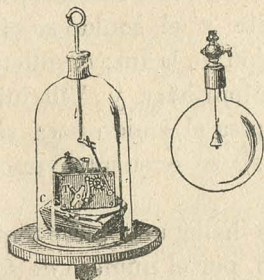


Fig. 111.—Producción del sonido en el vacío.

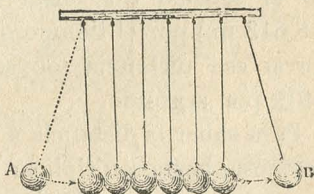


Fig. 112.—Transmisión del choque.

En un medio elástico, el movimiento vibratorio se transmite por el movimiento sucesivo de las moléculas. Se puede tener una idea de ese modo de propagación por medio de una serie de bolas de marfil (fig. 112) colgadas de modo que sus centros estén en línea recta. Esas bolas nos representan una hilera de moléculas. Si se aparta la primera *A* de su posición de equilibrio, y que se la abandone después, va á dar en la segunda, la cual transmite su movi-

miento á la tercera, ésta á la cuarta y así sucesivamente de modo que la última *B* estará repelida á la derecha, para volver sobre sí, y el fenómeno se reproducirá en sentido inverso.

En el movimiento de propagación del sonido, hay transmisión rápida del movimiento, pero no transporte de las moléculas; cada cual oscila en límites muy reducidos.

En el aire y los medios homogéneos, el sonido se propaga en todas direcciones al rededor del centro de vibración, con una rapidez que varía con el medio ambiente.

Velocidad del sonido en el aire.—El sonido recorre unos 340 metros por segundo á la temperatura ordinaria (12°); esa velocidad disminuye con la temperatura, no es más que de 331 m. á 0° . Es la misma para todos los sonidos, agudos y graves.

Experimento del «Bureau des longitudes» entre Montlhéry y Villejuif.—De cada estación de Montlhéry y Villejuif se disparaba un cañonazo cada cinco minutos; la luz se transmitía instantáneamente y el sonido se oía cierto tiempo después de la aparición de la luz; dividiendo el espacio que dista entre Montlhéry y Villejuif (18,613 m.) por el tiempo que emplea el sonido para recorrer esa distancia (55 segundos), se encuentra unos 340^m por segundo.

Para saber la distancia á que se halla una nube tempestuosa, basta multiplicar 340 m. por el número de segundos que separa el relámpago del momento en que se oye el trueno.

Velocidad del sonido en los líquidos y en los sólidos.—En los *líquidos*, la velocidad del sonido es mayor que en el aire. En el agua á 8° (lago de Ginebra) es de 1435 m. por segundo.

En los *sólidos*, esa velocidad es aún mayor que en los

líquidos. El experimento hecho en los hilos telegráficos de París á Versailles dió 3485 m. por segundo.

Reflexión del sonido.—Cuando el sonido encuentra un obstáculo, se refleja, es decir, cambia de dirección. Las leyes de la reflexión del sonido son análogas á las de la reflexión del calor y de la luz.

1.^a Ley.—*El rayo sonoro incidente y el rayo reflejado están en un mismo plano perpendicular á la superficie reflectora.*

2.^a Ley.—*El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.*

Los espejos cóncavos (fig. 113) pueden concentrar los rayos sonoros así como concentran los rayos luminosos; nos lo enseña el experimento representado por la figura 113.

Eco.—El *eco* es la repetición de un sonido que se refleja una ó más veces contra un obstáculo.

Un sonido emitido entre dos paredes paralelas se refleja varias veces; el eco disminuye al paso que se va alejando. El eco se observa en los salones acústicos, en las grandes iglesias, debajo de las nubes, etc.

El centro sonoro ha de estar á 34 m. de la superficie reflectora para dar un eco monosilábico.

CUESTIONARIO.—¿Qué es la acústica?—¿Qué es el sonido?—¿Es un sonido el ruido?—¿Cuándo se dice que un cuerpo vibra?—¿Qué es la amplitud de una vibración?—¿Cómo úno puede producir un sonido?—¿Qué es un diapasón?—¿Se transmite en el vacío el sonido?—Explicad cómo se hace la transmisión del sonido valiéndose del aparato de bolas de marfil.—¿Cómo se hizo para determinar la velocidad del sonido en el aire?—¿Cuáles son las leyes á que obedece un rayo sonoro al reflejarse?—Explicad el fenómeno del eco.

CAPITULO II

Cualidades del sonido

Definición.—Se entiende por *cualidades* del sonido las propiedades especiales que modifican su acción en nuestro aparato auditivo, y con que los distinguimos unos de otros.

Esas cualidades son: la *elevación*, la *intensidad* y el *timbre*.

Elevación del sonido.—La *elevación* del sonido es el punto más ó menos elevado que ocupa en la escala musical. Depende del número de las vibraciones del cuerpo sonoro en un tiempo dado; según el cuerpo vibre más ó menos rápidamente produce *sonidos agudos ó graves*.

Se juzga pues de la elevación del sonido por el número de vibraciones que el cuerpo sonoro da en un segundo por ejemplo. Esa determinación se hace con la sirena ó por el método de los contadores gráficos.

Sirena de Cagniard-Latour.—La sirena (fig. 114) se compone de una caja cilíndrica *H* á que se puede hacer llegar aire por el conducto *F*. La cara superior de esa caja tiene en su circunferencia una serie de aberturas que atraviesan su pared oblicuamente y que se dirige en planos perpendiculares á los radios de esa cara.

A una distancia muy pequeña de esas aberturas se encuentra un disco *S* movable al rededor del eje *X* y que tiene un número de aberturas igual á las de la cara de la caja, pero inclinadas en sentido opuesto, pudiendo coincidir con las de la caja.

El eje *X* por medio de una palanca *R* puede hacer

girar un sistema de ruedas que permiten leer en los cuadrantes L y L' el número de vueltas que diere el disco móvil.

Si se hace llegar aire en la sirena, ese aire se escapa por las aberturas del disco fijo que viene á dar oblicuamente en las del disco móvil y toma entonces un movimiento de rotación más ó menos rápido según la fuerza del aire.

Resultan pues interrupciones en la salida del aire según coincidan ó no las aberturas de los discos, y esas interrupciones imprimen al aire un movimiento vibratorio que produce un sonido más ó menos elevado según la rapidez de la rotación.

Para servirse de la sirena, se mide la corriente de aire de manera que esté al unísono con el sonido cuya elevación se quiere saber. Se hace entonces girar el sistema

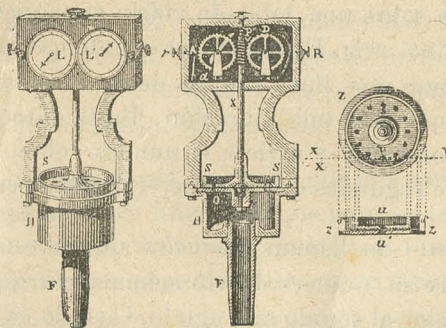


Fig. 114.—Sirena de Cagniard- Latour.

I, perspectiva; 2, corte; F , toma del aire; H , cámara de aire; O , aberturas del disco inferior y del disco superior S S ; X , eje con su tornillo sin fin B ; A , rueda de las vueltas; D , rueda de las centenas de vueltas; l , dedo que hace adelantar de un diente la rueda D ; 3, disco: frente y sección, x , y , de los dos discos y de los agujeros u u' .

del contador durante un tiempo determinado, t segundos por ejemplo. Si el disco tiene n aberturas, y si dió N vueltas durante ese tiempo, el número de interrupciones, es decir, el número de vibraciones del cuerpo sonoro durante un segundo se dará por la expresión:

$$\frac{n \times N}{t}$$

Es poco preciso este aparato por ser difícil mantener el sonido á la misma elevación durante un tiempo algo largo; por otra parte se necesita un oído muy ejercitado para juzgar si el cuerpo sonoro y la sirena están al unísono.

Método de los contadores gráficos.—Ese método muy exacto puede aplicarse á los diapasones. En una de sus ramas se fija un estilete pequeño muy liviano, un pelo de escobilla por ejemplo, y mientras vibra el diapason se lo pasea sobre una tabla de vidrio ennegrecida con la llama de una vela. El estilete traza entonces sobre el negro de humo una línea sinuosa de la cual cada sinuosidad corresponde á una vibración. Basta entonces contar esas sinuosidades y dividir el número obtenido por el número de segundos que empleó el diapason en trazarlas.

Intervalos.—Se llaman *intervalos* de dos sonidos la relación entre su número de vibraciones, correspondiendo el numerador al sonido más agudo. Cuando es simple esa relación, los sonidos producen una impresión grata al oído; dícese que hay *consonancia*.

La consonancia es tanto más perfecta cuanto más sencilla es la relación que expresa el intervalo. Los intervalos más consonantes son los siguientes:

Unísono.....	1/1	Cuarta..	4/3
Octava	2/1	Tercia mayor	5/4
Quinta	3/2	Tercia menor	6/5

Se dice que un sonido es la *octava aguda* de otro cuando corresponde á un número doble de vibraciones ejecutadas en el mismo tiempo. Recíprocamente el primero es la *octava grave* del segundo.

Cuando se hacen oír simultáneamente más de los sonidos cuyos números de vibraciones formen una relación simple, se obtiene un *acorde múltiplo*. Los acordes más notables son el *acorde perfecto mayor* y el *acorde perfecto menor*. Para el primero los números de vibraciones son entre sí como los números 4, 5 y 6, y para el segundo como los números 10, 12 y 15.

Considerando el primero como sonido fundamental, los intervalos del acorde perfecto mayor son pues 1, 5/4 y 3/2; se compone del sonido fundamental, de la tertia mayor y de la quinta. Los del acorde perfecto menor son 1, 6/5 y 3/2; está formado pues por el sonido fundamental, la tertia menor y la quinta.

Gama.—La *gama* está formada por una serie de siete sonidos separados por intervalos que parecen tener su origen en la naturaleza de nuestro oído; esos intervalos son siempre los mismos para todas las gamas ó escalas.

Las notas de la gama de *ut* ó *do* son: *do, re, mi, fa, sol, la, si*. Las seis primeras son las sílabas que empiezan los hemistiquios de los tres primeros versos del himno de San Juan Bautista.

Los intervalos de la gama son con relación á la nota fundamental ó *tónica*:

do	re	mi	fa	sol	la	si	do
1	$9/8$	$5/4$	$4/3$	$3/2$	$5/3$	$15/8$	2

Se acuerdan los instrumentos sobre una nota invariable, el *la normal*, dado por el diapasón normal: corresponde á 870 vibraciones simples por segundo.

Intensidad del sonido.—La *intensidad* del sonido es la energía con que las ondas sonoras vienen á herir nuestro tímpano, dándonos así, una sensación más ó menos acentuada del sonido.

La *intensidad* del sonido depende:
 1.º de la amplitud de las vibraciones;
 2.º de la distancia del centro de vibración.
 La *intensidad de los sonidos varía en razón inversa del cuadrado de la distancia al centro de vibración.*

En virtud de la segunda ley, la intensidad disminuye cuando se aleja el cuerpo sonoro. Pero si se hace seguir al movimiento de propagación una dirección dada, esa disminución no se verificará, v. g. en un tubo de paredes lisas. Dicho resultado se obtiene con la bocina, la trompetilla acústica (fig. 115)

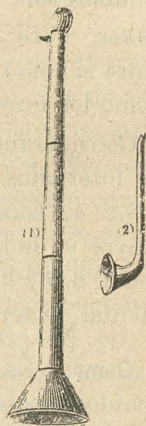


Fig. 115.—1, bocina; 2, trompetilla acústica.

En algunos casos se utilizan los *tubos acústicos* para comunicar de unas habitaciones con otras: se emplea á bordo de los buques para hablar al gabero en las cofas. Hay que notar sin embargo que ya el teléfono ha reemplazado el tubo acústico en casi todas partes.

Los cuerpos blandos, como el algodón, los géneros,

disminuyen en gran manera la intensidad de los sonidos. Una alfombra suave acalla el ruido de los pasos; las tapicerías gruesas hacen un salón sordo así como lo oscurecen las tapicerías negras; un piano pierde gran parte de intensidad en una pieza llena de alfombras y tapicerías.

Timbre del sonido.—El *timbre* varía con la naturaleza del cuerpo vibrante, y sirve para distinguir los varios instrumentos, las voces; proviene de muchos sonidos secundarios (*armónicos*) que se producen con el sonido fundamental.

Se llaman *armónicos* de un sonido, una serie de sonidos cuyos números de vibraciones son, en relación con el sonido fundamental, como la serie de los números 1, 2, 3, 4,... El primer armónico es pues la octava; el segundo, la quinta de la octava; el tercero, la segunda octava, etc.

CUESTIONARIO.—¿Qué se entiende por cualidades del sonido?—¿cuáles son esas cualidades?—¿Qué es la elevación del sonido?—¿De qué depende?—Dar la descripción de la sirena.—¿Por qué da un sonido cuando la atraviesa una corriente de aire?—¿Para qué sirve?—Dar cuenta de un experimento.—¿Cómo se mide la elevación de un sonido por el método de los contadores gráficos?—¿Qué se llama intervalo de dos sonidos?—¿Cuáles son los intervalos de dos sonidos más consonantes?—¿Qué intervalos componen los acordes perfectos?—¿Qué es la gama?—¿Cuáles son los intervalos de las notas de la gama?—¿Qué es la intensidad del sonido?—¿De qué depende?—¿Cuál es el efecto de los cuerpos blandos sobre la intensidad?—¿De qué depende el timbre de los sonidos?—¿Qué se llaman sonidos armónicos?

CAPITULO III

Vibración de las cuerdas.—Tubos sonoros

I.—VIBRACIONES TRANSVERSALES DE LAS

CUERDAS

Cuerdas vibrantes.—Se llaman *cuerdas* en acústica, á unos cuerpos filiformes, de metal ó de tripa, tendidos entre dos puntos fijos. Se las hace vibrar transversalmente punteándolas con los dedos (guitarras) ó frotándolas con un arco de violín (violín) ó sencillamente hiriéndolas (piano).

Leyes de las vibraciones transversales de las cuerdas.—

1.º En *razón inversa de la longitud y del radio de la cuerda*.

2.º En *razón inversa de la raíz cuadrada de la densidad*.

3.º En *razón directa de la raíz cuadrada del peso que tiene la cuerda*.

Todas esas leyes pueden recapitarse en la fórmula:

$$N = \frac{1}{2RL} \sqrt{\frac{gP}{\pi d}}$$

N siendo el número de vibraciones del sonido emitido; R, L y *d* el radio, la longitud, y la densidad de la cuerda; *P* el peso que la mantiene tensa, *g*, la aceleración de la pesantez y π la relación de la circunferencia al diámetro. Se verifican con el sonómetro (fig. 116).

El *sonómetro* es una caja sonora que lleva en el sentido longitudinal una regla dividida sobre la que pueden tenderse dos cuerdas con una llave la una y por pesas la otra.

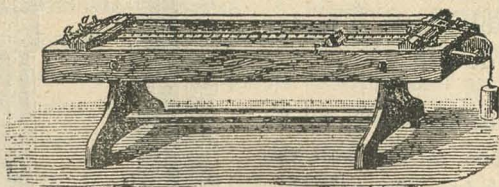


Fig. 116.—Sonómetro.

Instrumentos de cuerda.—Los *instrumentos de cuerda* se componen de un sistema de cuerdas tendidas sobre un cajón sonoro cuyo fin es reforzar la intensidad del sonido. Los unos tienen tantas cuerdas como sonidos han de emitir, v. g., el piano, el arpa. La longitud de las cuerdas es entonces fija y tanto menor cuanto más agudo ha de ser el sonido emitido. Los demás tienen un número limitado de cuerdas; pero entonces por medio de los dedos convenientemente colocados, se acorta la longitud de la parte vibrante para dar sonidos más elevados, siendo de este número, el violín, el violón, el violoncelo.

En los instrumentos de cuerda se aumenta el diámetro y la densidad de las cuerdas que han de emitir los sonidos más graves envolviéndolas en un hilo metálico.

II.—TUBOS SONOROS

Definición.—Los *tubos sonoros* son unos tubos en que el sonido se produce por la vibración de la columna de

aire que contienen. Se dividen en *tubos de boca* y *tubos de lengüeta*.

La elevación del sonido es independiente de la naturaleza del tubo; sólo el timbre depende de ella.

Tubos de boca.—En los tubos de boca, el aire sale por una hendidura (fig. 117), viene á dar contra la pared del tubo cortada en bisel, y produce un silbido formado por numerosos sonidos discordantes, entre los cuales el tubo elige á uno para reforzarlo.

El *pito*, la *flauta* y el *caramillo*, son aplicaciones de los *tubos de boca*.

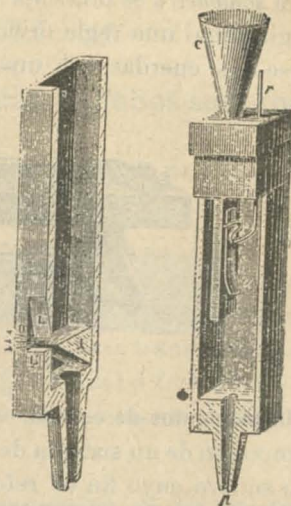


Fig. 117.—Tubo de boca.

Fig. 118.—Tubo de lengüeta, *a*, lengüeta; *r*, rasete; *C*, trompeta de resonancia; *P*, portaviento ó pie.

Tubos de lengüeta.—Una lengüeta es una pequeña lámina metálica fija por una extremidad y cerrando incompletamente una abertura que debe atravesar el aire (fig. 118).

El timbre de los tubos de lengüeta es gangoso, no tiene la suavidad de los sonidos emitidos por los tubos de boca. Se puede modificar la elevación del sonido que emiten por medio del *rasete* que aumenta ó disminuye, según se quiera, la longitud de la parte vibrante de la lámina.

Los tubos de lengüeta se utilizan en los *armonios*, los *clarinetes*, los *oboes*, los *fagotes*. En los instrumentos de

embocadura de trompa, los labios desempeñan el papel de *lengüeta*. Ej.: el *cornetín*, el *figle*.

Movimiento vibratorio de un tubo.—Cuando un tubo emite un sonido, la columna de aire que contiene se divide en *segmentos vibrantes* ó *vientres*, separados por los *nodos* donde el movimiento vibratorio es nulo. Dos *vientres* consecutivos se separan siempre con un *nodo*.

Para verificar la presencia de los nodos y de los vientres, basta bajar por el tubo una pequeña membrana horizontal cubierta de arena (fig. 119).

Se ve á la arena bailar en las regiones que corresponden á los vientres y quedar inmóvil en las de los nodos. En la figura 118, el movimiento vibratorio se produce con una pequeña tela metálica transversal *D* que se calienta con un mechero de gas.

Aumentando la potencia de la corriente de aire que hace vibrar el aire del tubo, se puede modificar el número de los vientres y de los nodos, y hacerle producir sonidos cada vez más elevados que son los armónicos del sonido fundamental.



Fig. 119.—Vibración de aire.

Leyes de los tubos.—La elevación del sonido fundamental emitido por un tubo es en razón inversa de su longitud.

Un tubo cuya extremidad está cerrada emite un sonido que es la octava grave del sonido emitido por un tubo abierto cuya longitud sea igual.

Los armónicos emitidos por un tubo abierto son entre sí como la serie natural de los números enteros, mientras

que para los tubos cerrados, son entre sí como la serie natural de los números nones.

Instrumentos de viento.—Ciertos instrumentos tales como el clarín, la trompeta, son tubos de longitud fija. Los sonidos que emiten son, pues, armónicos del sonido fundamental. Otros son tubos de longitud variable. Las variaciones de longitud se obtienen por medio de llaves como en el cornetín, el bajo, ó por una corredera como en los trombones. En la flauta, el oboe, el clarinete, el fagot, el figle, las variaciones de elevación se obtienen abriendo y cerrando pequeñas aberturas que modifican el número y posición de los nodos y de los vientres de la columna de aire en vibración.

CUESTIONARIO.—¿Qué se llaman cuerdas vibrantes?—Dar la fórmula general que expresa el número de vibraciones emitidas por una cuerda, y dar su explicación.—¿Qué es el sonómetro?—¿Para qué sirve?—Cómo se modifica la elevación del sonido emitido por una cuerda en el violín?—¿Por qué se envuelven algunas cuerdas con un hilo metálico?

¿Con qué se produce el sonido en los tubos sonoros?—¿Cómo se verifica la agitación del aire en los tubos de boca y en los tubos de lengüeta?—¿Para qué sirve el rasete?—¿Cómo se subdivide la columna de aire que vibra en un tubo?—Decir la ley de las longitudes.—¿En qué relación se hallan los armónicos emitidos en un tubo abierto?—¿Cómo se producen las variaciones de elevación en los instrumentos de viento?

QUINTA PARTE

CAPÍTULO I

ÓPTICA

PROPAGACION Y REFLEXION DE LA LUZ

Optica.—Luz.—*La Optica es la parte de la Física que estudia los fenómenos ocasionados por la luz.*

La luz es el agente de los fenómenos que notamos por medio del órgano de la vista.

Se admite hoy que la luz es, como el calor, un modo particular de la energía, es decir, que está producida por vibraciones sumamente rápidas de las moléculas de los cuerpos luminosos. Estas vibraciones se propagan por el intermediario de un fluido imponderable y muy elástico, el *éter*, difundido en todas partes, hasta en el vacío y en los espacios intermoleculares de los cuerpos transparentes.

Cuerpos luminosos, transparentes, opacos.—Todo cuerpo visible emite luz: es un cuerpo *luminoso*; pero puede ser luminoso por sí mismo como el sol, una lámpara, un cuerpo incandescente; ó bien recibir la luz de otro cuerpo. En este último caso se dice que el cuerpo se vuelve luminoso porque es iluminado.

Los cuerpos *transparentes* ó *diáfanos* son los que se dejan atravesar por la luz, como el aire, el agua, el vi

drio. Los cuerpos *opacos* son los que detienen la luz, como la madera, los metales, el papel...

Propagación de la luz.—La luz se propaga en línea recta.—En efecto basta interponer una pantalla sobre la recta que une el ojo con un punto luminoso para que el punto deje de verse. En cualquiera otra posición de la pantalla, el ojo percibe el punto luminoso.

Se llama *rayo luminoso* á la línea que sigue la luz al propagarse. La reunión de muchos rayos luminosos emanados de un mismo foco, se llama un haz de luz.

Velocidad de la luz.—La luz recorre unos 300.000 km. por segundo. A pesar de esta velocidad prodigiosa la luz emplea 8 minutos 13 segundos para llegar del sol á la tierra, y varios años para llegar de la estrella más cercana.

Sombra y penumbra.—Cuando un haz luminoso encuentra un cuerpo opaco no puede pasar y la parte situa-

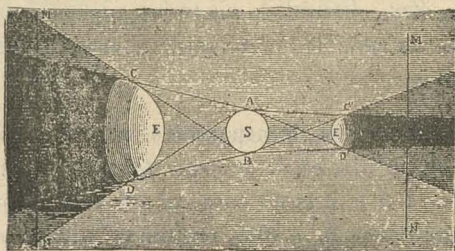


Fig. 120.—Sombra y penumbra circulares.

da atrás del cuerpo no recibe luz: se dice que está en la *sombra*.

Cuando el foco luminoso se reduce á un punto, la parte que está en la sombra queda separada de la parte alumbrada por una superficie cónica engendrada por una recta que sale del foco y es tangente al contorno aparente del cuerpo. Para cualquier punto situado en la parte cónica privada de luz, ese foco está totalmente eclipsado.

Si en vez de ser un punto, el foco fuera una esfera S, por ejemplo (fig. 120), la región comprendida entre las tangentes exteriores AC y BD y las tangentes interiores BC y AD no recibe más que una parte de los rayos luminosos. Esa región es lo que se llama *penumbra*. El paso es insensible de la sombra absoluta hasta la luz completa.

Fotómetros.—Los *fotómetros* son unos aparatos que sirven para comparar las intensidades de dos fuentes luminosas.

LEY DEL CUADRADO DE LAS DISTANCIAS.—*La intensidad de la luz sobre una pantalla colocada sucesivamente á diferentes distancias es inversamente proporcional á los cuadrados de las distancias.*

El *fotómetro de Rumford* se compone de una varilla colocada cerca de una pantalla. Se colocan las dos fuentes luminosas á distancias tales de esa varilla que las sombras proyectadas sobre la pantalla sean igualmente oscuras. Las intensidades de las dos luces son entonces proporcionales á los cuadrados de sus distancias, á la pantalla.

El *fotómetro de Bunsen* consiste en una pantalla de papel blanco, en cuyo centro se halla una mancha de grasa. Se colocan las fuentes de luz que se quieren estudiar de cada lado de la pantalla, de modo que ya no se

vea la mancha, lo que sucede cuando está igualmente alumbrada de cada lado. Se miden las distancias de las fuentes hasta la pantalla: *sus intensidades son proporcionales á los cuadrados de esas distancias.*

Reflexión de la luz.—*La reflexión es el cambio de dirección que experimentan los rayos luminosos al encontrar una superficie plana y sin asperezas* (fig. 121).

Cuando un rayo luminoso AB encuentra una superficie plana MN , toma la dirección BC .

La reflexión sigue las leyes siguientes:

1.^a Ley.—*El rayo reflejado queda en el plano de incidencia.*

2.^a Ley.—*El ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia.*

El plano de incidencia es el plano que pasa por el rayo incidente y la normal del plano de reflexión, trazada en el plano donde el rayo se refleja.

El ángulo de incidencia es el ángulo i que forma el rayo incidente con la normal BP ; el ángulo de reflexión es el ángulo que forma el rayo reflejado con la misma normal.

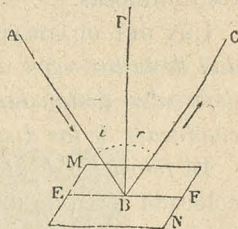


Fig. 121.— i , ángulo de incidencia; r , ángulo de reflexión.

Espejos planos.—Cuando se mira en un espejo plano (fig. 122) la luz de un punto luminoso A parece llegar de un punto A' , simétrico de A con respecto al espejo. Se cree pues ver *detrás del espejo* los objetos luminosos que están colocados adelante. La imagen dada por un espejo plano es *recta, igual al objeto y simétrica* con él con relación al plano del espejo (fig. 121). Al inclinar convenientemente el espejo, se puede hacer que el rayo reflejado

temente dos espejos planos, se pueden obtener varias

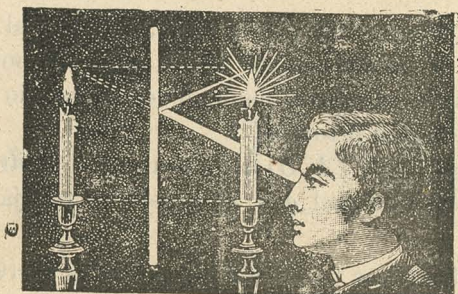


Fig. 122.—Imagen vista sobre un espejo plano.

imágenes del mismo objeto: es el principio del *kaleidoscopio*.

Espejos esféricos.—Los *espejos esféricos* se forman de un casquete esférico cuyas superficies son reflejantes. El interior da un *espejo cóncavo*, y el exterior un *espejo convexo*.

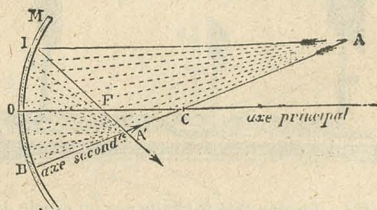


Fig. 123.—Elementos de los espejos.

Se llama *centro de curvatura* (fig. 123) el centro C de la esfera de que forma parte el espejo, y *centro de figura* el punto O de su superficie equidistante de su borde.

Se llama *eje principal* la recta OC que pasa por el centro de figura y el centro de curvatura, y *eje secundario*

cualquiera otra recta que pasa por el centro de curvatura.

Todos los rayos, AI , por ejemplo, paralelos al eje principal, van á pasar después de su reflexión por un solo punto F colocado sensiblemente en el medio de OC y que se llama *foco principal*.

Cualquier rayo ($A B$) que pasa por el centro de curvatura C y es normal con el espejo se refleja sobre sí mismo.

Todos los rayos que salen del punto A convergen al mismo punto A' después de su reflexión; ese punto A' se llama *imagen* del punto A . La imagen de un objeto es el conjunto de las imágenes de todos sus puntos.

Una imagen se llama *real* cuando puede recibirse en una pantalla (fig. 124); se llama *virtual* en el caso contrario.

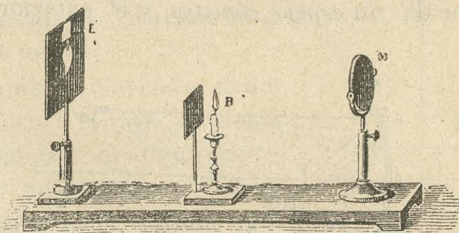


Fig. 124.—Imagen real formada por un espejo cóncavo.

Formación de las imágenes en los espejos.—Para encontrar la imagen de un punto A en un espejo cóncavo (fig. 125), basta trazar dos rayos, el uno paralelo al eje del espejo, y el otro pasando por su centro. Después de la reflexión, el primero pasa por el foco F y toma la dirección MF ; el segundo se refleja sobre sí mismo según

E. C. La intersección de esos dos rayos da el punto A' , imagen del punto A .

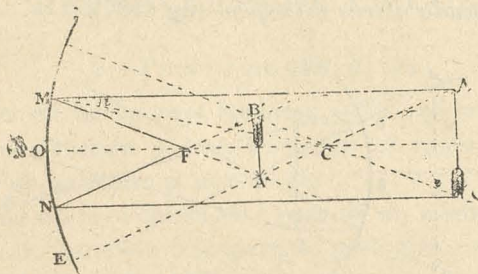


Fig. 125.—Imagen real formada por un espejo cóncavo

Del mismo modo se obtendría la imagen de los otros puntos del objeto.

Aplicando las reglas á varios objetos colocados delante de un espejo cóncavo, se nota:

1.º Que los objetos colocados más allá del centro dan una imagen real, invertida y menor que el objeto, y colocada entre el foco principal y el centro (fig. 125).

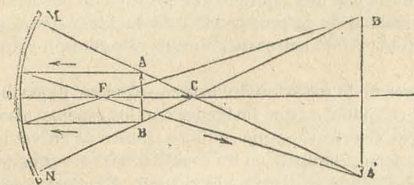


Fig. 126.—Imagen real formada por un espejo cóncavo

2.º Que los objetos colocados entre el centro y el foco principal dan una imagen real, invertida, mayor que el objeto, y colocada más allá del centro (fig. 126).

3.º Que los objetos colocados entre el vértice O y el foco principal dan una imagen virtual, recta, mayor que el objeto y colocada detrás del espejo (fig. 127).

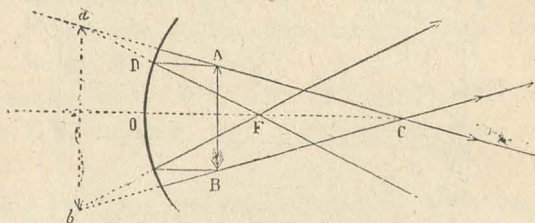


Fig. 127.—Imágenes virtuales de los espejos cóncavos

Fórmula de los espejos esféricos.—La distancia focal f de un espejo esférico y las distancias p , p' de este espejo á un objeto cualquiera y á su imagen verifican la relación.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

CUESTIONARIO.—¿En qué dirección se propaga la luz?—¿Qué es un objeto transparente?—Explicad con una figura lo que se entiende por sombra y penumbra.—¿Cuál es la velocidad de la propagación de la luz?—¿Para qué sirven los fotómetros?—Describid los fotómetros de Foucault y de Bunsen y decid cómo uno se vale de ellos.

¿Cuáles son las leyes de la reflexión de la luz?—¿Qué se llama ángulo de incidencia y ángulo de reflexión?—¿Qué imágenes dan los espejos planos?—¿De qué se forman los espejos esféricos?—¿Qué se llama centro de curvatura, eje principal, eje secundario, foco principal? en un espejo cóncavo.—¿Cuándo se dice que una imagen es real? ¿Cuándo se dice que es virtual?—Explicar como se busca la imagen en un punto.—Buscar la imagen de un objeto colocado: 1.º más allá del centro del espejo; 2.º entre el foco y el espejo.—Decir en cada caso si la imagen es real ó virtual.

CAPITULO II

REFRACCIÓN DE LA LUZ

I.—PRINCIPIOS GENERALES

Refracción de un rayo luminoso.—*La refracción es el cambio de dirección que experimentan los rayos luminosos al pasar de un medio á otro medio.*

Cuando un rayo oblicuo SI pasa de un medio transparente á otro también transparente pero más denso, *v. g.*, del aire al agua (fig. 128), se desvía de su dirección IS'' para acercarse á la normal AB tomando la dirección IS' .

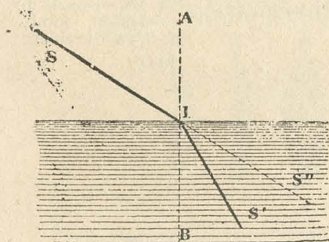


Fig. 128.—Fenómeno de refracción.

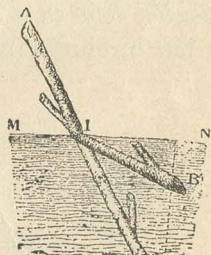


Fig. 129.—Rotura aparente de los objetos vistos con refracción.

El rayo refractado queda en el plano de incidencia (ley de Descartes), pero el ángulo de incidencia no es igual al ángulo de refracción.

A consecuencia de la refracción: 1.º un objeto en parte sumergido en el agua parece roto (fig. 129); 2.º el fondo de un vaso lleno de agua se nos aparece como levantado, lo que permite ver objetos que quedarían invisibles si el vaso fuera vacío.

Lámina de caras paralelas.—Cuando un rayo luminoso atraviesa oblicuamente una lámina de caras paralelas, experimenta, á la entrada y á la salida, dos desviaciones iguales y en sentido contrario. El rayo no está, pues, desviado, pero sale de la lámina en una dirección paralela á la que tenía antes.

Reflexión total.—Cuando un haz luminoso encuentra oblicuamente la superficie de un medio menos denso que aquel en que se propaga, puede suceder que se refracte enteramente en el segundo medio. Esa propiedad se utiliza en los prismas de *reflexión total* para invertir la dirección de un haz luminoso (fig. 130).

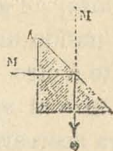


Fig. 130.—Prisma de reflexión total, M; O; rayo incidente O'.

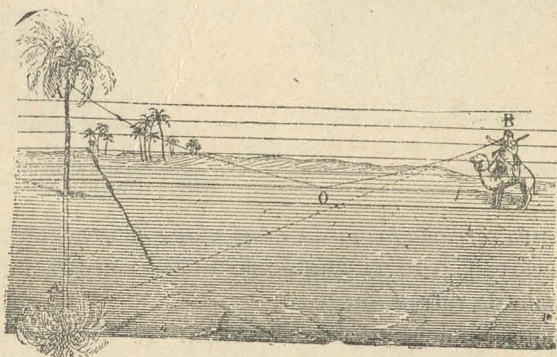


Fig. 131.—Espejismo.

Espejismo.—Un rayo como AO (fig. 131) se refracta atravesando las capas inferiores de la atmósfera cuando

están calentadas (lo que sucede sobre todo en los desiertos); pasa al través de ambientes de densidades distintas.

Puede suceder que se refleje totalmente y que suba según OB; el ojo puesto en B verá la imagen de A en A', es decir, como si A se reflejara en una superficie líquida. Es el fenómeno del *espejismo*.

II.—LENTES ESFÉRICAS

Formas de las lentes.—*Las lentes esféricas* son unos cuerpos transparentes (vidrio, cristal) que terminan en superficies esféricas.

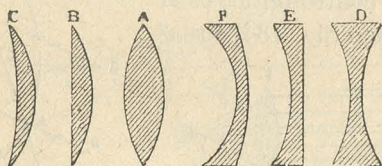


Fig. 132.—Lentes

Lentes convergentes: C, menisco convergente; B, plano convexo; A, biconvexo;
Lentes divergentes: F, menisco divergente; E, plano cóncavo; D, bicóncavo

Se llaman *lentes convergentes* las que tienen más espesor en el medio, y *lentes divergentes* aquellas al contrario que son más delgadas en el medio que en los bordes.

Las lentes convergentes acercan los unos á los otros, y los divergentes alejan los rayos paralelos que las atraviesan.

Elementos de las lentes.—Se llama *eje principal* de

una lente la recta que pasa por los centros de curvatura de las dos superficies esféricas. Si una de las superficies es plana, es la perpendicular trazada del centro de la superficie esférica sobre la superficie plana.

Se da el nombre de *foco principal* al punto F del eje hacia el cual convergen los rayos paralelos al eje después de haber atravesado la lente (fig. 132).

En cualquiera lente esférica, hay un punto llamado *centro óptico* y es tal que todo rayo luminoso que atraviesa la lente pasando por este punto no puede recibir desviación alguna.

Si las dos superficies de la lente tienen el mismo radio de curvatura, el centro óptico es el punto C del eje (fig. 134) situa-

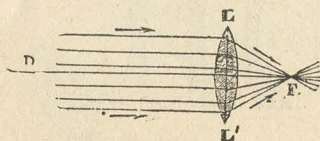


Fig. 133.—Convergencia de los rayos paralelos al eje

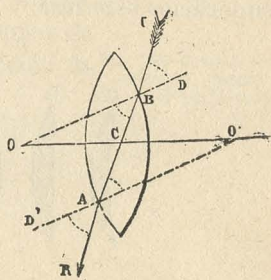


Fig. 134.—Centro óptico

do á igual distancia de las dos superficies.

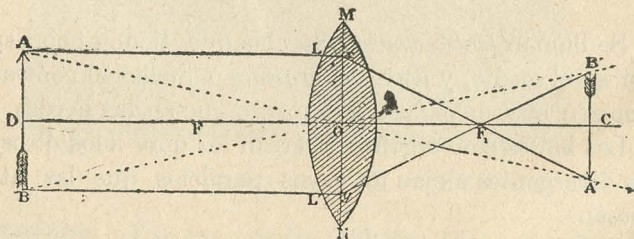


Fig. 135.—Marcha de los rayos luminosos en una lente biconvexa
D C, eje principal; O, centro óptico; F, F, focos principales

Cualquier rayo luminoso que pasa por el centro óptico toma el nombre de *eje secundario*.

Construcción de las imágenes en las lentes convergentes.

—Para construir la imagen de un punto A (fig. 135), se traza el rayo AL, paralelo al eje principal; debe pasar por F después de la refracción; luego se traza el rayo AO del centro óptico; se lo considera como no refractándose. El encuentro de x F₁ y de AO da A', imagen de A.

Repetiendo la misma construcción para los diferentes puntos del objeto AB, se obtendrá la imagen A' B'.

En general, en las lentes convergentes:

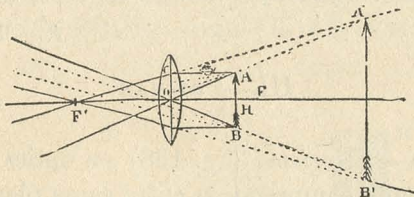


Fig. 136.—Formación de la imagen virtual en las lentes convergentes.

Un objeto colocado más allá de los focos principales da una imagen real, invertida y menor que el objeto (fig. 135).

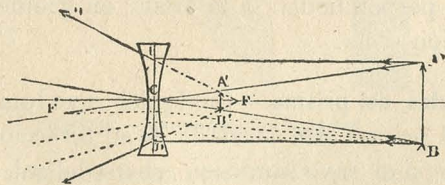


Fig. 137.—Construcción de la imagen en una lente divergente.

Un objeto colocado entre los focos principales FF'

(fig. 136) da una imagen virtual, recta, y mayor que el objeto.

Las lentes divergentes dan siempre imágenes virtuales rectas y más pequeñas que el objeto (fig. 137).

Fórmula de las lentes.—Si se designa por f la distancia focal de una lente y por p , p' , las distancias de esta lente á un objeto cualquiera y á su imagen, se obtendrá:

$$\begin{array}{rcl}
 & \text{I} & \text{I} & \text{I} \\
 1.^{\circ} \text{ Con una lente convergente} & \text{---} + \text{---} = \text{---} \\
 & p & p' & f \\
 & \text{I} & \text{I} & \text{I} \\
 2.^{\circ} \text{ Con una lente divergente} & \text{---} + \text{---} = \text{---} \\
 & p' & p & f
 \end{array}$$

III.—PRISMAS

Definición.—El *prisma* (fig. 138) en óptica, es un sólido transparente comprendido entre caras planas inclinadas una sobre otra; la intersección de las caras forma la *arista* del prisma; la *base* es la superficie opuesta á la arista.

Se llama *sección principal* del prisma, cualquiera sección plana perpendicular á la arista; en geometría se la llama sección recta.

Propiedades del prisma.—Cualquier rayo luminoso que atraviesa el prisma está desviado de su dirección primitiva; además si el rayo luminoso viene del sol, por ejemplo, está coloreado cuando sale del prisma. Se obtiene, pues, una *desviación* y una *coloración* del rayo incidente.



Fig. 138.—Prisma.

Desviación del rayo incidente.
Sea SI un rayo incidente (fig 139) que cae sobre la cara CA . Se refracta en I , acercándose á la nor-

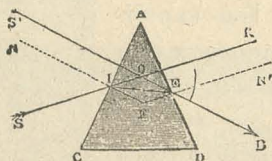


Fig. 139.—Refracción al través de un prisma.

mal NF al entrar en el prisma, y toma la dirección IE . Cuando sale al aire, en E , se aleja de la normal $N'F$ y toma la dirección EB . El ángulo KOB es el *ángulo de desviación*.

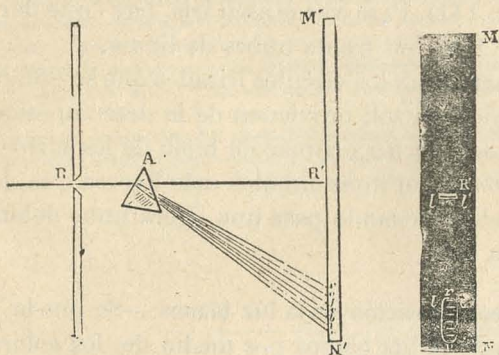


Fig. 140.—Descomposición de la luz

Descomposición de la luz blanca.—Si se hace llegar convenientemente un haz de luz solar (fig. 140) sobre un prisma, y que se reciba ese *haz refractado* en una pantalla, se obtiene una serie de siete colores en el orden si-

guiente: *violado, índigo, azul, verde, amarillo, anaranjado, rojo*; el violado es el color más desviado.

El conjunto de esos colores forma el *espectro solar*. Ese experimento demuestra que la luz blanca no es simple, pero que se compone de siete colores llamados *colores principales*.

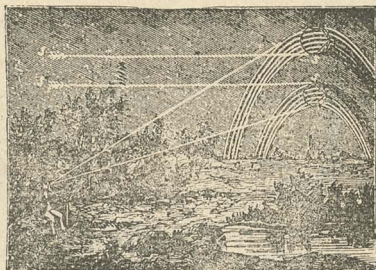


Fig. 141.—Arco iris

El *arco iris* es un fenómeno luminoso, formado por los siete colores del espectro solar, producido por la *reflexión total* y la *refracción* de los rayos solares en las gotitas de lluvia (fig. 141). Para ver el arco iris, hay que dar vuelta al sol y tener en frente nubes de lluvia.

Se llaman *halos* los círculos irisados que se notan á veces alrededor del sol; provienen de la descomposición de la luz del sol por los prismas de hielo de los cirros.

Las *coronas* son unos círculos más ligeros que los halos; se producen cuando pasa una ligera nube delante del sol ó de la luna.

350. Recomposición de la luz blanca.—Se puede hacer la síntesis de la luz blanca por medio de los colores elementales.

1.º Se los dispone por orden según los sectores de un círculo, *disco de Newton* (fig. 142). Se da á este círculo un movimiento rápido de rotación: el ojo no percibe más que el color blanco.

2.º Se hace caer el *haz coloreado* sobre una lente convergente (fig. 143); se nota entonces que la imagen formada sobre una pantalla E, por la reunión de los colores del espectro, es una imagen blanca.

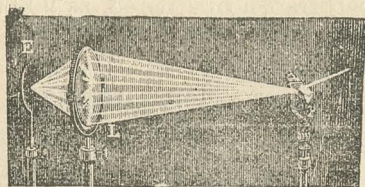
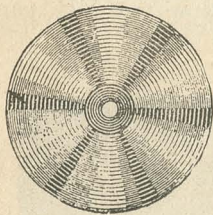


Fig. 142. — Disco de Newton

Fig. 143. — Síntesis de la luz blanca con una lente

CUESTIONARIO.—¿Cómo se comporta un rayo luminoso que pasa oblicuamente del aire al agua?—¿Qué es un prisma de reflexión total? Explicar en breves palabras el fenómeno del espejismo.—¿Qué se llaman lentes esféricas?—Decid las diferentes formas de las lentes convergentes y de las lentes divergentes. ¿Por qué les dan esos nombres?—¿Cuáles son los elementos de las lentes? y dar de ellos las definiciones.—¿Qué es el centro óptico?—¿Qué propiedad tiene?—¿Cómo se construye la imagen de un punto por una lente convergente?—Deducir de ello la imagen de un objeto colocado: 1.º más allá de uno de los centros de curvatura; 2.º entre un foco y la lente.

¿Cuáles son las propiedades del prisma?—Construir la marcha de un rayo luminoso que atraviesa el prisma.—Decid por orden los colores del espectro solar.—¿Cómo se puede reconstituir la luz blanca por medio de los colores del espectro?

CAPITULO III

Principales instrumentos de Óptica

Cámara oscura (144).—Si en un aposento absolutamente obscuro (*cámara oscura*), se hace una pequeña abertura en una pared, se notará en una pantalla con-

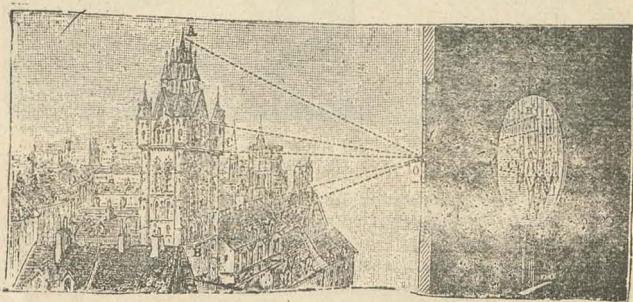


Fig. 144.—Construcción de la imagen en una cámara oscura

venientemente colocada la imagen invertida de los objetos exteriores.

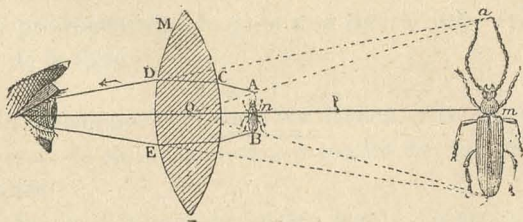


Fig. 145.—Lente

La imagen será mucho más clara si en la abertura se pone una lente convergente.

Lente.—La *lente ó microscopio simple* (fig. 145) está formada por una lente convergente; se coloca el objeto que se quiere observar entre la lente y su foco principal; se obtiene así una imagen recta y mayor que el objeto.

Se emplea la lente con el nombre de *cuentahilos* para estudiar la composición y naturaleza de los tejidos, para

estudiar los seres de la naturaleza (animales, plantas, etc.) de dimensiones pequeñas.

Microscopio.—El *microscopio* (fig. 146) es un aparato compuesto de dos sistemas de lentes convergentes, el *ocular* y el *objetivo*; esas lentes están dispuestas de modo que produzcan aumentos considerables.

El microscopio tiene una lente convergente. L, para alumbrar los objetos que se colocan sobre la platina P, y un reflector M para alumbrar esos mismos objetos por debajo cuando se los quiere observar por transparencia.

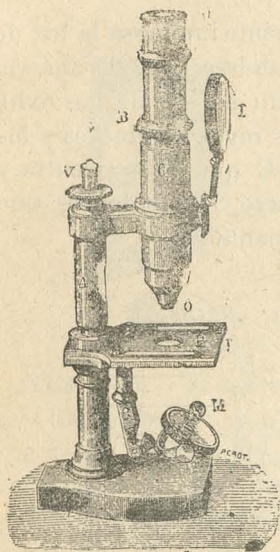


Fig. 146.—Microscopio.

B, cuerpo del aparato; O, ocular; O, objetivo; V, tornillo; P, platina; L, lente; M, espejo.

El microscopio ha permitido hacer muchos descubrimientos y estudiar un mundo entero de seres llamados *microscópicos*, cuya existencia no se sospechaba siquiera antes de la invención de ese maravilloso instrumento.

Permite reconocer muchas falsificaciones; enseña á menudo la existencia de numerosísimos microbios que son gérmenes de enfermedades contagiosas.

Aparato de proyección.—*El aparato de proyección* (fig. 147) tiene por objeto aumentar las imágenes y proyectarlas sobre una pantalla para hacerlas visibles á muchos observadores á la vez.

Por lo general se toma como fuente luminosa la luz de Drummond, obtenida por la incandescencia de una varita de cal F, bajo la acción de un soplete de gas oxhídrico H. Un espejo M refleja los rayos luminosos y los envía sobre la lente convergente C que los concentra y alumbró el objeto AB. El objetivo O da entonces una imagen A'B' que se recibe en la pantalla.

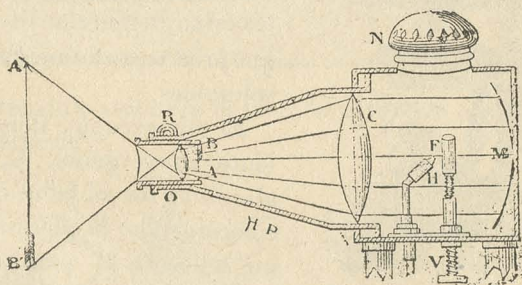


Fig. 147.—Aparato de proyección.

F, foco luminoso; C, condensador de luz; A B, objeto que se proyecta;
O, objetivo ampliador; R, tornillo; A' B', imagen.

La *linterna mágica* (fig. 148) se funda en el mismo principio que el aparato de proyección.

Las imágenes son tanto más fieles cuanto menor es el

aumento; su resplandor varía en razón inversa del cuadrado de su distancia al objetivo.

Microscopio solar.—El *microscopio solar* es análogo al aparato de proyección; sólo se difiere de él por el objetivo que es más poderoso y por el foco luminoso formado por un haz de luz solar.

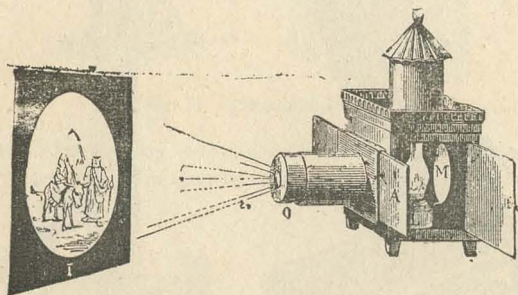


Fig. 148.—Linterna mágica.

O, objetivo; A, objeto; L, foco luminoso; I, imagen; M, reflector.

Telescopio.—El *telescopio* (fig. 149) es un instrumento que da una imagen muy aumentada de los astros; se forma de un tubo grande en cuyo fondo hay un espejo cóncavo; cerca del foco de ese espejo se produce la imagen del astro, observándola por medio de un ocular ampliador.

Anteojo astronómico.—El *anteojo astronómico* fig. (150) comprende, como el microscopio, un *objetivo* y un *ocular* con la diferencia de que el objetivo es de foco largo y el ocular de foco poco distante; ese anteojo da una imagen invertida, lo que no trae consecuencias para la observación de los astros.

El *anteojo terrestre* ó de *larga vista* es análogo al anteojo astronómico; un mecanismo colocado en el interior del tubo lleva un *sistema rectificador* formado por varias lentes, que dan una imagen recta.

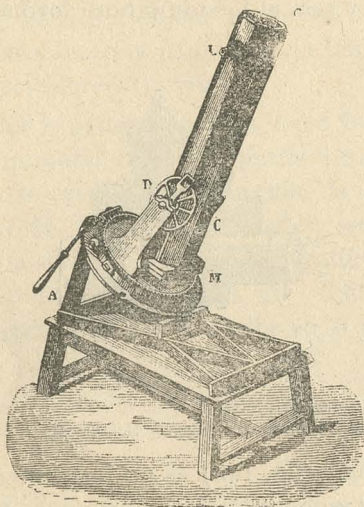


Fig. 149.—Telescopio de Foucault.

O, abertura del telescopio; O C, tubo del telescopio de madera ó de metal; M, puesto del espejo; L, ocular.

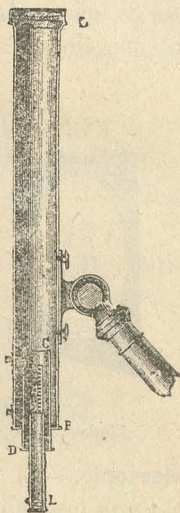


Fig. 150.—Anteojo astronómico; L, ocular; L', objetivo; B L, porta objetivo; F L', portaocular.

El *anteojo de Galileo* es un telescopio terrestre de ocular divergente; da una imagen recta sin emplear el sistema rectificador. Los *gemelos* de teatro se forman de dos anteojos, uno para cada ojo.

Cámara obscura fotográfica.—Cuando se coloca una lente convergente en la abertura de la cámara obscura (fig. 151), se obtiene sobre la pared opuesta una imagen

muy clara de los objetos que están á una cierta distancia de la lente. *La fotografía permite fijar y reproducir la imagen de la cámara oscura.*

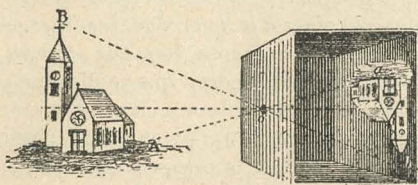


Fig. 151.—Cámara oscura

Manipulaciones.—*Preparación de la placa sensible.*—Se toma una placa de vidrio muy limpia; en una de sus caras se depo-

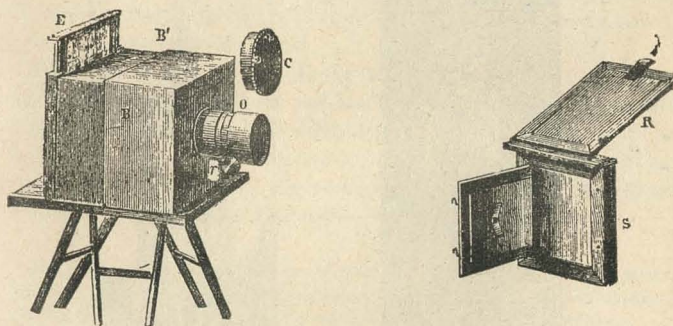


Fig. 152.—Cámara oscura del fotógrafo

1.º Cámara oscura de corredera; O, tubo del objetivo con su piñón dentado *r*; C, obturador; B' B, partes de la cámara oscura; E, cuadro móvil que tiene un vidrio sin pulimentar para enfocar.

2.º Cuadro S con su tablilla de bisagra R, destinado á recibir la placa sensible

sita una capa de *colodión* fotográfico que contiene yoduro de potasio en disolución, después de lo cual se vierte encima de esa capa una disolución de nitrato de plata. Fórmase yoduro de plata

muy alterable á la luz, por lo cual la manipulación ha de verificarse en un cuarto obscuro, alumbrado sólo por un vidrio de color amarillo, por no tener acción alguna aquel color sobre la sal de plata así preparada. A partir de ese momento se debe conservar la placa al abrigo de la luz.

2.º *Exposición de la placa á la impresión luminosa.*—Para someter la placa á la impresión luminosa, se usa la *cámara obscura del fotógrafo* (fig. 152); se *enfoca*, es decir que se dispone el aparato de modo que la imagen se forme entera y clara en la pared opuesta al objetivo; luego se reemplaza esa pared por la placa preparada, y colocada en un bastidor que la preserva de la luz, el objetivo es-



Fig. 153.—Imagen negativa



Fig. 154.—Imagen positiva

tando cerrado con un obturador, se levanta la pantalla E para descubrir la placa del lado de la cámara obscura, se saca el obtu-

rador durante un instante, luego se baja la pantalla, y se lleva el bastidor á la cámara obscura para revelar la imagen.

3.º *Revelación y fijación de la imagen.*—Se sumerge la placa en un baño revelador que muchas veces es una disolución de sulfato de hierro. Las partes claras del dibujo *aparecen* negras, y las sombras aparecen blancas; se fija entonces la imagen sacando la sal de plata que no haya sido atacada por la luz, p r medio de una disolución de hiposulfito de sodio. Así se obtiene una *imagen negativa* (fig. 153).

4.º *Imagen positiva.*—Se coloca la imagen negativa sobre una hoja de papel hecha sensible á la luz por medio de cloruro de plata y se la expone después á la luz del día. El papel ennegrece más ó menos según que la luz atraviesa las partes más ó menos claras de la imagen negativa, y así se obtiene después de algunos instantes una *imagen positiva* (fig. 154) en el papel, es decir una imagen cuyos blancos y sombreados corresponden á los sombreados y blancos del modelo. Basta fijarla sacando el exceso de sal de plata con un lavado al hiposulfito de sodio.

Fotomicrografía.—Entre las muchas aplicaciones de la fotografía es preciso nombrar la *fotomicrografía* cuyo fin es reproducir figuras, dibujos, etc., en dimensiones microscópicas, ampliando después esas reproducciones cuando fuere menester. Así han podido haber trescientas páginas en folio en una cara de película de colodión, pesando en todo como medio gramo.

CUESTIONARIO—¿De qué se compone la lente? ¿De qué está compuesto el microscopio?—¿Cuáles son los principales instrumentos de óptica que acercan los objetos?—Describid los aparatos de proyección y explicad la formación de las imágenes.

En la fotografía, ¿cómo se prepara la placa sensible?—¿Cómo se enfoca?—¿Cómo se obtiene la revelación de la imagen?—¿Cómo se fija la imagen?—Explicar cómo se obtienen las imágenes positivas, —¿Cuál es el fin de la fotomicrografía?

SEXTA PARTE

Electricidad estática y Magnetismo

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

Definición.—*La electricidad es un fluido imponderable cuya naturaleza no conocemos sino por sus efectos, y que se manifiesta por atracciones, repulsiones, efectos químicos, etc.*

Histórico.—La palabra *electricidad* se deriva de la palabra griega *electron* que quiere decir ámbar porque los antiguos habían observado que frotando esta substancia adquiría la propiedad de atraer los cuerpos ligeros. Tales de Mileto, que vivió 600 años antes de Jesucristo, decía, hablando del ámbar: «*Cuando el rozamiento le ha dado calor y vida, atrae las pajas ligeras como el imán atrae el hierro*».

A fines del siglo XVI, se reconoció la misma propiedad en un crecido número de cuerpos, como la resina, el azufre, el vidrio y todas las materias vitrificadas.

Sin embargo, estos experimentos, hechos por Gilbert, médico de la reina Isabel de Inglaterra, y repetidos por varios sabios, parecieron excluir de la lista de las substancias electrizables á ciertos cuerpos y particularmente á los metales: en efecto, una vara metálica, tomada en la mano y frotada no manifiesta ninguna señal de electricidad, pero esas excepciones no son más que aparentes y

se puede probar en todos los cuerpos el desarrollo de la electricidad por el roce, con tal que uno se coloque en las condiciones convenientes.

División.—La electricidad comprende dos partes principales: la *electricidad estática ó en equilibrio* y la *electricidad dinámica ó en movimiento*. La primera comprende los fenómenos producidos por la electricidad en reposo, mantenida equilibrada en un estado de tensión en la superficie de los cuerpos; la segunda resulta de los fenómenos producidos por la electricidad en movimiento, manifestándose á grandes distancias en forma de corrientes y con una velocidad comparable á la de la luz; se distingue de la primera por fenómenos químicos y por sus relaciones con el magnetismo.

Cuerpos conductores y no conductores.—Los cuerpos, relativamente á la electricidad, se dividen, como para el

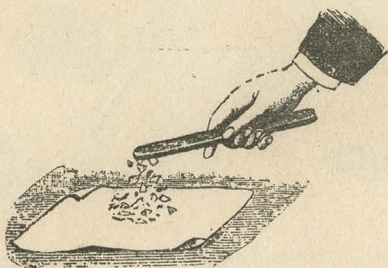


Fig. 155.—Atracción eléctrica

calor, en cuerpos *buenos conductores* y en cuerpos *malos conductores*.

Los cuerpos *conductores* son los que se electrizan en

toda su superficie cuando se hallan en contacto con un manantial de electricidad. Ej.: los metales, el cuerpo humano, la tierra etc. (fig. 154)

Los cuerpos no *conductores*, por el contrario, no se electrizan más que en el punto de contacto ó en una zona muy pequeña alrededor de este punto: estos cuerpos sirven de apoyo á los conductores que se quiera electrizar: por eso se les llama también cuerpos *aisladores*. Ej.: el vidrio, la resina, el azufre.

CUESTIONARIO.—¿Qué es electricidad?—¿Por qué se dice que la electricidad es un fluido imponderable? Decid la etimología de la palabra electricidad.—¿Cuáles son los personajes que han descubierto aquel agente?—¿A qué se llama electricidad estática? dinámica?—¿Qué se llaman cuerpos conductores, no conductores?

CAPÍTULO II

Manantiales de electricidad

El manantial más común de la electricidad es el frotamiento de ciertos cuerpos, tales como el vidrio, la resina, el lacre, etc. con un pedazo de lana ó una piel de gato.

También se electrizan los metales por frotamiento cuando se encuentran aislados, es decir, incomunicados con el suelo, el cuerpo humano, etc.

Péndulo eléctrico.—Se reconoce que está electrizado un cuerpo por medio de unos aparatos, llamados *electroscopios*, siendo el más sencillo de ellos el *péndulo eléctrico*

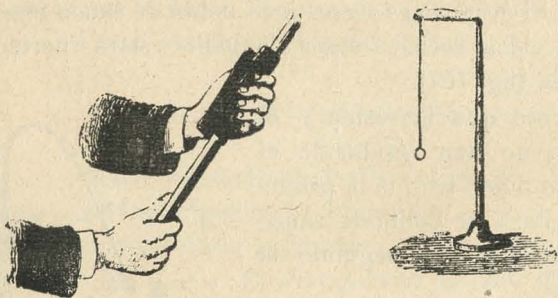


fig. 156.—Péndulo eléctrico.—Electricidad positiva

(fig. 156). Compónese de una esferita de medula de saúco suspendida por un hilo de seda en un pie de vidrio. Al aproximarse un cuerpo electrizado es atraída primero la esferita y repelida después del contacto.

Electricidad positiva y electricidad negativa.

1.º Hay dos electricidades y sólo dos: vítreo ó positiva (+) y la resinosa ó negativa (—).

2.º Las electricidades de un mismo nombre se repelen y las de nombre diferente se atraen.

3.º Ambas electricidades aparecen siempre al mismo tiempo y en cantidades iguales. Los experimentos siguientes demuestran estas propiedades.

1.º Si se frota una varilla de resina, por ejemplo, con un pedazo de género ó de lana, y se la acerca á la bolita de saúco: esta será atraída y si llega á tocar la varilla de resina se cargará con la misma electricidad, pero en seguida estará repelida con fuerza.

2.º Si después se acerca á la bolita de saúco una varilla de vidrio recién frotada, la bolita estará fuertemente atraída (fig. 157).

Parece que la resina y el vidrio no han producido el mismo flúido ya que la primera rechaza la bolita de saúco mientras que el segundo la atrae.

3.º La tercera observación se demuestra frotando uno contra otro dos discos formados de sustancias diferentes y con mangos aisladores: cada uno de estos discos atrae la bolita de saúco electrizada al

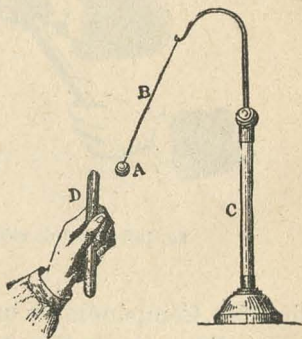


Fig. 157.—Péndulo eléctrico. Electricidad negativa

contacto con el otro; y si

se aplican los discos úno contra ótro no tienen ninguna acción eléctrica sobre el péndulo. Los discos contienen, pues, ambos flúidos en cantidades iguales.

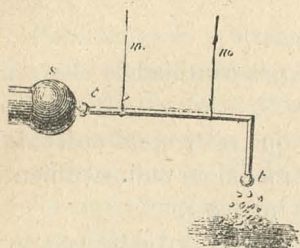


Fig. 158.—S, origen de la electricidad;
m, m', hilos de seda (malos conductores);
t t', caño de cobre (buen conductor).

Comunicación de la electricidad por contacto.—Al contacto de un cuerpo eléctrico, un conductor aislado se electriza también. El conductor t t' (fig. 158) aislado por medio de dos hilos de seda m, m', y en contacto con un cuerpo eléctrico s, adquiere la propiedad de atraer los cuerpos livianos.

Es decir que el flúido eléctrico pasa libremente de un conductor á otro, puestos ambos en contacto.

Estado natural—Flúido neutro

Todo cuerpo no electrizado, está en el estado *natural*; contiene cantidades iguales de flúido positivo y de flúido negativo, que neutralizando sus efectos constituyen lo que se llamo *flúido neutro*. El frotamiento de dos cuerpos úno contra ótro hace pasar sobre el primero una parte del flúido positivo del segundo y sobre este una parte del flúido negativo del primero: en seguida el úno manifiesta únicamente las propiedades del flúido positivo y el ótro las del negativo.

Se puede clasificar los cuerpos de modo que cada uno se electrice *positivamente* cuando se lo frota con uno de

los que siguen y *negativamente* cuando se lo frota con uno de los que preceden.

1 Piel de gato; 2 vidrio pulimentado; 3 lana; 4 madera; 5 papel; 6 seda; 7 resina; 8 vidrios sin pulimentar; 9 metales.

Medida de las acciones eléctricas.

Se llama *carga ó masa eléctrica*, la cantidad de electricidad de un cuerpo.

La atracción y la repulsión que se ejercen entre dos masas eléctricas se aprecian por medio de un instrumento llamado *balanza de Coulomb*, su inventor.

Ley de Coulomb.—*La atracción y la repulsión eléctrica es proporcional á las masas eléctricas en presencia é inversamente proporcional al cuadrado de su distancia.*

Distribución de la electricidad estática en los conductores

En los cuerpos electrizados, la electricidad se manifiesta sólo en la superficie; el interior queda en estado neutro.

Se verifica esta propiedad con el *plano de prueba* y una esfera hueca.

Se electriza una esfera hueca de latón (fig. 159) aislada y provista de una pequeña abertura *O*, en seguida se introduce por esta abertura un plano de prueba que se pone en contacto con la superficie interior de la esfera; se la saca

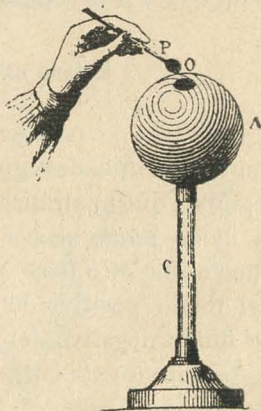


Fig. 159

La electricidad se distribuye en la superficie de los cuerpos

después y se reconoce por medio del péndulo que esta esfera no posee electricidad, mientras que adquiere una carga bastante fuerte cuando se le pone en contacto con la superficie exterior.

Repartición de la electricidad según la forma del conductor.—El *espesor eléctrico* ó *densidad eléctrica* en cada punto se mide por la cantidad de la electricidad recogida por el plano de prueba aplicado en ese punto; el experimento prueba que varía de un punto á otro según la curva de la superficie: es débil en los puntos donde la superficie es plana y aumenta en los puntos donde la superficie es curva. Sobre una esfera el espesor eléctrico es siempre el mismo y la electricidad se halla igualmente repartida en toda la superficie.

Sobre un cilindro que remata en dos hemisferios, (fig. 160) el espesor es constante á lo largo del cilindro y aumenta en las dos extremidades.



Fig. 160

Distribución de la electricidad en la superficie de los cuerpos

Sobre un cuerpo oval *a b c* (fig. 160), el espesor eléctrico es mayor en las dos extremidades y mayor en *a* que en *c*.

Poder de las puntas.—La electricidad se acumula hacia las puntas. Al estudiar por medio de un plano de prueba, la distribución de la electricidad sobre un conductor aislado y electrizado *a b c* (fig. 161), se nota que la carga es mínima en *c* y máxima en *a*. Hay acumulación de

electricidad en la punta, y esa acumulación es tanto mayor cuanto más aguda es la punta.

Se deduce de ello que en los conductores aislados, la electricidad se acumula hacia las puntas. En esas condiciones obrando sobre sí mismo por repulsión el fluido

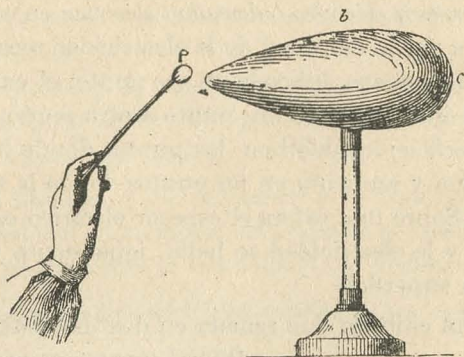


Fig. 161.—Distribución de la electricidad en la superficie de los cuerpos

tiende á escaparse en la atmósfera si la resistencia del aire no es demasiado grande: en esto consiste lo que se denomina *poder de las puntas*.

Se puede hacer patente el poder de las puntas presentando una vela encendida en la extremidad (fig. 162) de una fuente que corresponde á una máquina eléctrica; cuando trabaja

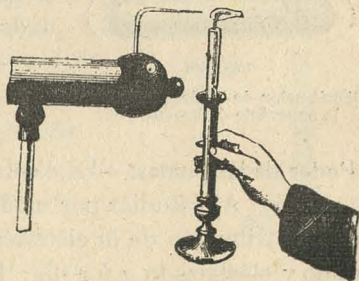


Fig. 162.—Poder de las puntas

la máquina, se ve la llama torcerse bajo la acción del fluido que se escapa.

Si se reemplaza la varilla del experimento anterior con un sistema *C* (fig. 163) que gira sobre su eje el aparato ejecuta un movimiento de rotación (torniquete eléctrico). Para no perder la electricidad se da á los aisladores una forma esférica.

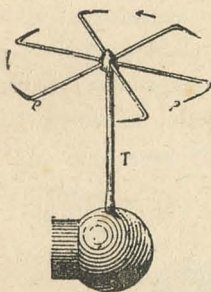


Fig. 163
Torniquete eléctrico

Nivel eléctrico ó potencial.—En un conductor electrizado el nivel eléctrico es el mismo en todos los puntos de la superficie cualquiera que sea su forma.

El nivel eléctrico en un punto se mide por la carga que toma una esfera conductora de un centímetro de radio que comunica con este punto con un alambre de cobre á mucha distancia. El experimento prueba que el nivel así medido tiene el mismo valor en todos los puntos del conductor: se llama *potencial del conductor*.

Tensión eléctrica.—En un punto dado la tensión es proporcional al espesor eléctrico en dicho punto.

El fluido eléctrico obra sobre sí mismo por repulsión y tiende á escaparse en la atmósfera que lo detiene en la superficie del conductor. Pero si el espesor aumenta más y más el fluido se acumula, la tensión aumenta y acaba por vencer la presión atmosférica. Esto explica el poder de las puntas.

CUETIONARIO.—¿Cómo se manifiesta la electricidad?—¿Qué es péndulo eléctrico, para qué sirve?—¿Cómo se demuestra que hay dos clases de electricidad?

des?—¿Cuáles son las acciones recíprocas de estas dos electricidades?—Enunciarse la hipótesis de los dos flúidos.—¿Qué se llama flúido neutro?—¿Con qué instrumentos se miden las acciones eléctricas?—Enunciarse las leyes de Coulomb —¿Cómo se mide el espesor eléctrico?—¿Cómo se distribuye la electricidad en una esfera? en un cilindro? en un cuerpo ovalado?—¿Qué se llama tensión eléctrica?—¿Explíquese el poder de las puntas?—¿Cómo se hace evidente?—¿Cómo se mide el nivel eléctrico?—¿Qué es potencial de un conductor?

CAPÍTULO III

Desarrollo de la electricidad por influencia

Hemos visto ya que un cuerpo electrizado electriza á otros comunicándoles una parte de su flúido; vamos ahora á demostrar que también puede electrizarlo sin comunicarle ninguna parte de su flúido y sin perder la más pequeña cantidad.

En este caso se dice que hay electrización por influencia.

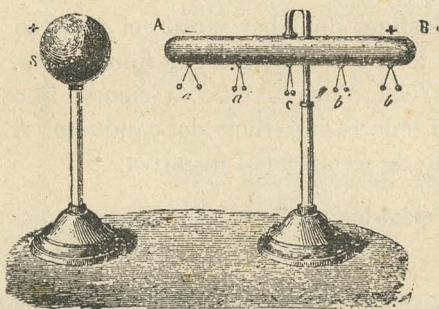


Fig. 164.—Electricidad por influencia

Sea un conductor aislado A B [fig. 164] en estado neutro, y provisto de péndulos dobles a , a' , b , b' y c , formados con esferillas de saúco colgadas de hilos conductores.

Si se acerca á éste conductor una esferilla aislada S , electrizada positivamente, se puede hacer los experimen-

tos siguientes en los cuales se notan fenómenos de influencia eléctrica muy fáciles de explicar.

1.º Cuando se acerca la esfera S , todos los péndulos de $A B$ se alejan unos de otros como lo indica la figura.

La explicación es sencilla: el fluido positivo S , descompone de lejos, por influencia el fluido neutro de $A B$, atrae el fluido negativo en A y rechaza el fluido positivo en B . El medio de $A B$ queda en el estado neutro.

2.º Si se aleja la esfera el cilindro vuelve al estado natural. La influencia dejando de obrar, los dos fluidos de $A B$ se combinan de nuevo para dar un fluido neutro.

3.º Si antes de alejar la esfera se toca con el dedo el cilindro en un punto cualquiera, los péndulos a , a' y c , c' divergen más.

4.º Si después de haber sacado el dedo, se aleja la esfera todos los péndulos divergen igualmente.

La electricidad negativa de A , siendo libre se ha esparcido en toda la superficie del conductor $A B$ que queda cargado de electricidad negativa.

Chispa eléctrica.—Si se acerca más y más la esfera al

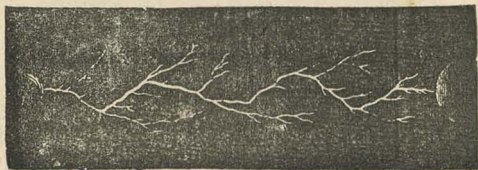


Fig. 165.—Chispa eléctrica.

cilindro [fig. 165], la atracción del fluido positivo S y del fluido negativo A , aumenta á medida que se acercan.

Esta atracción acaba por vencer la resistencia del aire, y los flúidos se combinan bruscamente al través del espacio que los separa, y producen una chispa llamada *chispa eléctrica*.

Atracción y repulsión eléctrica.—Tenemos un péndulo (fig. 165) cuya bola de saúco está aislada con un hilo de seda; acerquémola á un cuerpo cargado de electricidad positiva, v. g.: una varilla de vidrio electrizada.

El flúido positivo de la varilla de vidrio descompone por influencia el flúido neutro de la bola, rechaza el flúido positivo y atrae el flúido negativo. Estando éste más próximo á la varilla de vidrio que el flúido positivo, la atracción vence la repulsión y se hace cada vez mayor al propio que la distancia disminuye.

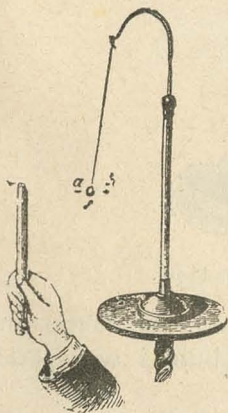


Fig. 165.—Atracción eléctrica.

En el momento del contacto, el flúido positivo de la varilla de vidrio neutraliza el flúido negativo de la bola de saúco, la que estando entonces cargada unicamente del flúido positivo es repelida en seguida.

Electroscopio.—Es un aparato que sirve para conocer la presencia y la naturaleza de la electricidad.

El *electroscopio ordinario* ó de *hojas de oro* [fig. 166] se compone de una campana de vidrio t cuya tubular

da paso á una varilla metálica B, B' terminada por la parte exterior en una bola B, y por dentro en dos láminas de oro l y l' ; dos columnitas metálicas d y d' que comunican con el suelo impiden la demasiada separación

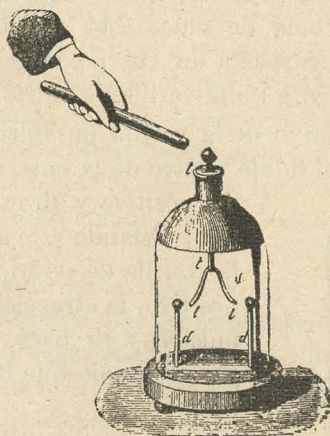


Fig 166.—Electroscopio de hojas de oro.

de las laminillas. Se aproxima al punto t el cuerpo que se examina, si está electrizado, las láminas se separan entre sí.

Para conocer la naturaleza del agente eléctrico se carga el aparato con una electricidad conocida, en seguida se aproxima el segundo cuerpo á la esfera B, y según haya entre A y B, atracción ó repulsión, el cuerpo posee electricidad de mismo signo al de la electricidad empleada para cargar el aparato ó de signo contrario.

CUESTIONARIO.—¿Qué es péndulo eléctrico y para qué sirve?—¿Cómo se demuestra que hay dos clases de electricidad?—¿Cuáles son las acciones recípro-

cas de estas dos electricidades?—Enúnciese la hipótesis de los dos flúidos.—¿Qué se llama fluido neutro?—¿Con qué instrumentos se miden las acciones eléctricas?—¿Digase las leyes de Coulomb?—¿Hay electricidad en el interior de un conductor electrizado?—¿Cómo se mide el espesor eléctrico?—¿Cómo se distribuye la electricidad en una esfera? en un cilindro? en un cuerpo oval?—¿Qué se llama tensión eléctrica?—Explíquese el poder de las puntas. ¿Cómo se evidencia?—¿Cómo se evita la pérdida de la electricidad?—¿Cómo se mide el nivel eléctrico?—¿Qué es potencial de un conductor? Indíquense las analogías hidrostáticas de la electricidad?

CAPITULO IV

Máquinas eléctricas

Primera máquina eléctrica.—La primera máquina eléctrica, es debida á Otto de Guericke, inventor de la máquina neumática.

Esta máquina consiste en una esfera de azufre fija en un eje movido por una persona, mientras otra que apoya las manos en la esfera la electriza con el roce.

Electróforo.—El electróforo, inventado por Volta (fig.167) se compone de una masa de resina, y de un disco de madera envuelto en una hoja metálica; un mango de vidrio sirve para aislar el disco.

Se golpea la masa con una piel de gato ó con un pedazo de franela caliente, la masa se carga de electricidad negativa; para utilizar esta electricidad, se procede de la manera siguiente: 1.º Se coloca el disco sobre la masa de resina. La electricidad neutra del disco se descompone, por influencia, en flúido positivo, que permanece en la cara inferior, y en flúido negativo, que pasa á la parte superior, en donde se manifiesta por la separación de los péndulos.

2.º Tocando el disco con el dedo, vuelven a unirse los péndulos porque el flúido *negativo* libre ha pasado al

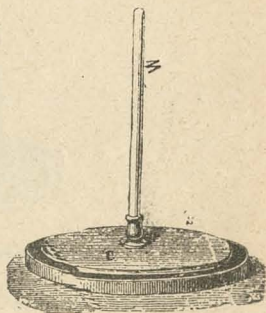


Fig. 167.—Electróforo.

suelo, y el fluido *positivo* se mantiene siempre en la parte inferior por la influencia de la resina electrizada negativamente (fig. 168).

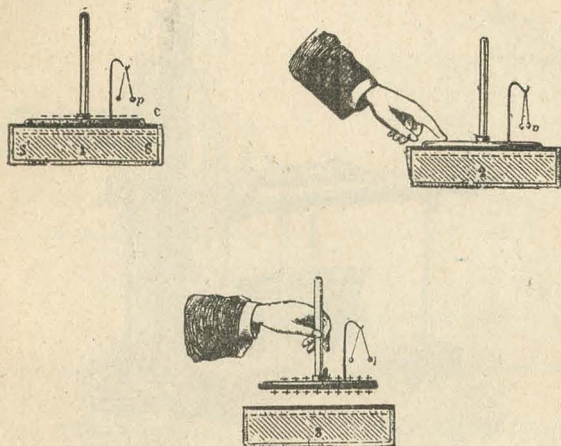


Fig. 168.—Carga del electróforo.

3.º Al sacar el dedo y alzando el disco, los péndulos se separan, porque el fluido positivo, que queda libre, se extiende sobre el conductor.

Tocando entonces el disco con el dedo, se saca una chispa. Puede repetirse muchas veces el experimento, sin golpear de nuevo la masa de resina.

Máquina eléctrica ordinaria ó de Ramsden.—La *máquina de Ramsden* (fig. 169) tiene por objeto producir *electricidad estática* por medio de un disco de vidrio que pasa entre *cogines* ó *frotadores*; el fluido producido des-

compone por influencia la electricidad neutra del sistema de conductores metálicos C C'; se utiliza el fluido li-

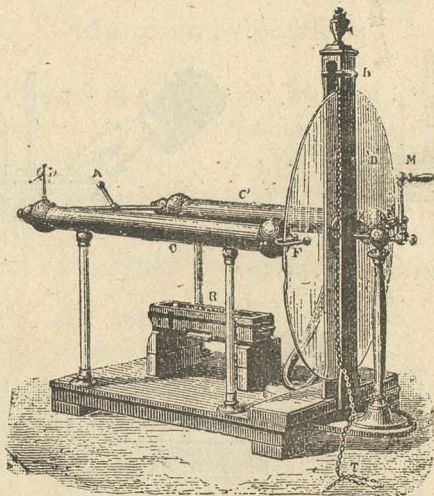


Fig. 169.—Máquina eléctrica de Ramsden.

D D', disco de vidrio; M, manubrio; B, pies; F, F', mandíbulas; C, C', conductores; A, varilla móvil del conductor; H, péndulo de Henley; T, cadena que une los pies con el suelo; R, estufa.

bre que se acumula en esos conductores.

Funcionamiento de la máquina.—El disco pasando entre los frotadores RR' (fig. 170) se electriza positivamente.

Al llegar á F, F' descomponen por influencia el fluido neutro de los conductores, cuya electricidad negativa es atraída, pasa por las puntas y viene á neutralizar la electricidad positiva del disco, mientras que la electricidad

positiva de los conductores está rechazada hasta *l*. Hay pues acumulación de electricidad positiva en la superficie

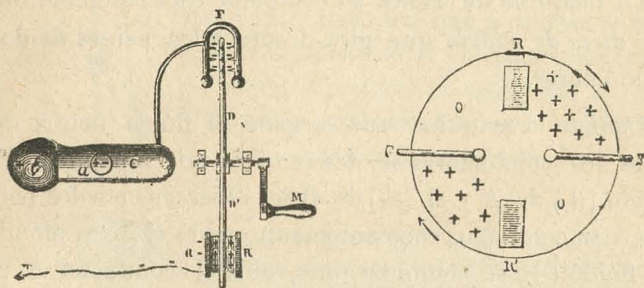


Fig. 170—Teoría de la máquina de Ramsden

I, fenómenos de influencia; 2, estado eléctrico de la rueda en movimiento.

de los conductores; su presencia, y hasta cierto punto su tensión se marca con el *electrómetro de Henley*.

El electrómetro de Henley (fig. 171) es un pequeño péndulo compuesto de una varilla de madera con una bola de saúco en la extremidad que se aleja tanto más del conductor cuanto mayor sea la carga eléctrica. El ángulo de divergencia se lee en un pequeño cuadrante que lleva divisiones iguales.

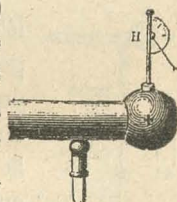


Fig. 171

Electrómetro de Henley

Máquinas eléctricas de Holtz y de Wimshurst.—En la máquina de Ramsden el frotamiento absorbe una gran parte del trabajo, y no se recoge sino una sola electrici-

dad. Se emplean hoy máquinas de *influencia*, sin *frotamiento* y que recogen á la vez las dos electricidades.

La máquina de Holtz se compone especialmente de un *disco de vidrio* que gira, frente á los peines de dos conductores.

Cuando la máquina está cargada, el fluido neutro de estos dos conductores se descompone por influencia. El fluido (+) de A y el (—) de B se esparcen por los peines y se combinan constantemente sobre el disco móvil. El fluido (+) se acumula pues sobre el conductor A, el fluido (—) sobre el conductor B, y se puede hacer estallar entre estos conductores largas chispas.

La máquina de Wimshurst se basa en el mismo principio y presenta la ventaja de cargarse más fácilmente y de funcionar en tiempo húmedo.

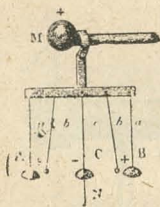


Fig. 172.—Campanario eléctrico.

Experimentos.—Campanario eléctrico—

El campanario eléctrico (Fig. 172) se compone de tres timbres metálicos suspendidos de un brazo horizontal, que se halla en comunicación con los conductores de la máquina eléctrica. Los timbres A y B cuelgan de cadenas metálicas, mientras que el del centro, está suspendido por un hilo de seda, y comunica con el suelo. Entre los timbres se encuentran dos pequeños péndulos metálicos aislados. Cuando se carga la máquina, las bolas oscilan entre los timbres y los tocan sucesivamente.

Granizo eléctrico.—Sobre un disco conductor (fig. 173) unido con el suelo, se colocan bolas de saúco debajo de una campana de vidrio, la varilla metálica que atraviesa el cuello comunica con la máquina eléctrica; cuando funciona la máquina, se ven las bolas agitarse con gran velocidad; el ruido producido recuerda el del granizo.

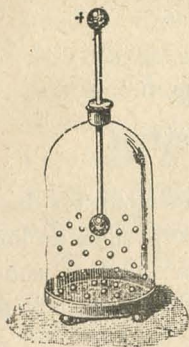


Fig. 173.—Granizo eléctrico

CUESTIONARIO.—¿Qué sucede cuando se acerca una esfera electrizada a un cilindro metálico aislado?—Dar la explicación de los fenómenos que se observan?—¿Por qué la bola de un péndulo eléctrico está atraída cuando se le acerca un cuerpo electrizado?—¿Por qué está rechazada después del contacto?—¿De qué se compo-

ne el electroscopio de hojas de oro?—¿Para qué sirve?—¿Cómo se carga v. gr. de fluido positivo?—¿Qué es el electróforo?—¿Cómo se sirve uno de él?—Dar la teoría.—Describir la máquina de Ramsden y explicar su funcionamiento.—¿Qué es el electrómetro de Henley?—¿Cuál es el principio de la máquina de Holtz?—¿En qué consiste el experimento del campanario eléctrico y del granizo eléctrico?.

CAPITULO V

Condensación eléctrica Efectos de la descarga eléctrica

Definición.—Los condensadores son unos aparatos destinados á acumular la electricidad en la superficie de los conductores, sometiéndolos á la influencia de otros conductores cargados de electricidad de nombre contrario á la que se quiere condensar.

Condensadores de platillos.—El condensador de platillos ó de Epinus (fig. 174) se compone de dos platillos conductores paralelos y aislados, A y B, que pueden acercarse ó alejarse, y separados por una lámina aisladora.

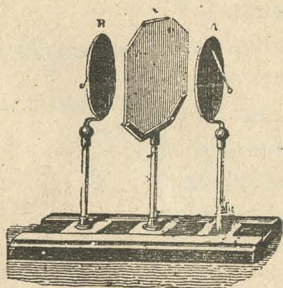


Fig. 174.—Condensador de platillos

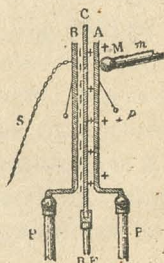


Fig. 175.—Carga del condensador

Carga de los platillos.—Estando solo el platillo A y funcionando la máquina, el péndulo P. señala una elec-

trización positiva (fig. 175). Si se acerca el platillo B que comunica con el suelo por medio de la cadena S, el péndulo B diverge más, hay pues aumento ó condensación de electricidad positiva en A. Esa condensación proviene de la descomposición del fluido neutro de B por el fluido (+) de A que rechaza el fluido (+) en el cuello y atrae el fluido (—); y este último, obrando á su vez sobre el fluido de la máquina lo atrae en mayor cantidad sobre el disco A.

Si se aísla el platillo A de la máquina eléctrica queda cargado de electricidad positiva; aislando también el platillo B del suelo y alejándolo de A, señala electrificación negativa.

El platillo A lleva el nombre de platillo *colector* y B el de *condensador*.

Condensador de lámina de vidrio.—El *condensador de*

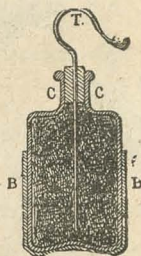
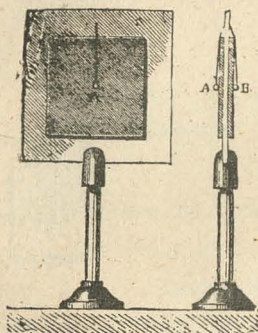


Fig. 176.—Condensador de lámina de vidrio Fig. 177.—Botella de Leiden

lámina de vidrio es un condensador de platillos en algo modificado. Para construirlo (fig. 176), se toma una lá-

mina de vidrio en cuyas dos caras se pega una hoja metálica; estas dos hojas reemplazan los platillos movibles del aparato anterior. También se le da el nombre de *cua-dro fulminante*.

Botella de Leiden.—La botella de Leiden es el más antiguo de los condensadores. Compónese de un frasco de vidrio delgado, cubierto exteriormente con una hoja de estaño que constituye la armadura exterior. Una varilla metálica encorvada y terminada exteriormente en una esferita atraviesa el tapón y comunica con la armadura nterior formada por las hojas de oro batido que llenan la botella (fig. 177).

Carga.—Para cargar la botella de Leiden se la tiene en la mano, cogiéndola por la armadura exterior, y se presenta la varilla encorvada á un foco eléctrico. (fig. 178

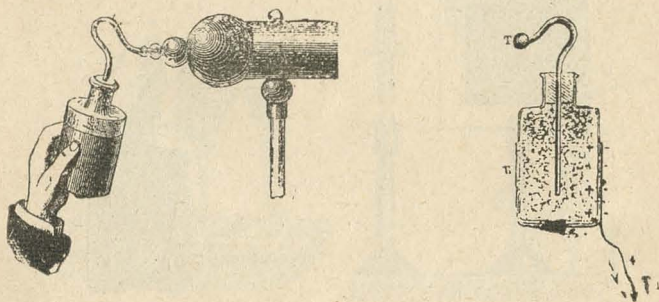


Fig. 178.—Carga de la botella de Leiden

Descarga instantánea.—La botella de Leiden se descarga instantáneamente poniendo en comunicación las dos

armaduras por medio de un instrumento llamado excitador (fig. 179).

Descargas sucesivas.—Para descargar la botella de Leiden por medio de descargas sucesivas, se tocan alternativamente las armaduras. También para el caso sirve el aparato representado en la fig. (180); *v* y *c*, son los timbres; el péndulo *p*. de bola metálica, está atraído por el timbre *v*, y rechazado luego hacia el timbre *c*, donde se descarga, y el fenómeno empieza

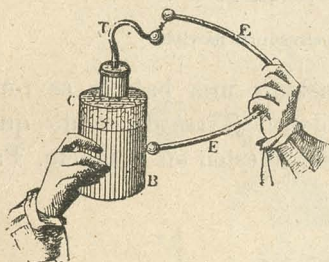


Fig. 179.—Descarga eléctrica

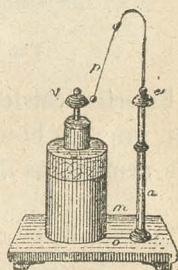


Fig. 180.—Aparato para la descarga sucesiva

Botella de Leiden de armaduras movibles.—Cuando se descarga una botella de Leiden con el excitador, se nota que después de la descarga puede dar muchas chispas (*carga residual*). Esas chispas son debidas á que el fluido eléctrico penetra en el espesor de la lámina de vidrio y necesita cierto tiempo para descargarse. Se nota ese hecho por medio de la botella de Leiden de armaduras movibles (fig. 181) que se compone de una envoltura

metálica C que desempeña el papel de armadura exterior, de un vaso de vidrio S, y de una armadura interior D.

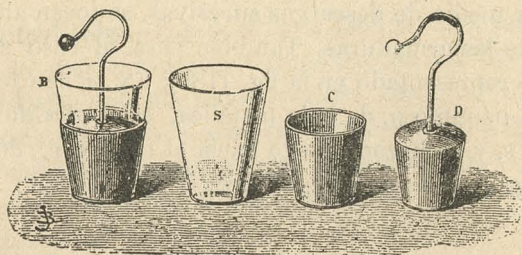


Fig. 181.—Botellas de armaduras movibles

Batería eléctrica.—Para construir una batería se reúnen grandes botellas de Leiden ó jarras de modo que sus armaduras de mismo nombre estén en contacto. Pa-

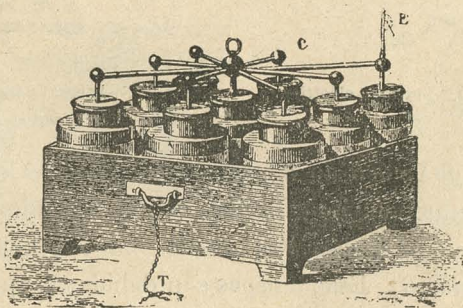


Fig. 182.—Batería Eléctrica.

ra ello se les coloca en una caja cubierta interiormente de una hoja metálica que reúne las armaduras externas

y comunican con el asa de la caja T; unas varillas metálicas C, reúnen las armaduras internas.

La descarga de una batería produce una chispa poderosa (fig 182).

Electrómetro condensador ó electroscopio de Volta.—

El *electrómetro condensador* (fig. 183) está formado de un electroscopio de hojas de oro, provisto en su parte superior de disco metálico A sobre el cual se puede colocar otro disco conductor B que tiene un mango de vidrio. Los discos están separados por una capa de goma laca puesta sobre el disco A. Ese aparato sirve para estudiar

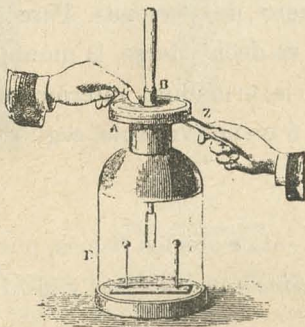


Fig. 183.—Electroscopio condensador.

las fuentes eléctricas de escaso potencial. Para ello se hace comunicar la fuente Z, por ejemplo, con el disco A; el disco B que comunica con el suelo, hace el papel de condensador; se saca el dedo, luego después, la fuente y por fin el disco; las hojas de oro señalan si hay electrización; se determina la naturaleza de la electricidad con el péndulo eléctrico.

Efectos de las descargas eléctricas.

División.—Los efectos de las descargas eléctricas pueden dividirse en efectos *fisiológicos* y *químicos*.

Efectos fisiológicos.—Cuando una descarga eléctrica atraviesa los órganos de los animales, los músculos se contraen bruscamente lo que produce una excitación desagradable llamada *commoción eléctrica*.

La commoción puede comunicarse simultáneamente á un crecido número de personas. Para ello deben estas formar cadena, es decir, darse la mano; al tocar la última, el botón de la armadura interior todas reciben una commoción más ó menos violenta, según la intensidad de la descarga.

Efectos físicos.—Los efectos físicos, pueden subdividirse en efectos *luminosos*, *caloríficos* y *mecánicos*.

Efectos luminosos.—Las descargas eléctricas que se verifican en un gas enrarecido producen chispas de varios colores, lo cual se prueba por medio del huevo eléctrico (fig. 184), de los tubos de Geissler (fig. 185). Si se arreglan sobre una lámina de vidrio una serie de bandas metálicas, dejando cortos espacios entre ellas, y se hace comunicar la primera y la última respectivamente con las armaduras de una botella de Leiden, resultan chispas en

tre cada banda; esto sucede con el tubo *chispeante* (fig. 186).

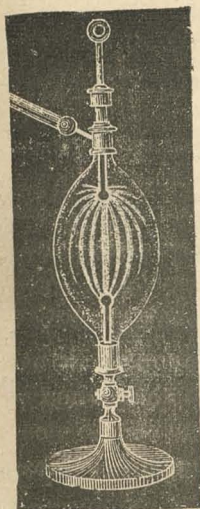


Fig. 184
Huevo eléctrico



Fig. 185
Tubo de Geissler

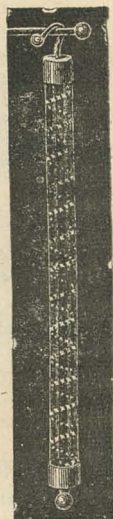


Fig. 186
Tubo chispeante

Efectos caloríficos.—La chispa eléctrica puede inflamar las sustancias volátiles; por ejemplo, el éter (fig. 187). Cuando la descarga eléctrica atraviesa algunas hojas metálicas muy delgadas, puede volatilizarlas y fijar las partículas metálicas sobre los objetos que están en contacto: esto resulta en el experimento del retrato de Franklin.

Efectos mecánicos.—Las sustancias poco conductoras, atravesadas por las descargas eléctricas, son generalmente despedazadas ó taladradas y proyectadas á distancia,

así es como se taladra una placa de vidrio (fig. 188), una hoja de cartón (fig. 189), disponiendo estos objetos en-

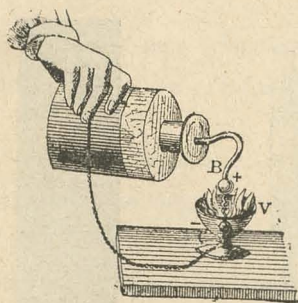


Fig. 187.—Inflamación del éter.

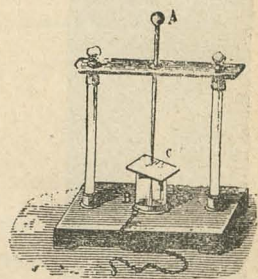


Fig. 188.—Taladra vidrios.

tre dos puntas metálicas donde se hace brotar la chispa eléctrica.

Efectos químicos.—La chispa eléctrica puede excitar ciertas acciones químicas, tales como las combinaciones ó descomposiciones de ciertos cuerpos; se usa de ella, por

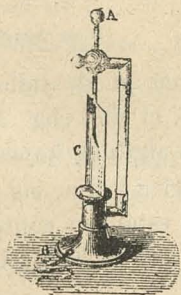


Fig. 189.—Taladra cartas.

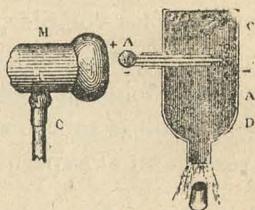


Fig. 190.—Pistola de Volta.

ejemplo, en la síntesis del agua, por medio del *eudiómetro de mercurio*. Puede darse á este experimento la for-

ma que indica la figura 190, el aparato toma el nombre entonces de *pistola de volta*.

CUESTIONARIO.—¿Cuál es el objeto de los condensadores?—¿De qué se compone el condensador de platillos?—¿Cómo se lo carga?—¿Qué es el condensador de láminas de vidrio?—Describir la botella de Leiden.—¿Cómo se la carga?—¿Cómo se la descarga?—¿Para qué sirve la botella de armaduras movibles?—¿Cómo se procede?—¿Cómo se construye una batería eléctrica?—¿De qué se compone el electrómetro condensador?—¿Cómo se sirve uno de él?—¿Cuál es el efecto de una descarga eléctrica á través de los músculos?—¿Cómo se hace el experimento del taladra cartas y del taladra vidrios?—¿Qué es el tubo chispeante?—¿Qué efectos caloríficos puede producir una descarga eléctrica?

CAPÍTULO VI

Electricidad atmosférica.

Tan luego como la chispa eléctrica fué conocida se admiraron los físicos por las semejanzas que existían entre sus efectos y los del rayo. Franklin, en 1752, por medio de una cometa armada de puntas metálicas, atrajo la electricidad de las nubes tempestuosas. Dalibard, guiado por las ideas de Franklin, obtuvo chispas con una vara metálica de cuarenta pies, plantada al aire libre.

De Romas, en 1753, repitió el experimento de Franklin, añadiendo un alambre á la cuerda y obtuvo chispas de varios pies de largo.

La electricidad existe en la atmósfera y en las nubes. Para estudiar la electricidad atmosférica se usa el *electroscopio de hojas de oro* encima del cual se coloca un sombrero de latón y una vara larga. Para estudiar el estado eléctrico de las regiones elevadas se lanzan algunas flechas atadas á un hilo, el cual queda en comunicación con el electrómetro.

La divergencia de las hojas de oro es producida por la electricidad del mismo nombre que la atmosférica.

Los experimentos hechos á este respecto han permitido descubrir en la atmósfera un exceso de electricidad positiva en tiempo sereno, mientras el suelo es negativo, y un exceso de electricidad positiva ó negativa cuando llueve, nieva ó graniza.

Los signos electroscópicos son más sensibles en invier-

no que en verano; estos fenómenos se deben probablemente al estado higrométrico del aire.

Electricidad de las nubes.—Las nubes son positivas unas veces y negativas otras.

Las nubes positivas se explican fácilmente puesto que las regiones atmosféricas, en medio de las cuales se forman, son positivas. Las nubes negativas se forman al contacto de la superficie del suelo electrizado negativamente, ó bajo la influencia de una nube superior electrizada positivamente.

Origen de la electricidad atmosférica.—La principal causa de la electricidad atmosférica es la evaporación. Pouillet descubrió en el fenómeno de la evaporación del agua, que el vaso que la contiene se electriza negativamente, y el vapor positivamente, si el agua es salina ó ácida, lo inverso sucede si el agua es alcalina. Durante la vegetación, el suelo se electriza negativamente, y los gases evaporados, positivamente. Matteucci confirmó los experimentos de Pouillet tocante á la evaporación de las aguas salinas. Permitido, es pues, admitir que durante la evaporación de las aguas en la superficie del globo y particularmente en la superficie del mar, los vapores arrebatan la electricidad; positiva, que los vientos esparcen por la atmósfera.

En los tiempos tempestuosos las nubes vienen á ser unos inmensos conductores eléctricos, y los estallidos del rayo no son más que su descarga ya entre ellas, ya con el suelo; la luz producida es el *relámpago*, y el ruido el *trueno*.

El ruido del trueno no llega jamás hasta nosotros sino algún tiempo después de la luz producida por el relámpago. Esto depende de dos causas generales:

1.º La luz se propaga con una velocidad de más de 300.000 kilómetros por segundo, la luz del relámpago recorre pues los pocos kilómetros que nos separan de las nubes en un tiempo cortísimo.

2.º El sonido se propaga, con una velocidad que es solo de unos 340 metros por segundo, lo que equivale á decir que tarda unos 3 segundos en recorrer un kilómetro, por consiguiente, el ruido de la descarga eléctrica puede emplear varios segundos en llegar á nuestro oído.

Relámpago.—Se distinguen tres clases de relámpagos:

1.º Los relámpagos sinuosos ó de primera clase que pueden tener una longitud de 14 á 15 kilómetros. La longitud de estas líneas de fuego puede explicarse por las descargas simultáneas á su rapidez, de una sucesión de nubes. El experimento del cuadro chispeante puede dar una idea clara del fenómeno.

2.º Los relámpagos en masa ó de segunda clase, que probablemente son descargas de nubes ocultas por otras nubes inferiores.

3.º Los relámpagos globulares, compuestos de un globo de fuego que se mueve relativamente con lentitud y que estalla produciendo todos los efectos del trueno. Esta clase de relámpagos aún no se ha explicado.

Ruido del trueno.—El ruido del trueno es producido por la combinación de dos flúidos eléctricos de nombres contrarios. Las redundancias que le caracterizan se explican por la extensión de las descargas. Las nubes pue-

den compararse á unos conductores que presentan soluciones de continuidad. Según esta hipótesis, el relámpago se compondría de una serie de chispas distantes desigualmente del observador y que brotan en zonas de densidades diferentes. Lo que explica como llega el ruido del trueno sucesivamente y con desigual intensidad al oído del observador. Como los golpes fulminantes son en general una descarga única entre la cumbre y el suelo, no presentan esa sucesión de estallidos.

Efectos del rayo.—Los efectos del rayo son de la misma naturaleza que los de chispas eléctricas, pero en proporciones asombrosas. Así el rayo rompe los cuerpos poco conductores, inflama los cuerpos combustibles, calienta, derrite y volatiliza los metales; á veces hiere mortalmente á los hombres y á los animales. Los estallidos del rayo dejan en pos de sí un olor característico que no es otro que el del ozono.

Choque de retroceso.—El choque de retroceso es una conmoción violenta y aún mortal que experimentan á veces los hombres y los animales, en distancias más ó menos considerables del lugar en que cae el rayo.

Cuando una nube electrizada actúa sobre los objetos y los seres que se encuentran en la superficie del suelo, atrae el fluido de nombre contrario á las partes más elevadas y rechaza el fluido del mismo nombre.

Si esta nube se descarga bruscamente por la influencia de otra, el suelo y los seres vuelven al estado neutro y resulta la sacudida que caracteriza el choque de retroceso.

Pararrayos.—Los pararrayos (fig. 191) son unos aparatos fundados en la propiedad de las puntas, y destinados á preservar los edificios de los efectos del rayo.

Se compone de una vara metálica terminada en punta por la parte superior y que comunica en el suelo por la parte inferior. Cuando una nube electrizada pasa por encima del pararrayo descompone el flúido neutro de éste; atrae el de nombre contrario que se desliza por la punta y neutraliza el flúido de la nube, mientras que el flúido del mismo nombre es rechazado al suelo. Si la nube se encuentra fuertemente cargada y estalla el rayo, éste cae con preferencia sobre el pararrayo, que es buen conductor, y el edificio queda preservado.



Fig. 191.—Varilla del pararrayo.

Los objetos más elevados y los cuerpos buenos conductores son los que están más expuestos á la descarga eléctrica. Se observa, en efecto, que lo que atrae particularmente el rayo son los árboles, los edificios elevados, los campanarios, los picos de las montañas, los metales etc. Por esto nunca debe buscarse abrigo cerca de ellos durante las tempestades.

Condiciones de un buen pararrayo.—Para que un buen pararrayo sea eficaz debe llenar las condiciones siguientes:

- 1.º El conductor debe ser bastante grueso para que el rayo no lo altere ó derrita;
- 2.º La comunicación con el suelo debe ser lo más per-

fecto que sea posible; para ello la vara termina con dos ó tres ramificaciones que se introducen en un pozo profundo;

3.º El conductor no debe presentar ninguna solución de continuidad;

4.º Debe comunicarse con todas las piezas metálicas del edificio.

La vara tiene unos 10 metros de largo sobre 5 ó 6 centímetros de lado en su base, va disminuyendo hasta su extremidad superior que termina en una punta de platino ó mejor de cobre dorado.

Se admite que un pararrayo protege un radio doble de su altura.

CUESTIONARIO.—¿Cuál es el origen de la electricidad atmosférica?—Cuántas clases de relámpagos se distinguen?—Cuáles son los efectos del rayo?

¿Hay electricidad en la atmósfera?—¿A qué es debido el relámpago?—¿Qué produce el retumbar del trueno?—¿Qué se llama choque de retroceso?—¿Qué es un pararrayo?—¿Qué comprende?

CAPITULO VII

Magnetismo

Imanes.—Se llaman *imanes* los cuerpos que tienen la propiedad de atraer algunos metales, tales como el hierro, el níquel, el cobalto, el cromo. Esos metales se llaman *substancias magnéticas*.

La *piedra imán* ó *imán natural* es el óxido magnético ú óxido salino de hierro ($\text{Fe}^3 \text{O}_4$) que se encuentra en la naturaleza, particularmente en Suecia y Noruega.

Los *imanes artificiales* son barras de aceros á las cuales se ha comunicado las propiedades de los imanes naturales.

Polos de los imanes.—La fuerza magnética no es igual en toda la superficie de un imán (fig. 192), es nula en la parte media, *M N* que por esta razón ha recibido el nombre de *línea neutra*, y aumenta desde esta línea has-



Fig. 192.—Acción de los polos de un imán Fig. 193.—Espectro magnético

ta los dos puntos *P* y *P'*, situados cerca de sus extremidades y que se designan con el nombre de polos mag-

néticos. Para demostrarlo, basta sumergir en limadura de hierro una aguja ó barra imantada.

Se ve entonces que las limaduras se adhieren con fuerza, á los dos extremos de la barra donde forman filamentos, cuya longitud y número va disminuyendo hacia su parte media, al nivel de la cual la adherencia es nula. El mismo fenómeno se reproduce con todos los imanes naturales ó artificiales.

La acción magnética puede ejercerse á distancia y al través de los cuerpos. Si se coloca un imán debajo de una hoja de papel, por ejemplo, y que se echen limaduras de hierro sobre esa hoja, se ve el polvo metálico orientarse bajo la acción del imán y formar líneas curvas cuyo conjunto forma el *espectro magnético* (fig. 193).

Cuando se rompe un imán cada pedazo resulta ser un imán completo con dos polos. Así al romper una aguja de punta imantada, se obtienen pequeños imanes completos, es decir, que tienen cada uno dos polos.

Aguja imantada.—Una aguja imantada (fig. 194) colocada en su parte media sobre un eje se orienta en una dirección constante que poco más ó menos es la dirección de N. á S.

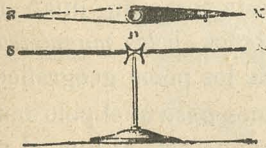


Fig. 194.—Aguja imantada

El polo que se dirige hacia al N. se llama *polo norte*; el otro, *polo sur*.

Atracción y repulsiones magnéticas.—*Dos polos de mismo nombre se rechazan; dos polos de nombre contrario se atraen.* Sean N y N', S S' (fig. 195), los polos de mismo nombre de dos agujas imantadas. La experiencia ense-

ña que S' ejerce una *repulsión* en S. Por lo contrario si se acercan los polos N y S' se nota una *atracción*.

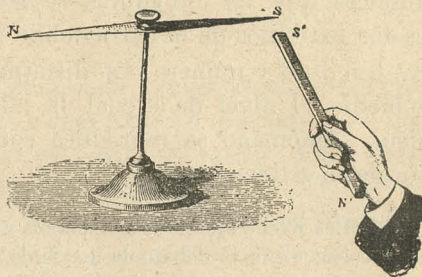


Fig. 195.—Naturaleza diferente de los polos

Imán terrestre.—Cuando se coloca una aguja imantada arriba de un imán fijo N S fig. 196), la aguja toma la dirección del imán de modo que sus polos de nombre

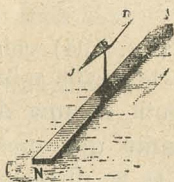


Fig. 196.—Orientación de una aguja imantada en el plano de un imán

contrario coincidan. Se explican por lo tanto la orientación de la aguja imantada bajo la acción de la tierra considerando ésta como un imán inmenso, cuyos polos (*polos magnéticos*) difieren poco de los polos geográficos.

Si llamamos pues *austral* el polo magnético terrestre que está al Sur, el polo de un imán móvil que se dirige al Sur será de nombre contrario: se le llamará *polo boreal*. Para un imán, *polo boreal* ó *polo sur* son sinónimos; *polo austral* ó *polo nortes* significan la extremidad vuelta al norte.

Imantación por influencia.—Una barra de acero imantada, colocada en la prolongación de otra barra de hierro

dulce, desarrolla por influencia en ésta una imantación temporal. Con un imán y pedazos de hierro dulce se pueden formar cadenas de *imanes temporarios* (fig. 197).

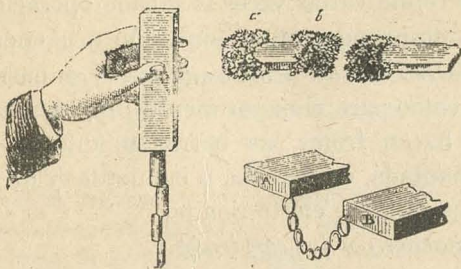


Fig. 197.—Imantación del hierro dulce por influencia

El hierro dulce es hierro muy puro para que pueda imantarse y perder rápidamente su imantación.

El acero, al contrario se imanta con dificultad, pero conserva su imantación (fuerza *coercitiva*, magnetismo *remanente*.)

Procedimiento de imantación.—1.º *Procedimiento de contacto simple.*—Se frota en el mismo sentido una aguja ó una barra de acero, con la extremidad de una barra imantada; se obtiene así una imantación poco enérgica.

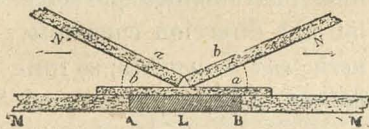


Fig. 198.—Imantación

2.º *Procedimiento del doble contacto separado* (fig. 198)
—N y N', M y M' siendo barras imantadas, separadas por una pieza de madera L y con sus polos de nombre contrario uno hacia el otro y las barras N N' colocadas

como lo enseña la figura, en contacto los polos de nombre contrario, se hace frotar las barras N y N' desde el medio hasta las extremidades de la barra que se quiere imantar; se repite varias veces la misma operación. Este procedimiento produce una imantación más enérgica.

3.º *Procedimiento del doble contacto*.—Las barras están dispuestas como para el experimento precedente; sin separarlas se hacen frotar las barras imantadas sobre la barra no imantada, de derecha á izquierda y de izquierda á derecha durante cierto tiempo.

4.º *Imantación por las corrientes*.

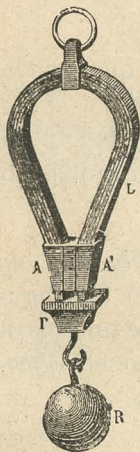


Fig. 199
Imán de Jamin

Forma de los imanes.—Se da las más veces á los imanes la forma de una herradura. Una armadura de hierro dulce reúne los dos polos y sirve para colgar los cuerpos que debe soportar el imán.

El imán de Jamin se forma de un haz de láminas imantadas reunidas con una armadura (fig. 199).

Brújula.—Las brújulas son unos instrumentos que señalan una dirección constante, *norte sud magnético*; se fundan en el principio de la ac-



Fig. 200.—Declinación magnética

ción directriz del magnetismo terrestre sobre la aguja imantada. Se componen de una aguja imantada móvil alrededor de un eje.

Declinación.—Se llama *declinación* de un lugar, el án-

gulo que forman entre sí los meridianos geográfico y magnético de ese punto (fig. 200). La declinación varía en cada punto, y en un mismo punto varía de un día para otro (1)

Es oriental cuando el norte magnético se encuentra á la derecha del norte geográfico, y occidental en el caso contrario. La declinación de Santiago era de $14^{\circ} 33'$ el 15 de Abril de 1904.

Se obtiene la declinación con la *brújula de declinación*, formada de una aguja imantada (fig. 201), móvil al rededor de un eje vertical. Un anteojo L L' permite colocar el instrumento en el plano del meridiano astronómico, y el ángulo forma esta dirección con la aguja da el valor de la declinación.

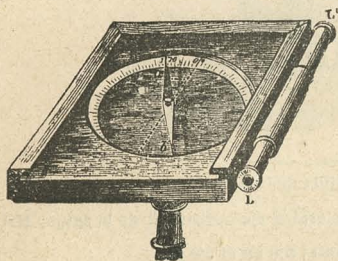


Fig. 201.—Brújula de declinación

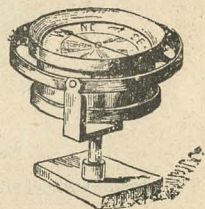


Fig. 202.—Brújula marina

(1) Para dar una idea de la variación de la declinación para un mismo lugar, damos á continuación algunas observaciones hechas en París desde unos tres siglos:

1580.....	$11^{\circ} 30'$	Este	1825.....	$22^{\circ} 13'$	Oeste
1666.....	0		1835.....	22,4	—
1700.....	$8,12'$	Oeste	1850.....	20,31	—
1780.....	$20,35'$	—	1860.....	19,22	—
1790.....	22,00	—	1875.....	17,21	—
1814.....	22,34	—	1878.....	17,00	—

La *brújula marina ó compás de mar* es una brújula de declinación suspendida de manera que quede siempre horizontal y pueda girar sobre un círculo dividido en grados y que lleva la *rosa de los vientos* (fig. 202). Sirve para dirigir los buques.

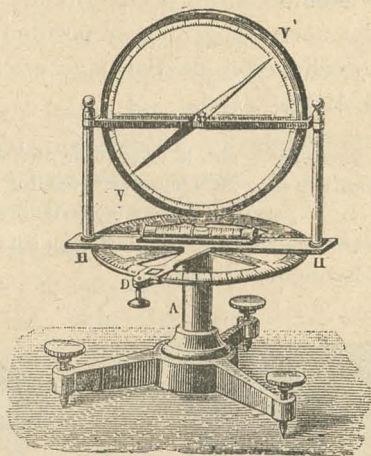


Fig. 203.—Brújula de inclinación

VV', círculo vertical en cuyo centro está el eje horizontal de la aguja; HH', círculo horizontal fijo en el pie A.

Inclinación.—Se llama *ángulo de inclinación* el menor ángulo que forma la aguja imantada móvil en el plano del meridiano magnético con la horizontal trazada en su centro. Se obtiene el ángulo de inclinación por medio de la brújula de inclinación, compuesta de una aguja imantada (fig. 203) móvil al rededor de un eje horizontal. Se coloca el aparato de modo que la aguja sea móvil en el plano vertical del meridiano magnético del lugar.

La inclinación varía en cada punto; vale 90° en el polo magnético y 0° en el ecuador magnético; en Santiago era de $30^\circ 38'$ el 15 de Abril de 1904.

CUESTIONARIO.—¿Qué se llaman imanes y substancias magnéticas?—¿Qué se observa cuando se pone un imán en limaduras de hierro?—¿Cómo se hace el experimento del espectro magnético?—¿Cómo se orienta la aguja imantada?—¿Cuál es la ley de las atracciones y de las repulsiones magnéticas?—¿Cómo se explica la orientación de los imanes bajo la influencia de la tierra?—¿Qué es hierro dulce?—Describid los diversos procedimientos de imantación.—¿Qué forma se da á los imanes?—¿Qué es una brújula?—¿Qué son la declinación y la inclinación?—¿Cómo se obtienen una y otra?

SÉPTIMA PARTE

ELECTRICIDAD DINÁMICA

CAPÍTULO I

Pilas Eléctricas

Electricidad dinámica.—*La electricidad dinámica es el estudio de la electricidad en movimiento, y también el estudio de los efectos producidos por las corrientes eléctricas.*

Pila.—*La pila es un aparato que produce una corriente de electricidad, mediante ciertas acciones químicas.*

Cuando se sumerge en un ácido un metal atacable por ese ácido, una lámina de zinc, p. ej., el metal se carga de electricidad negativa y el líquido de electricidad positiva.

Pila de Volta.—La primera pila se debe á Volta. Al soldar juntos un disco de cobre y un disco de zinc, se obtiene un *par voltaico*.

Se sobreponen varios de esos pares separándolos con ruedecitas de paño, impregnadas de agua acidulada. Si se reunen entonces el último zinc y el primer cobre con un hilo metálico (conductor ó reóforo), dicho hilo se halla recorrido por una *corriente eléctrica*. Se admite que la corriente va al exterior de la pila, del *polo positivo* al *polo negativo*; el polo negativo lo es siempre el metal atacado (zinc).

Se puede notar la existencia de la corriente acercando una aguja imantada móvil sobre su eje, al hilo metálico

que reúne los dos polos de la pila. Vese en seguida la aguja desviarse de su dirección norte sur.

El último zinc y el primer cobre pueden suprimirse porque sirven tan sólo de conductores por no estar en contacto con el líquido excitador.

La *tensión* de la corriente es sensiblemente proporcional al número de pares; por lo cual se disponen muchos discos unos sobre otros de modo que se tenga una pila de ellos (fig. 204).

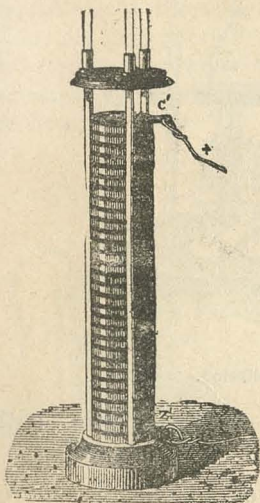


Fig. 204.—Pila de columna de Volta.

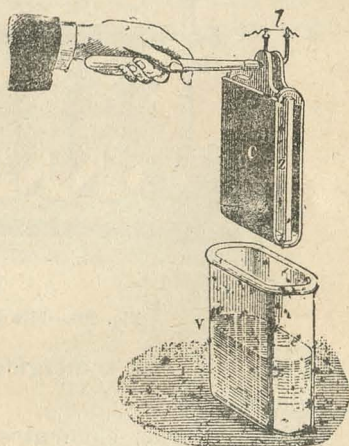


Fig. 205.—Elementos de Wollaston.

La *pila de artesa* es una modificación de la pila de Volta, los pares voltaicos, en vez de colocarse verticalmente, se reúnen en una caja horizontal.

NOTA.—En todas las pilas se amalgama el zinc porque entonces

no se deja atacar por el ácido sulfúrico sino cuando está cerrado el circuito.

El zinc amalgamado es zinc cubierto de una capa de mercurio

Pila de Wóllaston.—Un elemento de Wóllaston se compone de una lámina de cobre C (fig. 205) encorvada como lo enseña la figura de manera que envuelve sin tocarla una lámina de zinc Z.

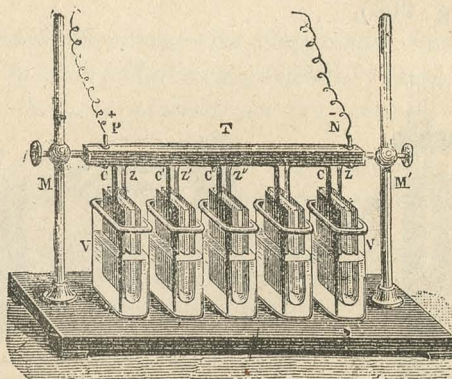


Fig. 206.—Pila de Wóllaston.

El conjunto está sumergido en un vaso V que contiene agua acidulada.

Uniendo varios elementos, se obtiene la pila de Wóllaston (fig. 206)

Pila de Daniell.—La pila de Daniell (fig. 207) se compone:

1.º De un vaso exterior V que contiene ácido sulfúrico diluído en que se sumerge una lámina de zinc Z; es el polo negativo de la pila.

2.º De un vaso poroso P, en que se vierte una disolución de sulfato de cobre; una lámina de cobre está en esa disolución: es el polo positivo de la pila.

Cuando se *cierra el circuito*, es decir, cuando se reúnen los polos con un hilo metálico, el ácido sulfúrico ataca el zinc y forma sulfato de zinc: el hidrógeno que proviene de la descomposición del agua atraviesa el vaso poroso, toma oxígeno al sulfato de cobre para reconstituir el agua descompuesta; el metal reducido se deposita sobre la lámina de cobre, mientras que el ácido sulfúrico libre se transporta al vaso exterior y reemplaza al que ha desaparecido en la formación del sulfato de zinc.

La pila se empobrece de sulfato de cobre; por lo cual y también por formarse *corrientes secundarias* que se oponen á la corriente principal, su intensidad disminuye: dicese entonces que la pila se *polariza*.

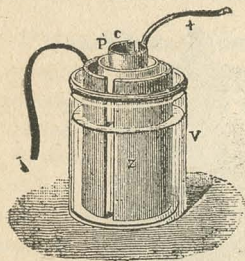


Fig. 207

Elemento de pila de Daniell

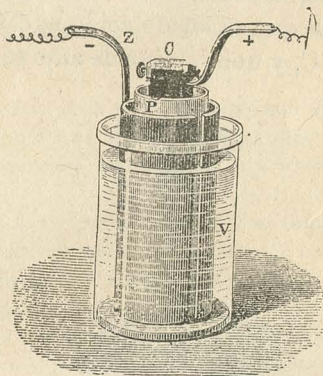


Fig. 208.—Pila de Bunsen

Pila de Bunsen.—La *pila de Bunsen* comprende (fig. 208) un vaso exterior de barro cocido ó de vidrio V que contiene una disolución de ácido sulfúrico en la proporción de 1 á 10 en que se sumerge un cilindro Z de zinc

amalgamado; en el centro hay un vaso poroso P que contiene ácido nítrico y un prisma de carbón de retorta C: el carbón desempeña el papel de conductor y constituye el polo positivo de la pila.

Cuando está cerrado el circuito, el zinc en presencia del ácido sulfúrico descompone el agua y forma sulfato de zinc; el hidrógeno se transporta sobre el ácido nítrico para formar agua y productos nitrogenados menos ricos en oxígeno que se disuelven en parte en el líquido (emanaciones de anhídrido hiponítrico). Esa pila es muy enérgica; pero es menos constante que la anterior debido á la desaparición rápida del ácido sulfúrico.

Pila de bicromato de potasio (fig. 209).—La *pila de bicromato de potasio* comprende un vaso de forma de botella que contiene una disolución de bicromato de potasio á la que se añade ácido sulfúrico; unas láminas de cobre C, C, y una lámina de zinc se sumergen en ese líquido.

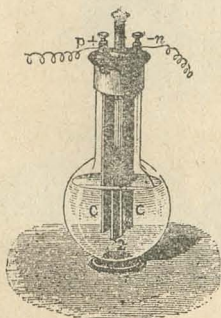


Fig. 209.—Pila de bicromato



Fig. 210.—Pila de Leclanché

Pila de Leclanché (fig. 210).—El polo negativo de la *pila de Leclanché* está formado por un pequeño cilindro de zinc sumergido en una disolución de cloruro de amonio.

El carbón del polo positivo está envuelto en una mezcla de bióxido de manganeso y de carbón.

Esta pila es constante y de larga duración; se usa generalmente en los telégrafos, los teléfonos, las campanas eléctricas, etc.

Asociación de las pilas.—Según los efectos que se quieran alcanzar, se pueden parear los elementos de las pilas por los

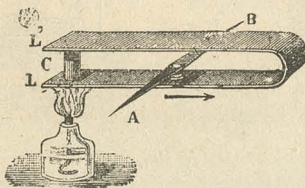


Fig. 211.—Experimento de Seebeck

polos de mismo nombre (*asociación en batería*) ó por los polos de nombre contrario (*asociación en serie ó en tensión*).

Pilas termoeléctricas.—Las *pilas termoeléctricas* son pilas cuyas corrientes son debidas no á una acción química, sino á la desigualdad de calor que se desarrolla en la soldadura de los metales diferentes.

El experimento de Seebeck (fig. 211) demuestra que si se toma una lámina de cobre LL' soldada con un pequeño cilindro de bismuto C, y que se calienta la soldadura, se produce una imantación capaz de hacer desviar una aguja imantada AB. Se nota que la corriente va del bismuto al cobre atravesando la soldadura caliente y que su intensidad es proporcional á la diferencia de temperatura de las dos soldaduras.

La *pila de Melloni* (fig. 212) está compuesta de muchas láminas pequeñas de antimonio y de bismuto, puestas alternativamente soldadas por sus extremidades y vueltas sobre sí de modo que las soldaduras de orden impar estén á un lado, y las soldaduras de orden par al otro lado, formando un prisma el conjunto. Las extremidades de la pila rematan en dos topos B y B' que son los dos polos de la pila.

Prodúcese una corriente cuando esas dos caras tienen diferente temperatura.

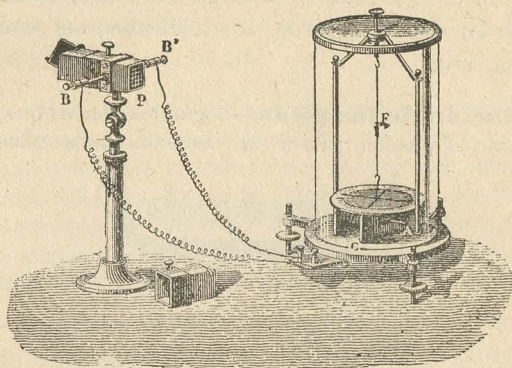


Fig. 212.—Pila de Melloni

Las corrientes termoelectricas no son fuertes, pero conservan una intensidad constante, mientras queda constante la diferencia de temperatura.

Analogías hidráulicas.—1.º Una máquina hidráulica eleva el agua á cierta altura de donde puede caer á su nivel primitivo, formando una corriente líquida continua; del mismo modo una pila eleva la electricidad á cierto nivel eléctrico (á cierto potencial) de donde cae á lo largo del conductor interpolar, formando una corriente eléctrica.

Los dos polos se mantienen á niveles (á potenciales) constantes (+ A) y (— B). El circuito exterior es como una pendiente por la cual la electricidad baja del potencial (+ A) al potencial (— B). Llegada al polo negativo, sube de nuevo del nivel (— B) al nivel (+ A) recorriendo el circuito interior.

La elevación del nivel, en el interior de la pila, se hace por medio del calor producido por las reacciones químicas; luego la caída á lo largo del reóforo produce un trabajo equivalente que se manifiesta según las circunstancias, en forma de movimiento, de calor, de luz, de acciones químicas, etc.

2.º Si dos depósitos de agua, de niveles diferentes é invariables, se hallan en comunicación por un tubo, se forma en este tubo una corriente líquida de velocidad constante. La cantidad de agua que pasa en un segundo, depende de la *diferencia de los niveles* en los dos depósitos, y de la *resistencia* que el tubo opone á la salida del agua, á causa de su longitud y de su sección más ó menos angosta.

Del mismo modo, los polos de una pila se mantienen á niveles eléctricos constantes, y entre ellos, se forma al través del reóforo una corriente continua. La cantidad de electricidad ó *intensidad* de la corriente eléctrica, en un segundo, depende de la *diferencia de nivel* (de potencial) en los dos polos, y de la *resistencia* que el circuito (interior y exterior) opone al movimiento de la electricidad.

La *diferencia de nivel de los dos polos* toma el nombre de FUERZA ELECTRO-MOTRIZ de la pila. La fuerza electro-motriz de un elemento de la pila depende únicamente de la naturaleza de los metales y del líquido en contacto. Esta fuerza es completamente independiente de la forma, del tamaño y de la distancia de las láminas metálicas, y del grado de concentración de los líquidos.

Unidades eléctricas.—Sean I la intensidad de la corriente, es decir la cantidad de electricidad que pasa en un segundo, y Q la cantidad de electricidad dada en t segundos. Se obtiene $Q=It$,

Sean E la fuerza electro-motriz de la pila y R la resistencia total del circuito. El experimento ha probado que se obtiene:

$$I = \frac{E}{R} \text{ (ley de Ohm)}$$

Para medir estos valores, se adoptan las unidades siguientes:

1.º La unidad de resistencia se llama el *ohm*, es la resistencia á una columna de mercurio de 1mm de sección y de 10mm de largo.

2.º La unidad de *fuerza electro-motriz* se llama el VOLT: es la fuerza electro-motriz de un elemento de Volta (formado de un cobre y de un zinc, sumergidos en agua acidulada).

La fuerza electro-motriz de un par de Volta es, pues, 1 volt; la

de Bunsen es de 109; la de Leclanché es 105; la de Daniell es de 101.

3.º La unidad de *intensidad* se llama AMPERE; es la intensidad de la corriente dada por una pila cuya fuerza electro-motriz es de un volt y la resistencia total de un ohm. :

4.º La unidad de *cantidad* se llama COULOMB; es la cantidad de electricidad dada en un segundo por una corriente cuya intensidad iguala á un ampere.

CUESTIONARIO.—¿Qué es electricidad dinámica?—¿Qué se llaman pilas?—¿Cómo se construye una pila de Volta?—¿Cuál es el metal que forma el polo negativo en cada par?—¿Por qué se toman muchos pares?—¿Qué es el zinc amalgamado?—¿Qué ventaja ofrece en las pilas?—¿De qué se compone la pila de artesa?—¿Dar la descripción de un elemento de las pilas de Vóllaston, de Daniell y de Bunsen.—Decir para cada una las reacciones químicas que se producen.—¿Cómo se construye la pila de bicromato de potasio, la pila de Leclanché?—¿A qué es debida la corriente en las pilas termoeléctricas?—¿Cómo se repite el experimento de Seebeck?—Dar la descripción de la pila de Melloni.—Definir el ohm, el volt, el ampere, el coulomb.

¿Cuál es la intensidad de la corriente producida por un elemento de Bunsen cuya fuerza electro-motriz es 1,8 vols. y la resistencia interior 0.2 ohm, siendo la resistencia del reóforo 0.70 ohm?

$$I = \frac{E}{R} = \frac{1,8}{0,2 + 0,7} = 2 \text{ amperes.}$$

¿Qué cantidad de electricidad produce por minuto un elemento de Leclanché cuya fuerza electro-motriz es de 1,46 volts., la resistencia total del circuito siendo 8 ohms?

$$Q = Lt = \frac{Et}{B} = \frac{1,46 \times 50}{8} = 16,95 \text{ coulombs.}$$

La fuerza electro-motriz de un elemento de pila es de 1,0 volt. ¿Cuál es la resistencia interior de dicho elemento, sabiendo que da una corriente de 4 amperes cuando se reúnen sus polos por medio de un alambre de 0.275 ohms, de resistencia?

$$4 = \frac{1,0}{0,275 + x}; \text{ de donde } x = 0,2 \text{ ohm.}$$

¿Cuál es la fuerza electro-motriz de un elemento cuya resistencia es de 0,2 ohms, sabiendo que una serie de 100 elementos semejantes da una corriente de 5 amperes, en un alambre cuya resistencia es de 8 ohms?

$$5 = \frac{100x}{20 + 8}; \text{ de donde } x = 1,4 \text{ volt.}$$

CAPÍTULO II

Principales efectos de las corrientes

Los efectos de la corriente eléctrica comprenden dos categorías:

1.º *Los que se producen en el INTERIOR de la corriente*, es decir, los efectos térmicos, luminosos y fisiológicos, que son objeto del presente capítulo.

2.º *Los que se producen en el EXTERIOR de la corriente*, como son las acciones electro-magnéticas y electro-dinámicas que se estudiarán en los dos capítulos siguientes.

Efectos caloríficos y luminosos.—Si se introduce en el circuito un hilo metálico muy fino, ese hilo se calienta se enrojece, puede fundirse y aún volatilizarse.

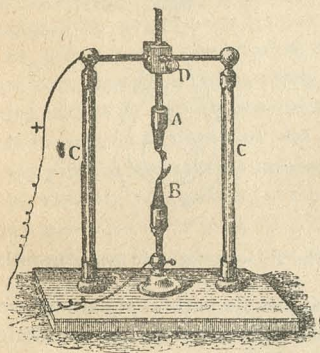
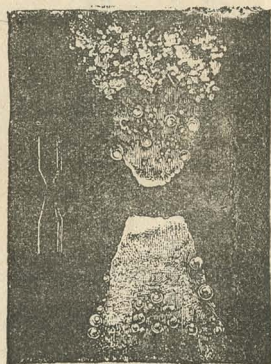


Fig. 213.—Arco voltaico,



Eig. 214.—Carbones del arco voltaico (aumentados)

Arco voltaico.—Si se hace terminar los reóforos de una pila poderosa en dos lápices de carbón de retorta A y B (fig. 213)

que se acercan, en las partes en contacto se ve salir una luz deslumbradora; si se alejan algo los carbones, la corriente sigue pasando y produce un arco llamado *arco voltáico*.

Ese arco es á un tiempo muy caliente y muy luminoso; es el modo más económico del alumbrado eléctrico. Sin embargo tiene la desventaja de ofrecer un foco demasiado fuerte para los usos ordinarios, de producir anhídrido carbónico por la combustión del carbón y sobre todo de exigir un regulador costoso y poco constante.

Los *reguladores* son unos aparatos que sirven para mantener los extremos de los dos carbones á una distancia conveniente, porque al paso que se usan, el intervalo que los separa aumenta y llegaría un momento en que dejase de pasar la corriente.

Los reguladores del arco voltáico se reemplazan ventajosamente por las *bujías de Jablochkoff* (fig. 215)

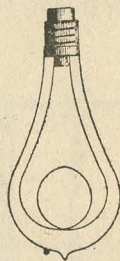
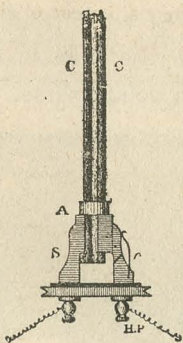


Fig. 215.—Bujía de Jablochkoff Fig. 216.—Lámpara de incandescencia

Esas bujías se forman con dos lápices de carbón separados por una lámina de yeso; el arco voltáico sale entre sus extremidades y volatiliza el yeso á medida que se usan los carbones. Para hacer la luz más suave, se coloca el arco voltáico en un globo de vidrio sin pulimentar.

Lámparas de incandescencia.—Las lámparas de incandescencia

aprovechan el calor producido por una corriente que atraviesa un hilo fino introducido en el circuito (fig. 216).

La *lámpara de Edison* comprende un circuito que penetra en un globo de vidrio cerrado en que se ha hecho el vacío; el circuito se forma en el globo por un hilo de carbón del grueso de una crin de caballo. La corriente teniendo una grande resistencia para atravesar ese hilo, lo calienta y lo lleva á la incandescencia, lo que produce una luz suave y poderosa.

En esos aparatos la combustión es imposible por falta de oxígeno.

El alumbrado con las lámparas de incandescencia tiene la ventaja de dar una luz suave y regular, y de no producir anhídrido carbónico ya que no hay combustión. Además es más fácil multiplicar los focos luminosos con ella que con el arco voltaico.

Efectos fisiológicos de las corrientes.—Cuando se hacen comunicar los polos de una pila con los músculos de un animal se nota una contracción al abrir y al cerrar el circuito.

Experimento de Galvani.—Galvani, profesor en la universidad de Bolonia, fué el primero que descubrió la existencia de la electricidad dinámica. El experimento que lo condujo á su descubrimiento puede repetirse del modo siguiente: Se toman los miembros posteriores de una rana, y después de desollados, con un arco metálico compuesto de una varilla de cobre y otra de zinc se inserta la extremidad del cobre junto á los nervios lumbares del animal, y se acerca el zinc á los músculos de la pata (fig. 217); se nota á cada contacto una viva contracción de los músculos.

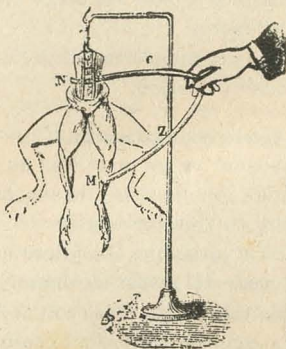


Fig. 217.—Experimento de Galvani.

Efectos químicos.—Cuando se obliga una corriente bastante fuerte á que atraviése un compuesto químico, por lo común hay descomposición del cuerpo. Se llama *electrolisis* al análisis de los cuerpos por las corrientes.

Los efectos de descomposición se producen siempre al contacto con las superficies metálicas en que terminan los reóforos de la pila y que se llama *electrodos*.

Entre los productos de la electrolisis, se llaman electro-positivo los que se dirigen al electrodo-negativo y electro-negativos á los que al electrodo-positivo. Por ej., cuando se descompone el agua por la pila, el oxígeno se desprende en el electrodo-positivo y el hidrógeno en el electrodo-negativo.

Voltámetro. Acumulador.—El voltámetro es el aparato que sirve para descomponer el agua por la pila. Comprende dos probetas llenas de agua debajo de las cuales penetran los electrodos.

Se obtienen dos volúmenes de hidrógeno en el polo (—) y 1 volumen de oxígeno en el polo (+).

Si se suprime la pila y se ponen en comunicación los reóforos, se nota que el voltámetro desempeña el papel de una pila cuya corriente va en dirección contraria á la que ha descompuesto el agua. El oxígeno y el hidrógeno desaparecen poco á poco y restituyen el agua descompuesta. En estas condiciones el voltámetro es un verdadero *acumulador*: la electricidad se ha condensado en el voltámetro, para ser luego restituída en una corriente contraria á la primera.

Los *acumuladores* industria es se basan precisamente en este mismo principio.

Galvanoplastia (1).—La *galvanoplastia* tiene por objeto depositar capas metálicas en la superficie de los cuerpos, precipitando los metales de sus disoluciones salinas con ayuda de una débil corriente eléctrica.

Si la pieza que se quiere cubrir es metálica, basta limpiarla; se procede del modo siguiente:

Se calienta la pieza con la llama, después se la sumerge en agua algo acidulada con ácido sulfúrico y luego durante algunos segun-

(1) Y no galvanoplastia.

dos en ácido nítrico diluído, y por fin en ácido concentrado: se lava después al agua pura.

Se cuelga entonces el objeto del polo negativo de una pila cuyo otro electrodo está formado por una lámina del metal que se debe depositar (fig. 218). Los electrodos están sumergidos en una di-

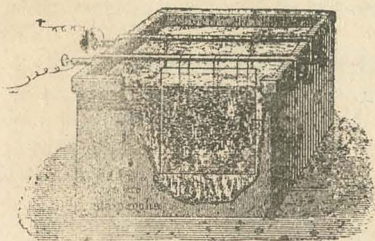


Fig. 218.—Aparato compuesto para la galvanoplastia.

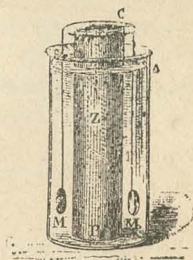


Fig. 219.—Aparato simple para la galvanoplastia

solución de sulfato de cobre para el bronceado, de cianurio doble de oro y de potasio para el dorado, de plata y de potasio para el plateado, de sulfato doble de níquel y de amonio para el niquelado.

Si no es metálico el objeto, hay que hacerlo conductor; para metalizar un objeto no conductor, piedra, madera, yeso, se lo cubre de plumbagina, y luego se procede como ya se ha dicho.

Cuando se quiere reproducir medallas, clisés, etc., se toma de ellos un molde con cera, gutapercha, azufre. Ese molde siendo metalizado, la galvanoplastia produce una ó varias imágenes idénticas al modelo.

NOTA.—Se tendrá una cubeta con la que se podrá prescindir de las pilas especiales (*aparato simple*) colocando una lámpara de zinc (fig. 219) en un vaso poroso B que contenga ácido sulfúrico diluído; se pondrá el todo en otro vaso A que contenga una disolución de sulfato de cobre; un hilo de cobre que salga del zinc llevará los objetos que se hayan de galvanizar, los cuales deberán sumergirse en la disolución.

CUESTIONARIO.—¿Qué sucede cuando una corriente atraviesa un hilo metálico muy fino?—¿Cómo se produce el arco voltaico?—¿Qué inconvenientes tie-

ne el alumbrado con el arco voltaico?—¿En qué consisten las bujías de Jablochkoff y las lámparas de incandescencia?—¿Por qué el hilo de carbón de las lámparas no se quema?—¿Qué sucede cuando una fuerte corriente atraviesa un compuesto químico?—¿Qué se llaman cuerpos electro-positivos?—¿Cuál es el objeto de la galvanoplastia?—¿Cuáles son las preparaciones necesarias para galvanizar un cuerpo metálico y otro no metálico? Qué es voltámetro? acumulador?

CAPÍTULO III

ELECTRO-MAGNETISMO

I. ACCIÓN DE LAS CORRIENTES SOBRE LOS IMANES

Experimento de Ørsted. Ley de Ampere.—(fig. 220)

—Si un hilo recorrido por una corriente está cerca de una *aguja imantada* y paralelamente colocada con ella:

1.º La *aguja* procura tomar una *dirección perpendicular* á la del *hilo*, es decir, á ponerse en *cruz* con la *corriente*.

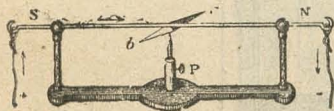


Fig. 220.—Experimento de Ørsted

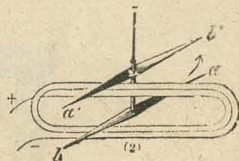


Fig. 221.—Agujas estáticas

2.º El *polo austral* de la *aguja* (*punta norte*) se *desvía* hacia la *izquierda* de la *corriente*.

Se llama *izquierda* de la *corriente* la *izquierda* de un *observador* que *mirara* la *aguja* y *colocado* de modo que la *corriente* le *entra*ra por los *pies* y *saliera* por la *cabeza*.

Multiplicador.—El *multiplicador* tiene por *objeto* *aumentar* la *acción* de la *corriente* sobre la *aguja imantada*. Se *compone* de un *marco* de *madera* sobre el que se *arrolla* el *hilo* *atravesado* por la *corriente*. Se *coloca* la *aguja* en el *centro* del *marco* y de su *plano*.

Agujas astáticas.—Se llaman *agujas astáticas* el *conjunto* de dos *agujas imantadas* é *idénticas*, *fijas* en el *mismo eje*, de *mó-*

do que sus polos de nombre contrario se correspondan (fig. 221). Si las agujas son perfectamente idénticas, el sistema es absolutamente astático, es decir, que la tierra no ejerce acción alguna sobre él: no se lo podría emplear. Existe siempre alguna pequeña diferencia de imantación entre las agujas: en esta diferencia que el multiplicador debe vencer para orientar el sistema.

Galvanómetro. (fig. 222).—El galvanómetro es un aparato que indica la presencia de las corrientes, y compara su intensidad; se funda en el experimento de Ersted.

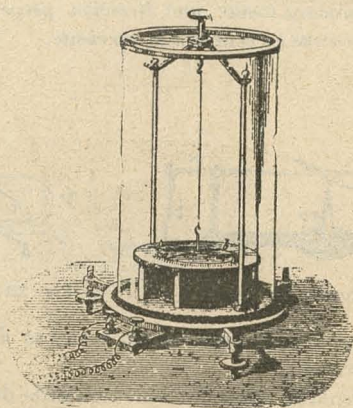


Fig. 222.—Galvanómetro

El galvanómetro comprende:

- 1.º Un sistema *astático* de dos agujas imantadas.
- 2.º Un *multiplicador* en que se hace pasar la corriente que se desea estudiar.

La aguja colocada fuera del marco se mueve sobre un círculo dividido, y su desviación es tanto mayor cuanto más intensa es la corriente.

Imantación por las corrientes.—Se enrosca un hilo me-

tálico en espiral alrededor de un tubo de vidrio, en cuyo interior se coloca una aguja de acero (fig. 223). Si se ha-



Fig. 223.—Acción de una corriente sobre un alambre de acero

ce pasar en el hilo una corriente intensa, la aguja queda muy imantada. Operando en una aguja de hierro dulce, la imantación es más fuerte, pero transitoria y cesa con la corriente.

Electroimán.—El *electroimán* (fig. 224) está formado por

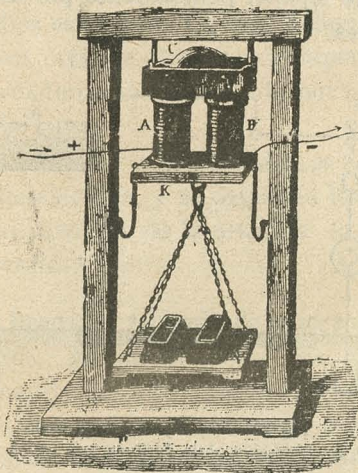


Fig. 224.—Electroimán

un cilindro de hierro dulce envuelto por un carrete de hilo metálico en que pasa una corriente. En el elec-

troimán de forma de herradura, sólo se envuelven las extremidades, y el enroscamiento ha de ser tal que el hilo de un carrete sea la continuación del hilo del ótro, de modo que la corriente vaya de derecha á izquierda en un carrete y de izquierda á derecha en ótro.

El poder de los electroimanes es muy superior al de los imanes permanentes. Aumenta con las dimensiones del cilindro de hierro dulce, con el número de capas de hilo conductor y con la intensidad de la corriente.

II. TELEGRAFÍA ELÉCTRICA

Aparatos telegráficos.—La *telegrafía* tiene por objeto transmitir á lo lejos el pensamiento por medio de signos convencionales.

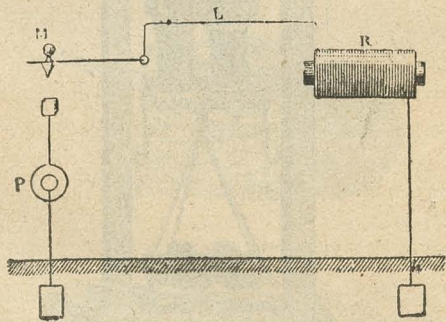


Fig. 225.—Principio del telégrafo

M, manipulador; R, receptor; L, hilo de línea que forma el circuito; P, pila.

La telegrafía eléctrica comprende: 1.º el *manipulador*; 2.º el *receptor*; 3.º un *circuito metálico* que reúne las dos estaciones, y 4.º una *pila* que da la corriente que debe circular entre dichas estaciones.

El *manipulador* es un aparato que permite establecer ó interrumpir el paso de la corriente en el circuito.

El *receptor* se compone de un electroimán cuyo hilo forma parte del circuito, y que puede, cada vez que pasa la corriente, atraer una armadura de hierro dulce.

El *circuito* es un hilo metálico que une el manipulador con el receptor. Esos aparatos comunican también con el suelo habiendo éste de completar el circuito. Cuando el hilo es aéreo, está sostenido por postes; los garfios que lo sujetan están aislados del poste con un sustentáculo de vidrio ó de porcelana.

A menudo los hilos telegráficos pasan por debajo de la tierra en tubos especiales. Cuando deben atravesar el océano, se aíslan unos de otros con gutapercha haciendo de ellos un verdadero cable protegido por una vaina metálica aislada del núcleo.

Cuando las estaciones son distantes, se coloca en ellas una campanilla eléctrica, y se disponen los conductores de modo que la corriente de la estación expedidora sola pase por el circuito.

Telégrafo de Breguet ó telégrafo de cuadrante.—*Manipulador* (fig. 226). El manipulador de Breguet comprende una manija M que mueve un disco E cuyo contorno tiene una garganta formada por 26 sinuosidades que se acercan y alejan alternativamente del centro del disco. Cuando se da vuelta el disco, la extremidad de la palanca g C, móvil al rededor del punto O, sigue las sinuosidades de la garganta de modo que la otra extremidad C viene alternativamente á tocar las piezas P y P'. Cuando la palanca toca la pieza P', la co-

rriente pasa por el disco, la palanca y la pieza P'; pero cuando toca la pieza P, hay interrupción del circuito, y no pasa la corriente.

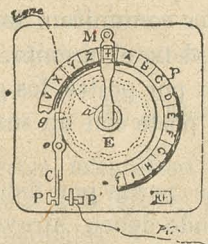


Fig. 226.—Manipulador del telégrafo de Breguet

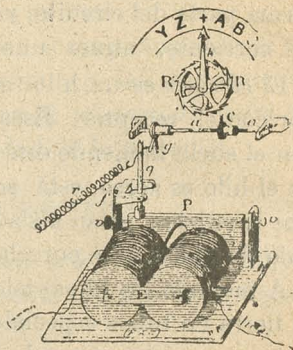


Fig. 227.—Receptor del telégrafo de cuadrante

En una vuelta entera, la manija produce, pues, 26 alternativas de abrir y cerrar el circuito.

Receptor (fig. 227).—El receptor comprende un electroimán E y una armadura de hierro dulce P cuyas oscilaciones, alrededor del eje w por medio de un sistema de palancas, hacen girar una doble rueda dentada R R' que tiene 26 dientes. Al girar esa rueda lleva una aguja que gira delante de un cuadrante en el cual están dibujadas las letras del alfabeto. Un resorte r mantiene la armadura de hierro P algo distante del electroimán cuando no pasa la corriente.

Funcionamiento.—Cada vez que la palanca del manipulador toca la pieza P', la corriente pasa al electroimán del receptor y la armadura de hierro dulce está atraída. Cuando por el contrario, la palanca toca la pieza P, deja

de pasar la corriente, y la armadura vuelve á su posición primitiva bajo la acción del resorte r . A cada ida y vuelta de la armadura, la rueda dentada avanza un diente. Pero el número de dientes de esta rueda siendo igual al de las sinuosidades del disco manipulador, si la manija da una fracción de vuelta, la aguja del receptor girará la misma fracción sobre el cuadrante. Por lo tanto la manija del manipulador y la aguja del receptor estando ambas en frente de la cruz convencional que separa la letra Z de la letra A, si se lleva sucesivamente la manija sobre las diferentes letras que componen una palabra, la aguja del receptor girará del mismo modo delante del cuadrante y se parará sobre las letras de dicha palabra.

Las alternativas de la corriente siendo independientes del sentido en que se da vuelta á la manija, queda evidente que para conservar la concordancia de los movimientos entre el manipulador y el receptor, hay siempre que dar vuelta á la manija, en el mismo sentido sin volver nunca para atrás.

Telégrafo de Morse.—*Manipulador* (fig. 228).—El manipulador del telégrafo de Morse se compone de una pa-

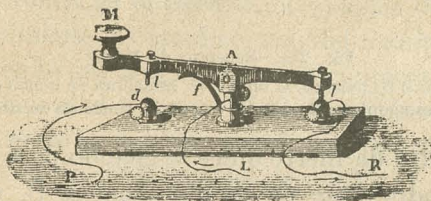


Fig. 228.—Manipulador Morse

lanca móvil alrededor de un eje A. Cuando bajo la acción del resorte f ocupa la posición que enseña la figura,

la corriente queda interrumpida en *d* (hay que suprimir por ahora el hilo que sale de *b*); pero si se apoya en *M*, se establece en *d* la corriente que pasa mientras dura el contacto.

Receptor (fig. 229).—El receptor del telégrafo de Morse se comprende un electroimán *A* que puede atraer un pe-

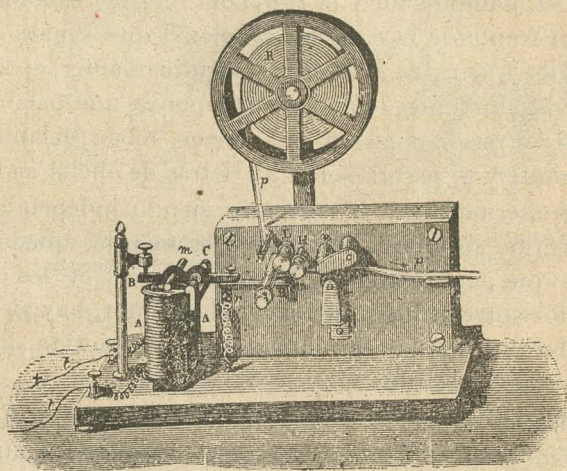


Fig. 229.—Receptor de Morse

A A, electroimán; B B, palanca; C, su eje; *m*, armadura de hierro dulce; *r*, resorte antagonista; R, rollo de papel; H, rueda de escribir

queño cilindro de hierro dulce *m* cuando pasa la corriente. Ese cilindro hace mover una palanca *B*, cuya extremidad lleva una púa para escribir ó un pequeño cilindro lleno de tinta, debajo del cual pasa una faja de papel de un modo regular, bajo la acción de un mecanismo de relojería.

Funcionamiento.— Cuando el electroimán atrae el cilindro de hierro dulce, la púa de escribir viene á apoyarse sobre la faja de papel, y como corre ésta regularmente, traza la púa una línea tanto más larga cuanto más tiempo dura el contacto. Cuando se hace funcionar el mani-

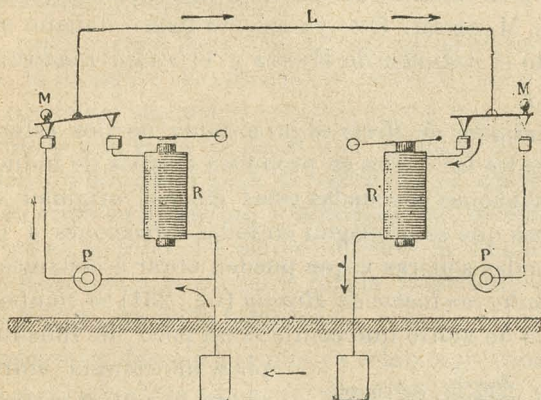


Fig. 230.—Disposición de los aparatos para dos estaciones telegráficas; M, M' manipuladores; R, R' receptores; P, P', pilas; L, hilo de línea

pulador, es decir, cuando se abre y se cierra alternativamente la corriente en el circuito, la palanca del receptor sigue naturalmente los movimientos del manipulador de modo que según sea largo ó corto el contacto de la palanca del manipulador con la pieza *d*, se obtendrá puntos ó trazos sobre la faja de papel del receptor. Admitiendo una combinación especial de puntos y trazos para representar cada letra del alfabeto, se podrán reproducir las palabras.

NOTA.—Cada estación telegráfica tiene siempre un manipulador y un receptor.

Se disponen entonces los aparatos como lo enseña la figura 230 de modo que el mismo hilo telegráfico sirva en ambas direcciones.

Esa figura representa el paso de la corriente cuando la estación A envía un telegrama á la estación B.

Telegrafía sin hilo.—El problema de la telegrafía sin hilo ha sido resuelto de un modo muy satisfactorio por el señor MARCONI. Este ya célebre físico italiano utilizó al efecto el *radiador* de HERTZ y el *radio conductor* de BRANLY.

El *radiador de Hertz* es un sistema de dos esferas de metal entre las cuales se producen chispas de inducción. En condiciones adecuadas estas chispas originan ondas eléctricas que se propagan en todas direcciones á manera de ondas sonoras y que pueden obrar á distancia.

El *radio-conductor de Branly* (fig. 231) se compone de un tubo de vidrio que contiene un poco de limadura de

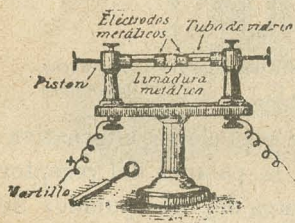


Fig. 231.—Radioconductor de Branly

plata interpuesta entre dos placas metálicas en el circuito de una pila. Branly descubrió que esta limadura es *conductora* en el estado de *aglomeración* y *no conductora* en el estado de *dispersión*. El pasaje de una onda eléctrica basta para darle la co-

hesión conveniente y un pequeño choque basta también para hacérsela perder.

Sistema Marconi.—El telégrafo Marconi consta de un manipulador expeditor y de un receptor. La estación expeditora está formada esencialmente por un radiador de Hertz electrizado por un carrete de Ruhmkorff. La

estación receptora está formada por un radioconductor, un electroimán y un receptor Morse (fig. 231) interpuestos en el circuito de una misma pila. Por medio de descargas largas ó cortas del carrete (que reproducen el alfabeto Morse) se provocan en el radiador de Hertz ondas que se esparcen inmediatamente.

Tan pronto como llega una de esas ondas al radioconductor, la limadura se *cohera* (toma cohesión) pasa entonces la corriente, acciona el receptor Morse y por lo tanto imprime en una cinta de papel una rayita ó un punto. Pero tan pronto como pasa la corriente el electroimán también atrae su armadura y entonces un martillito da un golpe en el tubo del radioconductor: la limadura de éste se *descohera* y la corriente queda interrumpida hasta que llegue otra onda eléctrica.

El telégrafo Marconi permite ya establecer comunicaciones regulares entre estaciones distantes de 50 á 60 km. y relacionar de un modo permanente la cima del monte Blanco con la aldea de Chamounix, lanzar telegramas en alta mar entre los navíos y las costas ó entre los buques de una escuadra, etc.....

Campanillas eléctricas.—Las *campanillas eléctricas* tienen un timbre contra el cual da un martillo accionado por un electroimán (fig. 232)

Cuando pasa la corriente el electroimán E atrae el martillo M que viene á pegar en el timbre T; pero entonces la corriente queda interrumpida por no tocar más el resorte *g* el mango del martillo; el electroimán pierde su imantación y el martillo vuelve á tocar el resorte *g*, la

corriente pasa de nuevo, y se reproducen los mismos fenómenos: se obtiene así un *timbre temblador*.

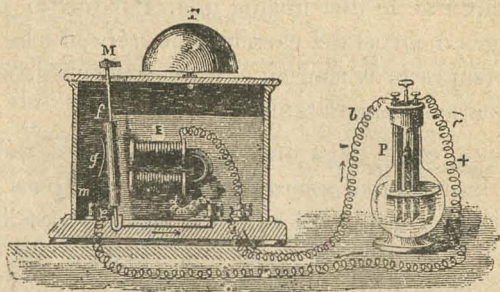


Fig. 232. Campanilla eléctrica

CUESTIONARIO.—¿En qué consiste el experimento de Ersted?—Decid la ley de Ampere.—¿Qué es el multiplicador?—¿Qué se llaman agujas astáticas?—¿Cuál es el objeto del multiplicador?—¿De qué se compone un galvanómetro?—¿Para qué sirve?—¿Cómo se puede imantar una aguja de acero con una corriente?—¿De qué se compone un electroimán?—Cuál es el objeto de la telegrafía?—¿Qué comprende un telégrafo eléctrico?—¿Cuál es papel del manipulador?—¿Cuál es el órgano principal del receptor?—Describir el manipulador y el receptor del telégrafo de cuadrante y explicad cómo funcionan.—Las mismas preguntas para el telégrafo de Morse.—¿De qué se compone una campanilla eléctrica?—Explicad su funcionamiento.

CAPÍTULO IV

Electrodinámica.—Inducción

Objeto de la electrodinámica.—La *electrodinámica* es el estudio de las acciones recíprocas que ejercen las corrientes unas sobre otras.

Leyes generales.—Las corrientes eléctricas ejercen unas sobre otras ciertas acciones que dependen del sentido en que cir-

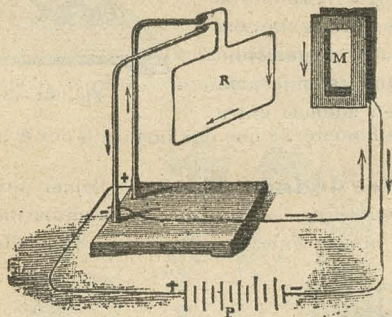


Fig. 233.—Acción recíproca de dos corrientes paralelas de mismo sentido.

culan y que obedecen á las leyes siguientes formuladas por Ampere.

1.º Dos corrientes paralelas del mismo sentido se atraen. Dos corrientes de sentido contrario se repelen:

2.º Dos corrientes cruzadas se atraen cuando se acercan ó se alejan juntas del punto de encuentro;

3.º Dos corrientes cruzadas se repelen cuando una se acerca y otra se aleja del punto de encuentro;

4.º Dos porciones consecutivas de una sola corriente rectilínea se repelen.

5.º Una corriente sinuosa tiene la misma acción que una corriente rectilínea terminada en los mismos puntos.

Solenoides.—Un *solenoid* se forma de un conjunto de corrientes circulares iguales cuyos planos son perpendiculares á un solo eje que pasa por sus centros.

Ese aparato se obtiene enrollando en hélice un hilo metálico A B (fig. 234)

Se lo coloca sobre un pie el cual le permite girar alrededor de un eje vertical M N.

Los solenoides pueden asemejarse á los imanes; tienen dos polos cuyas atracciones y repulsiones siguen las leyes de los imanes. Se orientan bajo la acción del magnetismo terrestre, y un solenoide y un imán producen además entre sí los mismos fenómenos que dos imanes ó dos solenoides.

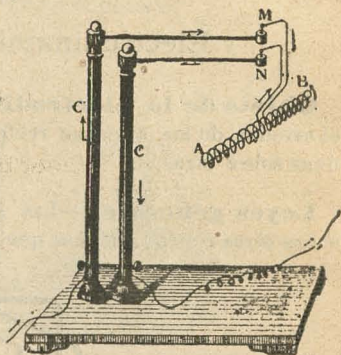


Fig. 234.—Solenoid

Corrientes de inducción.—Se llaman *corrientes de inducción* las corrientes que se originan en circuitos metálicos, bajo la influencia de causas extrañas al circuito. Se puede poner de ma-

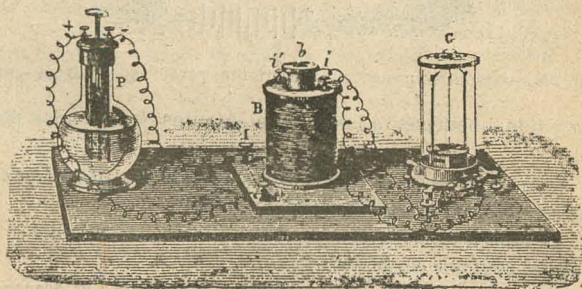


Fig. 235.—Producción de las corrientes inducidas.

nifiesto la producción de las corrientes de inducción por medio del aparato que sigue (fig. 235)

1.º Siendo B un carrete que comunica por los dos topes I, I', con

los polos de la pila P; siendo *b* otro carrete colocado en el interior del primero, y comunicando por medio de los toques *i*, *i'* con un galvanómetro G, se nota que si se hace pasar una corriente por B, al instante se manifiesta una corriente muy corta en el circuito *b*; esa corriente se produce bajo la *influencia* de la de B, por lo cual se la llama *corriente inducida*; la de B toma el nombre de *corriente inductora*.

Si se interrumpe entonces la corriente en el carrete B, se produce una nueva corriente inducida en el carrete *b* pero de sentido contrario á la primera.

Estando separado los dos carretes y la corriente de la pila pasando por el carrete B, se introduce bruscamente el carrete *b* en el primero; se nota en *b* una corriente inducida. Se espera después que la aguja del galvanómetro vuelva al cero, y luego se retira bruscamente el carrete *b*: se nota entonces que lo atraviesa una corriente inducida de sentido contrario á la precedente.

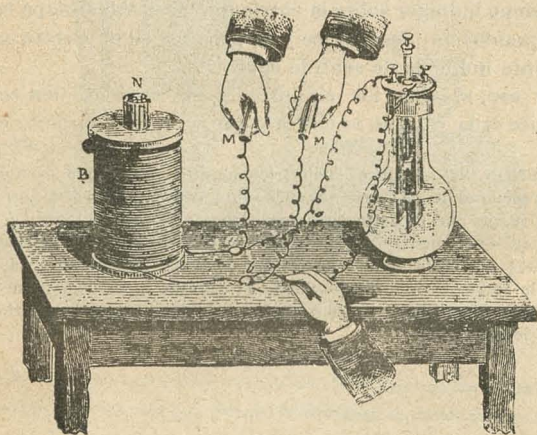


Fig. 236.—Producción de las corrientes al abrir y cerrar el circuito.

La corriente inducida es de sentido contrario á la corriente inductora: 1.º cuando se *cierra el circuito* B; 2.º cuando se *introduce*

el *carrete b* en el *carrete B*; 3.º cuando se aumenta la intensidad de la corriente inductora.

Se produce una corriente inducida de mismo sentido que la corriente inductora: 1.º cuando se abre el *circuito B*; 2.º cuando se saca el *carrete b* del *carrete B*; 3.º cuando se disminuye la intensidad inductora.

Las corrientes inducidas duran poco, pero son generalmente muy intensas.

2.º Al tomar un imán como inductor, se obtienen los mismos resultados. Así al unir solamente las dos extremidades del hilo de un *carrete* hueco con un galvanómetro, se desarrolla en él una corriente inducida si se introduce un imán en el *carrete*, ó solamente cuando se le acerca. Se obtiene una nueva corriente inducida de sentido contrario á la anterior cuando se saca el imán ó que se lo aleja del *carrete*.

Cuando se hace pasar una corriente en un *carrete* que contiene un haz de alambres de hierro dulce (fig. 236), el haz se imanta y obra como inductor sobre la corriente. Si se interrumpe la corriente la imantación desaparece y se produce en el *carrete* una nueva corriente inducida de sentido contrario.

Por eso, al tocar los cilindros *M*, *M'*, se siente una conmoción eléctrica cada vez que se cierra y que se abre el *circuito* en *b*.

CUESTIONARIO.—¿Qué es la electricidad dinámica?—¿Qué leyes generales rigen las acciones de las corrientes unas sobre otras?—¿Cómo se forma un solenoide?—¿Con qué pueden asemejarse los solenoides?—¿Qué se llaman corrientes de inducción?—Por medio de los *carretes*.—¿cómo se enseña la producción de las corrientes inducidas?—Con relación á la corriente inductora.—¿cuál es el sentido de la corriente inducida?—¿Puédese tomar un imán como inductor?—¿Cuál es el efecto de un hierro dulce sobre la corriente que atraviesa periódicamente el hilo de un *carrete*?

CAPÍTULO V

Máquinas de inducción

Las MÁQUINAS DE INDUCCIÓN producen una corriente eléctrica por medio de un trabajo mecánico y el intermediario de la inducción. Las hay de dos clases: las máquinas *magnetoeléctricas*, en las cuales el inductor es un imán permanente; y las máquinas *dinamoeléctricas*, en las cuales el inductor es un *electroimán*.

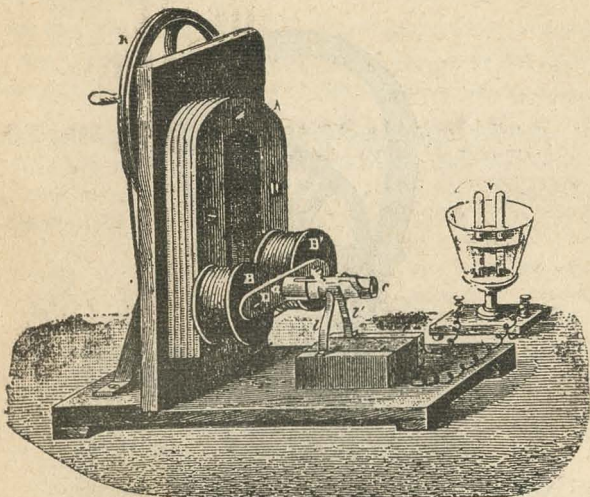


Fig. 237.—Máquina de Clarke

A, imán; B, B', carretes móviles; D, varilla de hierro que une sus núcleos; a c, eje de rotación; ll' resortes que recogen la corriente; R, rueda con manubrio y correa.

Máquinas magnetoeléctricas.—Las máquinas *magnetoeléctricas* se forman de un imán poderoso que hace el papel de inductor, y de un carrete en que se producen las corrientes: una

de esas partes se mueve con un movimiento de rotación de modo que varía su distancia de la otra. Se producen entonces corrientes inducidas que se pueden recoger.

Los aparatos particulares, llamados *conmutadores* permiten enderezar las corrientes inversas, y así transformar las corrientes *alternativas* en corrientes *continuas*.

Las principales máquinas magnetoeléctricas son la máquina de Clarke y la de Gramme.

La *máquina de Clarke* (fig. 237) se compone de un imán poderoso en forma de herradura A, ante cuyos polos dos carretes B y B' se mueven con un movimiento rápido de rotación alrededor del eje

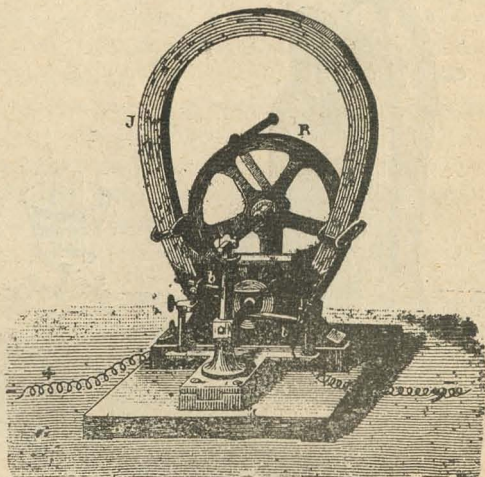


Fig. 238.—Máquina de Gramme

J, imán de Jamin; T, sus armaduras; A, anillo de Gramme; b, b', escobas;

R, grande rueda dentada y su manija.

a c. Por un efecto de su movimiento los dos carretes están recorridos por corrientes alternativas de sentido contrario. El eje de rotación a c está formado de tal manera que las corrientes de mismo sentido están recogidas unas por la lámina l, y otras por la lámina l'.

La *máquina de Gramme* (fig. 238) está formada por un haz de láminas imantadas de acero, encorvadas en forma de herradura, entre cuyos polos gira un anillo, llamado *anillo de Gramme*.

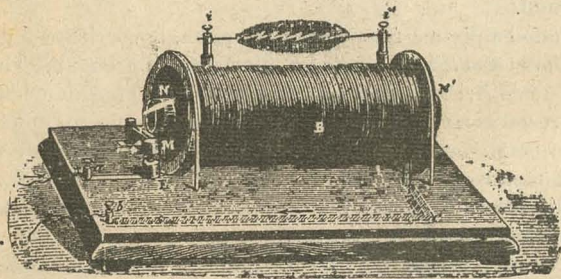
El anillo de Gramme se compone de una corona de alambres de hierro dulce cuyas extremidades comunican con carretes de hilo conductor.

Al imprimir un rápido movimiento de rotación al anillo A, los carretes se acercan y alejan alternativamente de los polos del imán J, cuya acción junta con la del haz de alambre que forma los ejes del carrete, desarrolla en el hilo de éstos corrientes alternativas directas ó inversas.

Dos escobas metálicas b y b' , convenientemente colocadas recogen una las corrientes directas y otra las corrientes inversas, y hacen por lo tanto el papel de polos de una pila.

Máquinas dinamoeléctricas.—En las máquinas *dinamoeléctricas*, el inductor es un *electroimán*; esas máquinas se utilizan en la industria para el alumbrado eléctrico y la galvanoplastia, son *reversibles*, es decir que si se hace pasar la corriente produci-

(1)



da por una de esas máquinas activada por un motor, en el inductor de una máquina semejante, la corriente inductiva de ésta se mueve pudiendo servir de motor á su vez: esta propiedad permite transportar las fuerzas á distancias.

Carrete de Ruhmkorff (fig. 239).—El *Carrete de Ruhmkorff* es una máquina de inducción formada por un carrete doble; en el circuito interior del alambre grueso y corto pasa la corriente

(2)

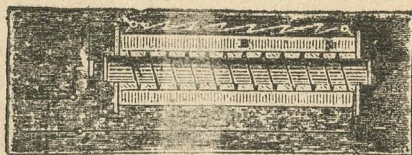


Fig. 239.—Carrete de Ruhmkorff

1. Disposición del aparato; B, carrete de dos hilos; NN núcleo de hierro dulce; *a*, *b*, topes del hilo inductor; *i*, *i'* topes del hilo inducido; M, martillo; E, yunque *b c*, una extremidad del hilo grueso.

2. Marcha de la corriente en el carrete y juego del interruptor M.

inductiva; en el carrete exterior de hilo fino y largo se producen las corrientes inducidas.

El *carrete* (1) de *Ruhmkorff* puede considerarse también como un *transformador* porque sirve para transformar la corriente de una pila, es decir, una corriente de potencial débil y gran intensidad en una corriente de intensidad débil, pero de potencial sumamente elevado.

Cuando empieza á funcionar la máquina, la corriente inductora llega por el alambre *a*, pasa por el martillo M é imanta el haz de hierro dulce N; se produce entonces una corriente inducida en el alambre del carrete B. Pero entonces el haz de hierro dulce atrae el martillo M; sucede por lo tanto que queda interrumpido el circuito inductor en E, y se produce en el alambre del carrete otra corriente inducida. La imantación del hierro dulce habiendo acabado por interrumpirse en el circuito inductor, el martillo vuelve á su primera posición, y el circuito inductor quedando interrumpido de nuevo, empieza el fenómeno.

Esas alternativas de abrir y cerrar la corriente inductora se repiten indefinidamente y con rapidez. Si hay algún pequeño espacio

1. Las palabras *Carrete* y *bobina* son sinónimas, pero la primera es genuina de la lengua de Cervantes.

entre los conductores fijos en los topes i é i' en que acaba el hilo inducido, la corriente directa sólo pasa y produce chispas.

Teléfono.—El *teléfono* es un aparato que transmite el sonido á lo lejos.

Se funda en fenómenos de inducción.

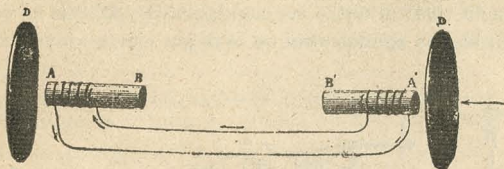


Fig. 240.—Principio del teléfono

El *teléfono* (fig. 240) comprende esencialmente dos placas metálicas D, D', muy delgadas, que pueden vibrar bajo la acción de un aparato de inducción compuesto de las barras imantadas AB y A'B', un *hilo telegráfico* completa el circuito.

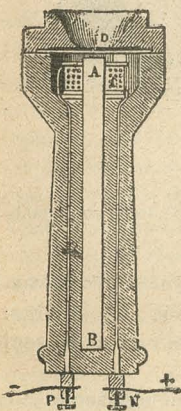


Fig. 241.—Teléfono

AB, barra de hierro dulce
C, carrete de hilo conductor que comunica con los polos de una pila por los topes P y N; D, placa vibrante.

Si se habla delante de la placa D, ésta vibra, se acerca ó se aleja del imán A y así, modifica el estado magnético de esa barra, se producen entonces en AB corrientes inducidas que modifican el estado magnético del imán A' y hacen vibrar la placa D'. Las vibraciones de D se reproducen pues en D'.

La placa vibrante y el aparato de inducción están fijos en un estuche de madera ó de metal. La parte superior tiene un pabellón cuyo objeto es concentrar los sonidos sobre la placa metálica.

Se obtiene un aparato más sensible cuando se introduce en el teléfono precedente una fuente de electricidad dinámica: el sistema de inducción, carrete y barra, funciona entonces como un electroimán. Uno de los más empleados es el *teléfono de Bell* (fig. 241).

Microfono (fig. 242). Se llama *microfono* un aparato inventado por Hughes cuyo objeto es modificar la intensidad de las corrientes, introduciendo en el circuito algunas resistencias producidas por piezas que vibran bajo la acción de los sonidos.

Se compone del circuito de una pila en que se interpone un teléfono T y un lápiz de carbon C.

Este queda vertical entre las cavidades D y D' que reciben sus dos extremidades agudas aunque le dejan cierta movilidad.

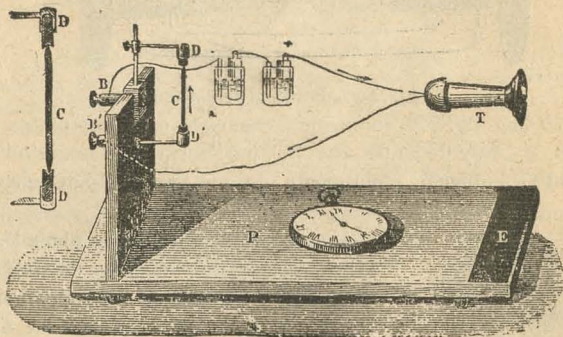


Fig. 242.—Microfono de Hughes

C, lámina de carbón que descansa libremente en D D'; T, teléfono; P, tabla en que se pone el cuerpo sonoro

Las vibraciones que se producen cerca del aparato modifican la posición del carbón, y por lo tanto la resistencia del circuito; lo que se traduce en el teléfono por una intensidad mayor del sonido primitivo.

Se aumenta la sensibilidad del microfono reemplazando el carbón único por varios carbones: los efectos de cada carbón se suman para producir vibraciones mayores en la intensidad de la corriente.

Paso de las chispas al través de los gases rarefactos.—Las descargas de un carrete de Ruhmkorff al través de

los gases rarefactos producen efectos muy variados, según el grado de rarefacción del gas.

Tubos de Geissler.—Un tubo de Geissler es un tubo de vidrio que contiene un gas rarefactor y en el cual se puede hacer pasar una corriente de inducción. Al efecto la envoltura del tubo se halla atravesada en sus extremos por hilos de platino que rematan interiormente en sendos discos y pueden unirse con el carrete de Ruhmkorff. El *electrodo negativo* se llama *cátodo* y el *electrodo positivo*, *ánodo*.

La descarga eléctrica atraviesa el gas con tal que esté bastante rarefacto. Entonces el tubo se ilumina en toda su extensión: su color y su brillantez dependen de la naturaleza del gas, de su presión y de la forma del tubo.

En cuanto se reduce la presión interior á 2 ó 3 milímetros, la columna luminosa se *estratifica*, es decir, que se subdivide en una serie de zonas alternativamente brillantes y oscuras.

Para una presión todavía menor, la región vecina del cátodo se oscurece y la columna luminosa se achica más y más al paso que va disminuyendo la presión.

Tubo de Crookes.—Un tubo de Crookes es una ampolla de vidrio que contiene un gas en extremo rarefacto y cuya presión es inferior á un milésimo de milímetro.

Esta ampolla está provista de dos electrodos lo mismo que el tubo de Geissler, pero el ánodo y el cátodo pueden atravesar la envoltura en dos puntos distintos cualesquiera.

Cuando las descargas eléctricas atraviesan el tubo de Crookes, la ampolla queda oscura excepto en la región opuesta al cátodo en donde el vidrio se pone fluorescente.

Llámanse *rayos catódicos* la radiaciones que dimanan del cátodo, se propagan en línea recta y proyectan un brillo verdoso sobre la pared opuesta. Esta región fosforescente es independiente de la posición del *ánodo*.

Los rayos catódicos son atraídos ó repelidos por los polos de un imán; pueden poner en movimiento un molinito de mica instalado en medio de la ampolla.

Rayos X.—*Fotografía de lo invisible.* Los rayos X, descubier-

tos por Roentgen en 1895 son radiaciones *invisibles* que se esparcen en el aire al rededor de un tubo de Crookes en actividad.

Estos rayos tienen la propiedad de impresionar las placas fotográficas y de volver luminosos los cuerpos fluorescentes tales como el espató de Islandia, el vidrio de uranio, el sulfuro de calcio, el platinocianuro de bario, etc...

Esta última propiedad es el principio de la *radiografía* y de la *radioscopia* de los objetos invisibles.

Radiografía.—La *radiografía* es la producción de imágenes fotográficas al través de los cuerpos opacos para la luz. Se puede, por ejemplo, *radiografiar* el esqueleto de una persona viva. Supongamos, para fijar las ideas, que se trate de fotografiar los huesos de la mano. Basta interponer esta mano entre un tubo de Crookes en actividad y una placa sensible encerrada en un bastidor de madera ó cubierta de papel negro.

Los rayos X atraviesan las carnes, la madera, el papel y llegan á la placa sensible que impresionan pero una parte de ellos es detenida por los huesos que, por decirlo así, solo proyectan su sombra sobre la placa fotográfica.

Empero no se reduce tan sólo la radiografía á obtener una mera silueta: en efecto, el espesor de los huesos varía y con él su opacidad, siendo por lo tanto la sombra de las partes delgadas menos marcada que la de las partes de más relieve.

Radioscopia.—La *radioscopia* consiste en observar sobre una pantalla iluminada por los rayos X la proyección de los cuerpos que no se dejan atravesar por estos mismos rayos.

Se pueden así observar cuerpos envueltos y completamente invisibles: por ejemplo objetos metálicos encerrados en una caja ó aún los huesos de la mano, etc., etc.

Basta para esto interponer el objeto que se tiene que examinar entre la ampolla de Crookes y una pantalla barnizada con platinocianuro de bario. La pantalla se ilumina con resplandor verdoso sobre el cual se diseña la sombra proyectada por los cuerpos opacos para los rayos X.

Se utilizan los rayos X en cirugía para examinar la fractura de los huesos y reconocer la posición de los objetos metálicos que pudieran hallarse en el cuerpo humano.

Los aduaneros pueden con este auxilio explorar el fondo de los baúles sin abrirlos.

CUESTIONARIO.—¿Con qué se forman las máquinas magnetoeléctricas?—¿Para qué sirven los conmutadores?—¿Cuáles son las principales máquinas magnetoeléctricas?—Dad de ellas una breve reseña.—¿Qué se toma por inductor en las máquinas dinamoeléctricas?—¿Para qué sirven esas máquinas?—Describid la máquina de Ruhmkorff y explicad su funcionamiento.—¿Qué es el teléfono?—¿En qué principio se funda su construcción?—¿Qué es el micrófono?—¿Cómo está construido?—¿Qué es el radiador de Hertz?—¿En qué consiste el radio conductor de Branly y cuáles son sus propiedades?—¿De qué se compone el telégrafo de Marconi?—¿Explíquese el funcionamiento de este aparato?—¿Qué sabe Vd. de los tubos de Geissler?—¿del tubo de Crookes?—¿Qué se llaman rayos catódicos?—¿Rayos X?

INDICE ANALÍTICO DE LAS MATERIAS

NOCIONES PRELIMINARES

I. Definiciones.....	3
II. Los tres estados de los cuerpos.....	5
III. Propiedades generales de los cuerpos.....	7

PRIMERA PARTE

Nociones de Mecánica

CAPITULO I		CAPITULO III	
Fuerzas	13	Centro de Gravedad.— Equilibrio de los cuer pos	31
Movimiento.....	17		
CAPITULO II		CAPITULO IV	
Atracción—Gravedad—Caí- da de los cuerpos.....	22	Máquinas—Palancas—Po leas.....	35
		CAPITULO V	
		Balanzas.....	43

SEGUNDA PARTE

Hidrostática

CAPITULO I		CAPITULO IV	
Presiones ejercidas por los líquidos.....	48	Densidades.....	65
CAPITULO II		CAPITULO V	
Vasos comunicantes.....	56	Propiedades de los gases..	71
CAPITULO III		CAPITULO VI	
Principio de Arquimedes.	61	Barómetros.....	77

CAPITULO VII		CAPITULO IX	
Compresibilidad de los gases.....	82	Bombas.....	92
CAPITULO VIII		CAPITULO X	
Principio de Arquimedes aplicado á los gases.....	87	Sifón.....	96
		CAPITULO XI	
		Máquina neumática.....	99

TERCERA PARTE

Calor

CAPITULO I		CAPITULO VI	
Dilatación de los cuerpos.....	104	Ebullición.....	134
CAPITULO II		CAPITULO VII	
Termómetros.....	109	Higrometría.....	139
CAPITULO III		CAPITULO VIII	
Propagación del calor.....	115	Máquinas de vapor.....	142
CAPITULO IV		CAPITULO IX	
Fusión.—Solidificación.—Disolución.....	122	Climatología y meteorología.....	150
CAPITULO V			
Formación de los vapores —Evaporación.....	128		

CUARTA PARTE

Acústica

CAPITULO I.		CAPITULO II	
Introducción y propagación del sonido.....	155	Cualidades del sonido.....	160

CAPITULO III

Vibraciones de las cuerdas.—Tubos sonoros.....	166
--	-----

QUINTA PARTE

Óptica

CAPITULO I	CALITULO III
Propagación y reflexión de la luz.....	171
CAPITULO II	Principales instrumentos de óptica.....
Refracción de la luz.....	179
	188

SEXTA PARTE

Electricidad estática y Magnetismo

CAPITULO I	CAPITULO IV
FENÓMENOS FUNDAMENTALES	Máquinas eléctricas.....
Generalidades	196
CAPITULO II	CAPITULO V
Manantiales de Electricidad.....	199
CAPITULO III	Condensación eléctrica....
Desarrollo de la electricidad por influencia.	207
	218
	CAPITULO VI
	Electricidad atmosférica..
	228
	CAPITULO VII
	Magnetismo.....
	234

SEPTIMA PARTE

Electricidad dinámica

CAPITULO I	CAPITULO II
Pilas eléctricas.....	242
	Efectos principales de las corrientes
	251

CAPITULO III

Electro-magnetismo..... 257

CAPITULO IV

Electrodinámica. —Induc-
ción..... 269

CAPITULO V

Máquinas de inducción..... 273

Se hallan en el mismo establecimiento:

Cuadros de Lectura, Caligrafía y Numeración.

Sílabario y Primer Libro de Lectura

Compendio de la Vida de N. S. Jesucristo.

Historia Sagrada.

Gramatiquilla Infantil (Con numerosos ejercicios prácticos).

Cálculo sobre las cuatro operaciones.

Aritmética (curso medio).

Aritmética (curso superior) con algunas nociones elementales de Algebra.

Geometría Elemental, aplicada al dibujo lineal.

Frances (curso medio).

Epítome de Geografía

Cuadernos cartográficos.

Curso abreviado de Dibujo geométrico (I y II cuadernos).

Historia Natural (curso medio).

Física (curso medio).

Química, (curso medio) (En preparación).

Directorio Pedagógico: (En preparación).

