



H. E. C.



FÍSICA

CURSO MEDIO

CABAUT Y C^{ÍA}

EDITORES

FÍSICA

2/3-
H. E. C.

Dupl. del
Nº 28.040

FÍSICA

(CURSO MEDIO)

año 1936

CUARTA EDICIÓN, AMPLIADA

Sección Infantil



BUENOS AIRES

CABAUT y Cía., Editores

"Librería del Colegio" — Alsina y Bolívar

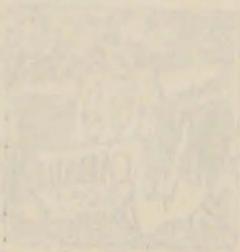
1930

BIBLIOTECA NACIONAL
DE MAESTROS

FISICA

CURSO MEDIO

1911



DERECHOS RESERVADOS:

Leyes 7092 y 9510

ÍNDICE ANALÍTICO DE LAS MATERIAS

NOCIONES PRELIMINARES

I. — Definiciones	1
II. — Los tres estados de los cuerpos	2
III. — Propiedades generales de los cuerpos	4

PRIMERA PARTE

Nociones de mecánica.

CAPÍTULO	I. — Generalidades sobre el movimiento y las fuerzas	7
»	II. — Caída de los cuerpos	16
»	III. — Equilibrio de los cuerpos	23
»	IV. — Máquinas	28
»	V. — La Balanza	36

SEGUNDA PARTE

Hidrostática.

CAPÍTULO	I. — Presiones ejercidas por los líquidos...	41
»	II. — Vasos comunicantes	48
»	III. — Principio de Arquímedes	52
»	IV. — Densidades	57
»	V. — Propiedades de los gases	63
»	VI. — Barómetros	69
»	VII. — Ley de Mariotte. — Manómetros	74
»	VIII. — Principio de Arquímedes aplicado a los gases	79
»	IX. — Bombas	86
»	X. — Máquinas neumáticas	92

TERCERA PARTE

Calor.

CAPÍTULO	I. — Dilatación de los cuerpos	97
»	II. — Termómetros	101
»	III. — Coeficientes de dilatación	107
»	IV. — Propagación del calor	112
»	V. — Fusión. — Solidificación. — Disolución.	118
»	VI. — Formación de los vapores. — Evapo- ración	123
»	VII. — Ebullición.—Condensación.	128
»	VIII. — Higrometría	133
»	IX. — Máquinas de vapor	136
»	X. — Calorimetría. — Equivalencia del tra- bajo y del calor	143
»	XI. — Nociones de climatología y de meteoro- logía	148

CUARTA PARTE

Acústica.

CAPÍTULO	I. — Producción y propagación del sonido ..	153
»	II. — Cualidades del sonido	158
»	III. — Vibraciones de las cuerdas.—Tubos sonoros	163

QUINTA PARTE

Electricidad estática y magnetismo.

CAPÍTULO	I. — Fenómenos fundamentales	167
	I. Desarrollo de la electricidad estática por el frotamiento	168
	II. Distribución de la electricidad estática sobre los conductores	172
»	II. — Influencia eléctrica. — I. Desarrollo de la electricidad por influencia	177
	II. Máquinas eléctricas	181

CAPÍTULO III. — Condensación eléctrica	186
» IV. — Descargas eléctricas	192
» V. — Magnetismo	200

SEXTA PARTE

Electricidad dinámica.

CAPÍTULO I. — Pilas eléctricas	207
» II. — Principales efectos de las corrientes ...	215
» III. — Electromagnetismo. — I. Acción de las corrientes sobre los imanes	220
» II. Telegrafía eléctrica	223
» IV. — Electrodinámica. — Inducción	231
» V. — Máquinas de inducción	235

SÉPTIMA PARTE

Óptica.

CAPÍTULO I. — Propagación y reflexión de la luz	241
» II. — Refracción de la luz. — Principios generales.....	249
» II. Lentes específicas	251
» III. Prismas	254
» III. — Principales instrumentos de óptica....	258

FÍSICA

NOCIONES PRELIMINARES

I. — Definiciones.

1. Objeto de la Física. — *La FÍSICA es la ciencia que estudia: 1° las propiedades generales de los cuerpos; 2° los fenómenos que no alteran su naturaleza y que sólo hacen sufrir a sus propiedades modificaciones transitorias.*

Estudia estos fenómenos con la observación y el experimento, y se propone indagar sus causas, sus efectos y las leyes que los rigen.

2. Cuerpos. — Llámanse cuerpo u objeto material, todo cuanto impresiona nuestros sentidos y ocupa un lugar en el espacio.

Los agentes físicos como el calor, la luz, la electricidad, no son cuerpos: impresionan nuestros sentidos por intermedio de los cuerpos.

3. Fenómenos. — *Llámanse fenómeno cualquiera modificación de las propiedades de los cuerpos.*

1. *Un fenómeno químico es el que altera la naturaleza del cuerpo y modifica sus propiedades de un modo permanente.*

Ej.: La combustión del azufre: el azufre quemado no es azufre, sino un cuerpo vaporoso de constitución diferente. La oxidación del hierro: el hierro oxidado ya no tiene las propiedades del hierro.

2. *Un fenómeno físico es el que no altera la naturaleza del cuerpo, y no modifica sus propiedades, sino accidentalmente y por un tiempo.*

Ej.: La caída de una piedra, la ascensión de un globo, las variaciones de la temperatura, la ebullición del agua, etcétera.

4. Observación. Experimento. — *Observar* un fenómeno es examinar atentamente todos sus pormenores, tales como se producen en la naturaleza.

Hacer un *experimento* es provocar la reproducción de un fenómeno para estudiarlo y reconocer la influencia de las circunstancias que lo preparan o acompañan.

5. Leyes físicas. — *Llámanse ley física la relación invariable que existe entre un fenómeno físico y la causa que lo produce.*

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

6. Teorías e hipótesis. — Una *teoría física* es la explicación sistemática de todos los fenómenos que se relacionan con un mismo principio o una misma hipótesis.

UN PRINCIPIO es una proposición fundamental de la cual pueden deducirse, como consecuencias, un gran número de hechos particulares.

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: los más de los descubrimientos han empezado con hipótesis, que luego se han transformado en principios bien demostrados.

II. — Los tres estados de los cuerpos.

7. Hipótesis molecular. — Se admite que la materia o substancia de los cuerpos está formada de una infinidad de partículas sumamente pequeñas, que dejan entre sí espacios vacíos.

Estos elementos aislados se llaman *moléculas*, y los vacíos que los separan, *intervalos intermoleculares*.

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.

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

(a) Los *cuerpos sólidos* son los que poseen una forma y un volumen determinado. Se caracterizan por la *cohesión* o fuerza que mantiene unidas a las moléculas de un mismo cuerpo.

(b) Los *cuerpos líquidos* son los que poseen un volumen propio, pero no tienen forma determinada; toman la del vaso que los encierra.

Sus moléculas tienen muy poca cohesión y ruedan fácilmente, unas sobre otras, por cuya razón se amoldan exactamente a los vasos que los contienen.

(c) Los *cuerpos gaseosos* son los que no poseen forma ni volumen determinados.

Son *expansivos* y sus moléculas parecen repelerse unas a otras; por eso los gases tienden a ocupar el mayor espacio posible.

Flúidos (fluere = correr) son los cuerpos que no tienen forma propia; es decir, los líquidos y los gases.

9. Cambios de estados. — Un mismo cuerpo puede existir en los tres estados. Así, por ejemplo, el agua puede solidificarse y formar hielo, o evaporarse y formar un gas invisible. Lo mismo sucede con casi todos los cuerpos.

10. Transiciones entre los tres estados. — 1. Entre el estado sólido más duro y el estado líquido más flúido, puede haber muchos estados intermedios. Cuando se calienta gradualmente acero templado hasta una temperatura muy elevada, el acero se vuelve flúido. Ciertos cuerpos existen naturalmente en estado de líquidos *viscosos* o *pastosos*, como el aceite, la manteca, el alquitrán.

2. Se da el nombre de *vapores* a los cuerpos gaseosos que se

acercan al estado líquido. Así, se dice: vapor de agua, vapor de azufre. La nubecilla que sale de una caldera de agua hirviente no se halla todavía en estado gaseoso, y si es visible, es precisamente a causa de las pequeñas moléculas líquidas arrastradas con ella: esta nube pasa, realmente, al estado de vapor, cuando se vuelve invisible.

III. — Propiedades generales de los cuerpos.

11. Propiedades generales de los cuerpos son las que son comunes a todos los cuerpos, sólidos, líquidos o gaseosos. Se dividen en tres categorías:

1ª Propiedades *geométricas*: extensión e impenetrabilidad.

2ª Propiedades *mecánicas*: movilidad e inercia.

3ª Propiedades *físicas*: divisibilidad, porosidad, compresibilidad y elasticidad.

12. Propiedades particulares son las que son peculiares de ciertos cuerpos, como el color, el olor, la solidez, etcétera.

13. Extensión. — La *extensión* es la propiedad que poseen los cuerpos de ocupar una porción del espacio.

Puédesela considerar bajo tres dimensiones: longitud, anchura y altura o profundidad.

La porción del espacio ocupada por un cuerpo se llama *volumen* de ese cuerpo.

14. Impenetrabilidad. — La *impenetrabilidad* es la propiedad que posee un cuerpo de excluir a cualquier otro del puesto que ocupa. Una piedra no se sumerge en el agua sin tomar el puesto de las moléculas de agua que mudan de sitio.

Penetración aparente. — Cuando un vaso está lleno de arena, se puede todavía echar cierta cantidad de agua, sin aumentar el volumen aparente de la arena. Por la misma razón, la mezcla de un litro de alcohol con otro de agua, no da dos litros en volumen.

15. Divisibilidad. — *La divisibilidad es la propiedad de la materia en virtud de la cual puede ser dividida en partículas muy pequeñas.* Una gota de disolución de fucsina colorea grandes cantidades de líquido; un granito de almizcle despidе olor durante varios años, sin que disminuya sensiblemente de peso.

16. Partículas, moléculas, átomos. — Un estudio profundizado de los fenómenos químicos, induce a admitir que la divisibilidad de los cuerpos no es indefinida. Existe cierto límite que no se puede pasar sin que el cuerpo cambie de naturaleza. Este límite es la molécula.

1. *Se llama molécula de un cuerpo a la más pequeña partícula de este cuerpo que pueda existir en 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.

2. *Una molécula de un cuerpo compuesto está constituida por un grupo de moléculas de varios cuerpos simples.* Así, p. ej., el agua es una combinación de oxígeno e hidrógeno. Si una molécula de agua se divide en dos partes, ya no es agua sino una *mezcla* de oxígeno e 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.

3. En una palabra, los átomos son los últimos elementos de la materia y son impenetrables. Se reúnen para formar las moléculas de los cuerpos simples; éstas se combinan para formar las moléculas de los cuerpos compuestos. Por fin, las moléculas de un cuerpo cualquiera, reunidas en gran número, forman partículas más o menos voluminosas.

17. Porosidad. — *La porosidad en un cuerpo resulta de los espacios que separan sus moléculas.* Hay que distinguirla de la permeabilidad, la cual es debida a los huecos o *poros* naturales o accidentales que existen en algunos cuerpos, apellidados cuerpos *porosos* (carbón vegetal, piedra pómez).

El agua comprimida atraviesa el plomo, el oro.

El hierro y 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 pone en evidencia con la contrac-

ción de ciertas mezclas: un litro de agua y un litro de alcohol no dan dos litros de mezcla, porque las moléculas del alcohol se alojan en los vacíos intermoleculares del agua.

Los cuerpos porosos se hinchan por imbibición. — Por esto las ventanas se abren y se 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.

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

Los líquidos y los gases son perfectamente elásticos en cuanto al volumen; los sólidos tienen una elasticidad limitada, más allá de la cual se deforman definitivamente y acaban por romperse.

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

19. Compresibilidad. — *La compresibilidad es la propiedad que poseen los cuerpos de disminuir de volumen por la acción de una presión:* es una consecuencia de la porosidad. Así, la aleación de las monedas disminuye de volumen por la acción de la prensa monetaria. Un clavo no penetra en la madera sino comprimiendo las hebras vecinas.

Los líquidos son muy poco compresibles, mientras que lo son mucho los gases.

PREGUNTAS — ¿Qué es física? ¿Qué es cuerpo?

¿Qué es fenómeno físico, químico? ¿Qué es observación? experimento?

¿Qué es ley física? teoría? principio? hipótesis? ¿En qué consiste la hipótesis molecular?

¿Cuáles son los tres estados de los cuerpos? ¿Qué es sólido? líquido? gas? ¿A qué se llama cohesión? movilidad de los líquidos? expansibilidad de los gases? flúido? cuerpo viscoso? vapores?

¿Qué es entente por propiedades generales de los cuerpos? ¿Cómo pueden clasificarse estas propiedades y cuáles son?

¿Qué es extensión? impenetrabilidad? Cítese y explíquese una penetración aparente.

¿Qué es divisibilidad? Ejemplos. ¿Que es molécula? átomo? ¿Qué es porosidad? ¿Qué sucede si se mezclan dos volúmenes iguales de agua y de alcohol?

¿Qué es compresibilidad? elasticidad?

PRIMERA PARTE

NOCIONES DE MECÁNICA

CAPÍTULO I

GENERALIDADES SOBRE EL MOVIMIENTO Y LAS FUERZAS

I. — Movilidad e Inercia.

20. Movilidad. — *La movilidad es la propiedad que poseen los cuerpos de poder cambiar de lugar por la influencia de ciertas fuerzas.*

21. Reposo y movimiento. — Un cuerpo está en *reposo* cuando no cambia de posición; está en *movimiento* cuando ocupa sucesivamente diversas posiciones.

Para juzgar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo, se compara su posición, en diversos instantes, a la de otros cuerpos tomados como *puntos de partida*.

El reposo o el movimiento es *absoluto* o *relativo*: absoluto si los puntos de comparación están en reposo; relativo si estos puntos están en movimiento.

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

22. Inercia. — *La inercia es la propiedad de los cuerpos en virtud de la cual no pueden modificar de por sí su estado de reposo o de movimiento.*

Un cuerpo en reposo no puede moverse por sí solo, ni un cuerpo en movimiento puede por sí solo parar ni acelerar su movimiento, ni cambiar de dirección. La experiencia parece contradecir esta ley, pues llegan a pararse todos los cuerpos que movemos; pero eso proviene de causas extrañas a dichos cuerpos, tales como el roce, la resistencia del medio ambiente, etc. Cuanto más disminuamos esas resistencias, tanto más durará el movimiento; una bolita lanzada sobre un terreno quebrado se detiene al cabo de un instante, y va más lejos sobre un terreno más unido o 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 el movimiento con la velocidad que antes tenía, yendo uno a dar en el suelo con una fuerza tanto más grande cuanto más rápido fuere el movimiento.

Cuando una piedra cae de lo alto de un mástil en un navío en marcha viene a tocar el pie del mástil, porque no cesa, al caer, de participar al movimiento del navío.

23. Fuerza. — *Se llama fuerza a toda causa capaz de producir o de modificar un movimiento.*

La materia es inerte por sí misma, y todo cambio en la forma de un cuerpo, en su estado, posición, velocidad, dirección, etc., debe ser atribuído a una causa extraña.

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

24. Potencia y resistencia. — *Se llaman potencias las fuerzas que producen o aceleran un movimiento, y resistencias las que tienden a retener o retardar un movimiento.*

Entre estas últimas se distinguen:

1° *La resistencia del medio ambiente:* en el aire, una pluma de pájaro cae menos pronto que una bala de plomo por causa de la resistencia del aire.

2° *El roce:* los frenos de los coches y de los vagones son aplicaciones de esa propiedad.

Una misma fuerza puede obrar a veces como potencia y a veces como resistencia. Cuando se tira un cuerpo de abajo arriba, la pesantez principia por retardar y por anular su movimiento;

luego, después de haberlo hecho cambiar de dirección, lo acelera más y más a medida que la piedra cae.

25. 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 a 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 o sobre una superficie pulimentada.

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

26. Fuerza de inercia. — *Se llama fuerza de inercia la reacción que un cuerpo ejerce sobre toda acción que lo hace salir del reposo, o modifica su velocidad o 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, además, 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 navios, etc.

27. Fuerza centrífuga. — *Se llama fuerza centrífuga a la reacción que opone un cuerpo a las fuerzas que tienden a darle un movimiento curvilíneo.* Ella es la que echa el barro de las ruedas de los coches cuando corren.

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

La fuerza centrífuga también es la que vuelca 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 a 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.

II. — Movimientos.

28. Definición. — 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 alrededor de su centro), *elíptica* (revolución de la tierra alrededor del sol), *periódica* (péndulo de un reloj), etc.

Desde el punto de vista de la *ley* del movimiento, éste puede ser *uniforme* o *variado*.

29. Movimiento uniforme. — 1° *Un movimiento es uniforme cuando los espacios recorridos son proporcionales a los tiempos empleados en recorrerlos.*

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

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

P. 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.

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

1° Cuando la velocidad varía proporcionalmente al tiempo.

2° 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. Llámase 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).

* 31. **Movimiento producido por una fuerza constante.**—Una fuerza constante aplicada a 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 a la primera, de modo que la velocidad se vuelve $2v$. Después de tres segundos la velocidad es $3v$, etc.

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

32. 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, por ejemplo, para que un tren se mueva con una velocidad creciente, es preciso que la tracción de la locomotora sea superior a todas las resistencias pasivas y a 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 a la suma de todas las resistencias pasivas.

33. Equilibrio de las fuerzas. — Varias fuerzas aplicadas a un mismo cuerpo se equilibran cuando no tienen influencia sobre el estado de reposo o de movimiento del cuerpo.

III. — Fuerzas.

34. Definiciones. — Se llama fuerza toda causa capaz de producir o de modificar un movimiento.

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 relación entre dicha fuerza y otra tomada por unidad.

La unidad usual es el *kilogramo*. La intensidad de una fuerza es, pues, el número que mide esta fuerza en kilogramos. Ej.: una fuerza de 75 kilogramos.

Hoy la unidad de fuerza adoptada en física se llama *dina* (del griego, fuerza). La dina es igual a 0g000981, es decir, a casi un miligramo.

35. Medida de la intensidad de una fuerza. — Para medir las fuerzas se suele usar instrumentos llamados *dinamómetros*. La fuerza

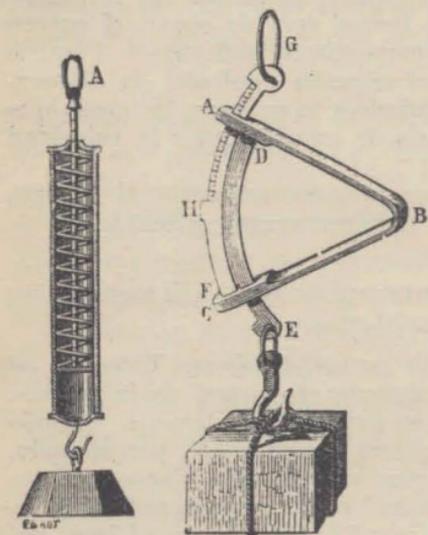


Fig. 1. — Dinamómetros.

aplicada en el dinamómetro hace experimentar a un resorte una flexión más o menos grande; la intensidad se lee en una escala graduada.

36. Representación de las fuerzas. — Se representa una fuerza por medio de una flecha cuya dirección indica la *dirección* de la fuerza.

La extremidad opuesta a la punta de la flecha es el *punto de aplicación* de la fuerza. La longitud de la flecha es proporcional a la *intensidad*; por ejemplo, cada centímetro o cada milímetro puede representar un kilogramo.

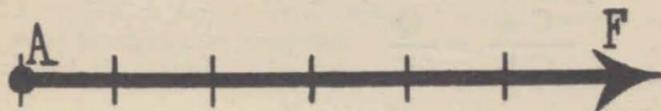


Fig. 2. — Representación de una fuerza.

Se llama *resultante de varias fuerzas* a la fuerza única que puede reemplazarlas todas.

37. Fuerzas que actúan sobre un mismo punto. — La resultante de varias fuerzas que actúan sobre un mismo punto en la misma dirección es igual a la suma algebraica de dichas fuerzas. Se toman como positivas las que obran en un sentido y como negativas las que obran en sentido contrario.

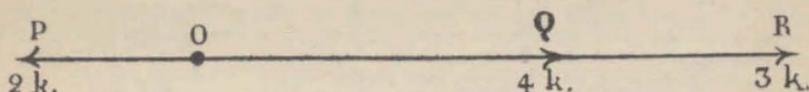


Fig. 3.

Así, (fig. 3) la resultante de las fuerzas PQR, que actúan sobre el punto O, es igual a:

$$4 + 3 - 2 = 5 \text{ kg. hacia la derecha.}$$

38. Fuerzas concurrentes. — La resultante de dos fuerzas concurrentes está representada por la diagonal del paralelogramo que se construye sobre esas fuerzas (fig. 4).

Así la resultante de las fuerzas A F, A F₁ es la diagonal A R.

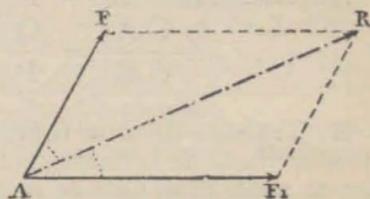


Fig. 4.

Composición de las fuerzas angulares.

39. Fuerzas paralelas de misma dirección. — *La resultante de dos fuerzas paralelas de misma dirección es paralela a esas fuerzas de misma dirección e igual a la suma de ellas.*

Su punto de aplicación divide la recta que une los puntos de aplicación de esas fuerzas en partes proporcionales a las intensidades de las componentes (fig. 5, M).

Se tiene pues $R = P + Q$

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

40. Fuerzas paralelas de direcciones opuestas. — *La resultante de dos fuerzas paralelas, de sentido contrario, es paralela a esas fuerzas, en dirección de la mayor e igual a su diferencia.*

El punto de aplicación de la resultante está en la prolongación de la recta que une los puntos de aplicación de las

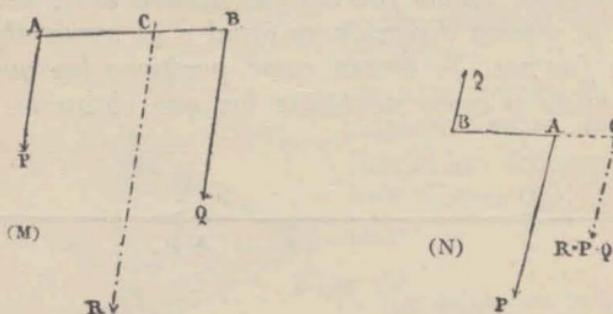


Fig. 5. - Composición de las fuerzas paralelas.

componentes en dirección de la mayor; sus distancias a los puntos de aplicación de las dos componentes son en razón inversa de las intensidades de esas fuerzas (fig. 5, N).

Se tiene pues $R = P - Q$

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

41. Trabajo de una fuerza. — 1° *Se llama trabajo de una fuerza el producto de la intensidad de esta fuerza por el camino descrito por su punto de aplicación en la dirección de la fuerza.*

Sea una fuerza F , cuyo punto de aplicación se ha movido de

una longitud e en la dirección de la fuerza. El trabajo T de esta fuerza es

$$T = F \cdot e$$

El trabajo de una fuerza es, pues, proporcional a dicha fuerza y al camino que hace recorrer a su punto de aplicación.

2° Si un cuerpo se halla solicitado por una potencia (o fuerza motriz) y por una resistencia (o fuerza resistente), la primera fuerza produce un *trabajo motor*, la segunda un *trabajo resistente*. Se supone que el cuerpo se mueve en dirección de la potencia y en dirección contraria de la resistencia.

3° *La unidad de trabajo es el trabajo efectuado por la unidad de fuerza sobre la unidad de longitud.*

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

El kilográmetro es el trabajo efectuado por una fuerza de 1 Kg. sobre una longitud de un metro.

En física, la unidad de trabajo es el ERG (del griego, *trabajo*).

El erg es el trabajo efectuado por una fuerza de una dina sobre una longitud de un centímetro.

Un kilogramo vale 981.000 dinas, el metro vale 100 centímetros, el kilográmetro vale, pues,

$$981.900 \times 100 = 98.100.000 \text{ erges.}$$

CUESTIONARIO. — ¿Cuándo está en reposo un cuerpo? — ¿Cuándo está en movimiento? — ¿Cuántas clases hay de movimiento y de reposo? — ¿Qué es la trayectoria? — ¿Qué formas puede tener? — Ejemplos. — ¿Qué causas pueden modificar el reposo o el movimiento? — ¿Qué es el movimiento uniforme? — ¿De qué resulta? — ¿Qué es el movimiento variado? — ¿Qué se llama aceleración? — ¿Qué es una fuerza? — ¿Con qué se caracteriza una fuerza? — ¿Cómo se representan las fuerzas? — ¿Qué se llama resultante de varias fuerzas? — ¿Cómo está representada la resultante de dos fuerzas angulares? — ¿Cuál es la intensidad y dirección de la resultante de dos fuerzas paralelas?: 1° de misma dirección; 2° de dirección opuesta? — ¿En dónde está su punto de aplicación para cada caso? — ¿Qué se llaman potencias y resistencias? — ¿Cuándo se dice que varias fuerzas se equilibran? — ¿Para qué sirven los dinamómetros? — ¿Cuál es el principio de la igualdad de la acción y de la reacción? Ejemplos. — ¿Qué es la fuerza centrífuga? Cítese aplicaciones. Cítese su fórmula. — ¿Qué se llama trabajo de una fuerza? — ¿Cuál es la unidad de trabajo? Definidla.

EJERCICIOS. — 1. Dos fuerzas iguales están aplicadas en el mismo punto.

Determinese con el cálculo y con una construcción gráfica, el valor de su resultante, suponiendo el ángulo que forman sucesivamente igual a 0°, — 60°, — 90°, — 120°, — 180°.

2. Las intensidades de dos fuerzas están representadas por 8 y 12 kgr.; el ángulo que forma es de 90°. Buscar su resultante.

3. Dos fuerzas paralelas de misma dirección tienen intensidad representadas por 5 y por 9, la distancia de su punto de aplicación es 2m,25. Determinar la intensidad y el punto de aplicación de su resultante.

4. En una recta, distantes de un metro, se aplican dos fuerzas paralelas de 5 Kg. y 3 Kg.; encontrar la resultante en su punto de aplicación: 1° las fuerzas tienen la misma dirección; 2° tienen dirección opuesta.

5. ¿Qué tensión sufre un alambre que soporta un peso de 100 Kg. al cual se imprime un movimiento rotatorio de 100 vueltas por minuto? El alambre tiene 0m50 de longitud ($g=9m,8$).

6. ¿Qué valor tiene la fuerza centrífuga que se ha desarrollado en una locomotora de 90 toneladas que corre por una curva de 500 m. de radio con una velocidad de 60 Km. por hora? ($g=9m,8$).

CAPÍTULO II

CAÍDA DE LOS CUERPOS

42. Atracción. — *La atracción es la propiedad que parecen poseer los cuerpos de atraerse unos a otros.*

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

43. Pesantez. — *La pesantez o gravedad es una fuerza que obra sobre todos los cuerpos atrayéndolos hacia el centro de la tierra. No es más que un caso particular de la atracción universal. (1)*

La pesantez de un cuerpo está caracterizada 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.

2º La *dirección de la pesantez* es la línea recta según la cual un cuerpo cae libremente; se llama *vertical*.

La vertical de un lugar es

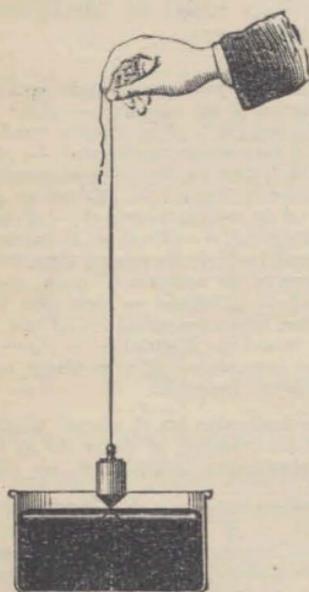


Fig. 6.—Dirección de la pesantez.

(1) La palabra *atracción* no es más que una expresión figurada para designar la *causa* desconocida de un *efecto* conocido. En realidad los cuerpos no se atraen puesto que la materia es inerte.

Decir que el imán *atrae* el hierro, significa simplemente que *todo sucede como si el imán atrajera al hierro*. Se puede decir lo mismo de cualquiera otra tesis explicativa. Por ejemplo, la existencia de las *moléculas* y de los *átomos* es hipo-

dada por la dirección de la *plomada* y es perpendicular a la superficie de las aguas estancadas.

Se la demuestra teniendo la plomada arriba de una cubeta de azogue (fig. 6); se nota que la prolongación del hilo concuerda con su imagen.

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

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

3º *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 peso del cuerpo.

Se mide el peso del cuerpo por medio de la balanza, del dinamómetro y de otros instrumentos (Nº 65 a 70).

44. Leyes de la caída 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.

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

2ª Ley o ley de las velocidades. *Las velocidades adquiridas por los cuerpos que caen libremente en el vacío son proporcionales a los tiempos transcurridos desde el origen de la caída.*

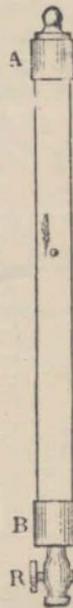


Fig. 7.
Tubo de Newton.

tética; pero todo sucede como si los átomos y las moléculas existieran realmente con las propiedades que se les atribuyen.

Parecería, pues, más racional el atribuir simplemente un nombre al efecto conocido; pero personificando la causa ignorada se crea un lenguaje cómodo y llamativo.

3ª Ley o ley de los espacios. *En el vacío, los espacios recorridos por los cuerpos que caen libremente son proporcionales a los cuadrados de los tiempos empleados en recorrerlos.*

Para verificar la primera ley se introduce en un largo tubo de cristal llamado tubo de Newton (fig. 7), 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 comprueban con la máquina de Atwood (pr. Atud).

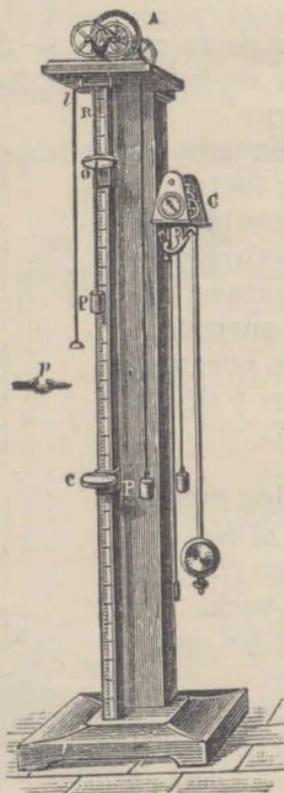


Fig. 8. — Máquina de Atwood.

A. Polea cuyo eje descansa sobre dos pares de ruedas móviles. — C. Cronómetro, con su péndulo. — O. Corredera anular; c, corredera maciza. — P. Masa grande; p, masa adicional.

45. Máquina de Atwood

— La máquina de Atwood tiene por objeto retardar la caída de un cuerpo para estudiar más fácilmente sus 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. 8); 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 a lo largo de una regla dividida y se busca dónde se debe colocar la corredera C para impedir la caída después de un segundo, dos segundos, etc.

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;

durante dos segundos, tres segundos, etc., se encontrarán números para los espacios recorridos que darán el cuadro siguiente:

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

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

Verificación de la ley de las velocidades. — La velocidad, siendo el espacio recorrido con un movimiento uniforme durante un segundo, basta colocar junto a la regla una corredera anular O que saque la masa adicional después de 1, 2, 3... segundos de caída y buscar dónde 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 (N° 29). Se saca entonces el siguiente cuadro:

TIEMPOS DE CAÍDAS	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
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.

Fórmulas. — En Buenos Aires, la aceleración debida a la acción de la pesantez es $9m8$: (1) ordinariamente se la representa por g .

(1) Exactamente, $9m7972$; en La Plata, $9m7974$.

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 o sea ese espacio, reemplazar en las fórmulas, g por $9m8$ y t por el número de segundos durante el cual cayó el cuerpo.

46. Caída de los cuerpos en el aire. *Caída libre.*—

En el aire, la caída de los cuerpos no obedece a las leyes generales y tanto más se aparta de ellas cuanto más livianos sean: eso se debe a la resistencia del aire. Una ruedecita de papel y otra de metal que tengan 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 llega a aniquilar la aceleración debida a la pesantez.

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

47. 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.

48. Péndulo.

— *El péndulo simple se compone de una masa colgada de un punto fijo por un hilo cuyo peso se considera como nulo.*

Si se aleja el péndulo AB (fig. 9) de su dirección vertical y se le coloca en B', abandonándolo en seguida a sí mismo, se pone a

oscilar. En efecto, su peso es una fuerza P' que se puede descomponer en otras dos: una $B'C$, que tiende el hilo, y la otra $B'T$, tangente al arco $B'B''$ cuyo efecto es volver el peso a la posición AB . 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 AB . Llámase amplitud al ángulo $B'AB''$ descrito por las posiciones extremas del hilo.

Se comprueba que la duración de las oscilaciones de un péndulo es la misma, sea cual fuere la amplitud, con tal que ésta no pase de 4° ó 5° .

Se usa el péndulo para regularizar el movimiento de los relojes. La duración de la oscilación varía con la longitud del péndulo, por lo cual los relojes se atrasan o adelantan según que el péndulo sea más o menos largo.

Por medio del péndulo se ha llegado a conocer el valor de la aceleración G debida a la acción de la pesantez sobre los cuerpos.

Ley del péndulo. — Llamando l la longitud del péndulo, g la aceleración debida a la acción de la pesantez y π la relación de la circunferencia con el diámetro, la duración t de una oscilación del péndulo, cuando tiene poca amplitud dicha oscilación (4 ó 5 grados), se obtiene con la fórmula.

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

Según esta fórmula:

1ª Ley: En un mismo lugar las oscilaciones de péndulos de igual longitud son isócronas.

2ª Ley: La materia que constituye los péndulos no influye en nada sobre la duración de las oscilaciones.

3ª Ley: En un mismo lugar la duración de las oscilaciones de varios péndulos, son proporcionales a la longitud de dichos péndulos.

4ª Ley: En lugares diferentes y por péndulos de la misma longitud la duración de las oscilaciones son inversamente proporcionales a las raíces cuadradas de las respectivas gravedades.

CUESTIONARIO. — ¿Qué se entiende por atracción? — Decid la ley de Newton. — ¿Qué es la pesantez? ¿Cuál es su dirección? — Decid las leyes de la caída de los cuerpos. — ¿Con qué aparatos se verifican? — ¿Qué ventaja ofrece la máquina de Atwood? Describirla y decir cómo se verifica: 1º la ley de los espacios; 2º la ley de las velocidades.

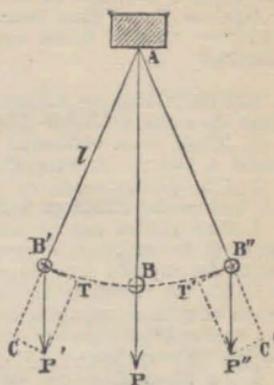


Fig. 9. — Péndulo.

¿Cuáles son las fórmulas referentes a la caída de los cuerpos? — ¿Por qué los cuerpos no caen en el aire con la misma velocidad?

¿Qué se llama peso absoluto y peso relativo de un cuerpo? — ¿Qué es el péndulo? — ¿Qué se llama amplitud? — ¿Qué fórmula da la duración de una oscilación?

EJERCICIOS. — 1. Una masa cae en un pozo de 400 m. de profundidad. ¿Al cabo de cuánto tiempo llegará abajo? ($g=9m8$).

2. ¿Cuál es la velocidad de un cuerpo caído desde un globo que se encontraba a 150 m. de altura?

3. Una piedra cae en un pozo, llega a tocar el agua después de 7,5 segundos. ¿A qué profundidad se halla el agua? ($g=9m797$).

4. Una piedra cae en un pozo de mina: buscar los espacios que recorre durante el 1º, el 2º, el 3º y el 4º segundo. Buscar el valor del aumento constante del espacio que recorre durante cada unidad de tiempo ($g=9m8$).

5. En un experimento con la máquina de Atwood, el espacio recorrido durante el primer segundo está medido en 8 divisiones. Componer el cuadro de los varios experimentos que permitieron comprobar la ley de los espacios y la de las velocidades.

6. La masa adicional de la máquina de Atwood recorre 20 divisiones en el primer segundo. ¿Cuántas recorrerá en el 3º, en el 5º y en el 7º segundo?

7. En un experimento de Foucault, el péndulo medía 60 m. Buscar la duración de las oscilaciones.

8. ¿Qué longitud debe darse al péndulo para que dé 7 oscilaciones por segundo?

CAPÍTULO III

EQUILIBRIO DE LOS CUERPOS

49. 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. 10), 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.

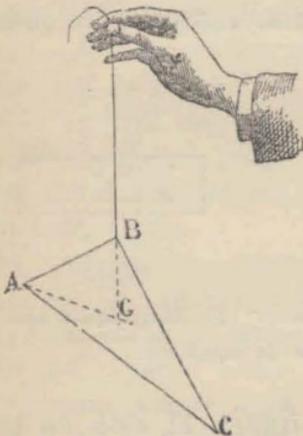


Fig. 10. — Determinación experimental del centro de gravedad.

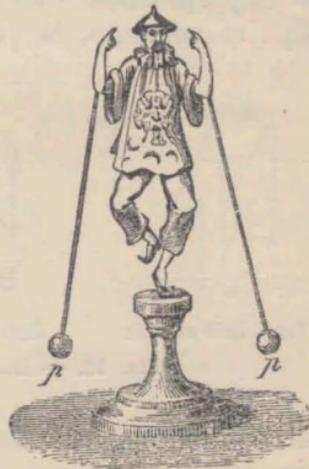


Fig. 11. — Equilibrista.

1º 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.

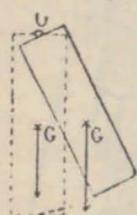
2° El centro de gravedad de la superficie de un polígono regular, de un círculo, de una elipse, de una esfera, de un elipsoide de revolución, de un paralelepípedo, está en el centro.

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

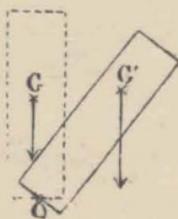
50. Condición de equilibrio de un cuerpo móvil alrededor de un punto fijo o de un eje fijo. — *Para que un cuerpo móvil alrededor de un punto o de un eje, esté en equilibrio, es menester que la vertical del centro de gravedad encuentre dicho punto o eje.*

51. Equilibrio estable. — El equilibrio es *estable* si el cuerpo, siendo movido, vuelve al punto que antes tenía por el efecto de la pesantez. En este caso el centro de gravedad está *debajo* del punto o del eje de suspensión y lo más bajo posible.

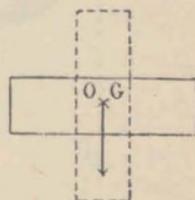
Ej.: el péndulo, la plomada, una campana colgada.



Equilibrio estable.



Equilibrio inestable.



Equilibrio indiferente.

Fig. 12. — Diferentes clases de equilibrio.

El pequeño equilibrista de la figura 11 está en equilibrio estable, merced a 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.

52. Equilibrio inestable. — *El equilibrio es inestable cuando el cuerpo, siendo movido, se aleja por el efecto de la gravedad.* En este caso el centro de gravedad está más arriba del punto o del eje de suspensión (fig. 12).

Ej.: un cono que descansa sobre la punta. (1)

53. Equilibrio indiferente. — *El equilibrio es indiferente cuando el cuerpo, siendo movido, queda en equilibrio (fig. 12). En este caso el centro de gravedad coincide con el punto de suspensión, o se encuentra sobre el eje fijo. Ejemplo: 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.

54. 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 o 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 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

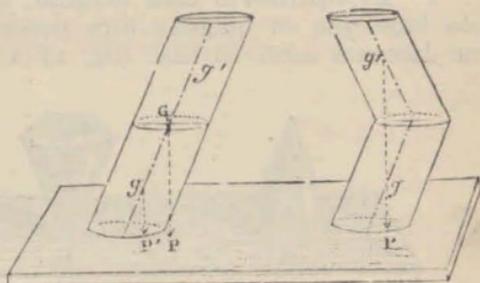


Fig. 13. — Condiciones de equilibrio de un cuerpo que descansa sobre un plano.

(1) Apóyese un palo largo en el rincón de una pared y procúrese pasar por debajo del palo en la parte comprendida entre el piso y sus manos.

Podrá ejecutarse el movimiento si se lo hace de espaldas a la pared; en el caso contrario perderá infaliblemente el equilibrio.

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 figura 13, 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 a la derecha.

La estabilidad de un cuerpo 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 está el centro de gravedad; los carretones cargados de heno, las diligencias cargadas de bagajes, tienen poca estabilidad.

Un cuerpo, colocado en un plano horizontal, puede presentar, como en el caso precedente, tres clases de equilibrio:

1º El equilibrio será estable, si el centro de gravedad está más bajo que en ninguna otra posición; ejemplo: una pirámide que descansa sobre su base (fig. 14 A).

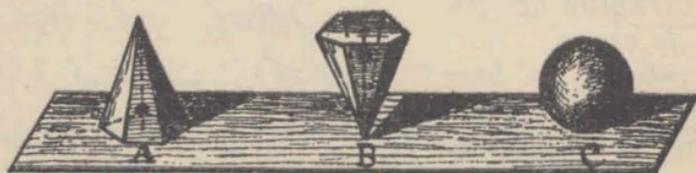


Fig. 14. — Tres clases de equilibrios.
A, estable; B, inestable; C, indiferente.

2º El equilibrio será inestable si el centro de gravedad se halla más alto que en cualquiera otra posición; ejemplo: una pirámide regular cuyo vértice descansa sobre un plano (fig. 14 B).

3º Se hallará en equilibrio indiferente, si su centro de gravedad no puede elevarse ni descender, en ninguna de las posiciones que pueda tomar; ejemplo: una esfera perfecta y homogénea (fig. 14 C).

Equilibrio de una esfera. — La esfera colocada en planos cóncavo, convexo y plano, realiza respectivamente el equilibrio estable, inestable e indiferente (fig. 15).



Equilibrio estable.

Inestable.

Indiferente.

Fig. 15.

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? Cítense ejemplos. — ¿Cuáles son las condiciones de equilibrio de un cuerpo que descansa sobre un plano? — ¿Qué se entiende por polígono de apoyo? — ¿Cuándo será estable el equilibrio de un cuerpo colocado en un plano? — ¿Y cuándo será inestable? — ¿Cuándo será indiferente?

CAPÍTULO IV

M Á Q U I N A S

55. Fin de las máquinas.— *Las máquinas son unos instrumentos destinados a 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 a su fuerza muscular; puede comunicar, a una rueda, p. ej., un movimiento 10, 100, 1000 veces más rápido que el movimiento de su brazo.

Se comprende, pues, que las máquinas vuelven fáciles muchos trabajos que el hombre no podría ejecutar sin ellas. En el uso de las máquinas el fin que se debe alcanzar es siempre el mismo: obtener un efecto determinado del modo más sencillo y con las fuerzas de que se dispone.

56. 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 ejemplo, 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 útil es siempre menor que el trabajo motor.

57. 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 otra el de *resistencia*.

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

1º Cuando queda en reposo (equilibrio estático).

2º 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.

La condición de equilibrio es la misma para el equilibrio estático y para el equilibrio dinámico; pero mientras las fuerzas no producen ningún trabajo en el primer caso, estas fuerzas trabajan en el segundo.

58. Palanca. — *La Palanca es una barra rígida, móvil alrededor de un punto fijo, y sometida a la acción de dos fuerzas llamadas respectivamente POTENCIA y RESISTENCIA.* El punto fijo se llama punto de apoyo.

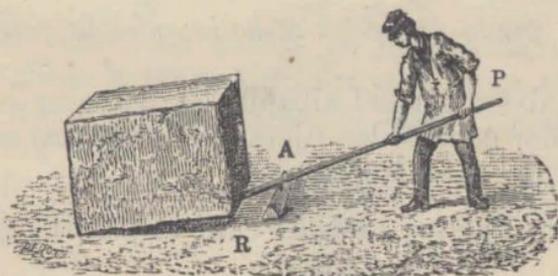


Fig. 16. — Alzaprima del albañil.

P, potencia; A, punto de apoyo; R, resistencia.

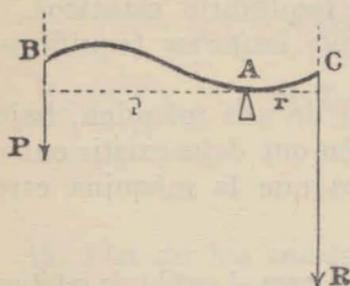
Se llama brazo de palanca de una fuerza, la distancia que media entre la fuerza y el punto de apoyo.

Para que una palanca esté en equilibrio es preciso que la potencia y la resistencia estén en razón inversa de los brazos de la palanca.

Luego se ha de tener:

$$\frac{P}{R} = \frac{r}{p}$$

Por ej.: Si el brazo de la potencia es 2, 3, 4 veces mayor que el de la resistencia, la potencia será 2, 3, 4 veces menor que la resistencia.



Si los brazos son iguales, las dos fuerzas lo son también.

En efecto, si la palanca está en equilibrio, el trabajo motor es igual al trabajo resistente; es decir, que el producto de cada fuerza por su distancia al punto de aplicación, es constante. Y si el brazo de la potencia es n veces mayor que el de la resistencia, el camino de la primera fuerza es n veces mayor que el de la segunda. Por consiguiente, la primera fuerza es n veces mayor que la segunda.

59. Géneros de palancas. — Según la posición del punto de apoyo, con respecto a la potencia y a la resistencia, distingúense tres géneros de palancas:

1º *El punto de apoyo se halla entre la potencia y la resistencia.*

Ej.: La alzaprima del albañil; las balanzas son palancas de primer género: las tijeras y las tenazas son palancas dobles del primer género.

2º *La resistencia se halla entre la potencia y el punto de apoyo.*

Ej.: El cuchillo de panadero, la carretilla, una viga que se alza por una extremidad, un remo que mueve el barco, son palancas del segundo género; el cascanueces es una palanca doble de segundo género.

De ordinario, en las palancas del segundo género, el brazo de palanca de la potencia es mayor que el de la resistencia, lo que favorece la potencia.

3º *La potencia se halla entre la resistencia y el punto de apoyo.*

Ej.: El pedal, los miembros del hombre y de los animales, las pinzas (palanca doble).

60. Polea. — Una polea es un disco móvil alrededor de su eje.

Cuando la polea debe moverse por medio de cuerdas o cadenas, su borde exterior está ahuecado en una canal llamada *garganta* (fig. 17).

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

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

La polea fija está en equilibrio cuando la potencia es igual a 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 (fig. 18).

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 y la potencia es tan sólo la mitad de la resistencia.

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

El conjunto de dos garruchas polispastas se llama *aparejo* (fig. 19).

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

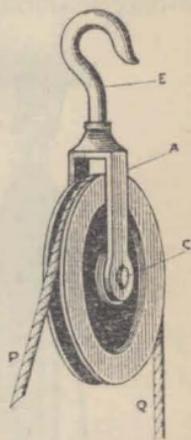


Fig. 17. — Polea fija.

62. Torno. — El torno (fig. 20) se compone ordinariamente de un cilindro terminado por dos muñones.

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*.

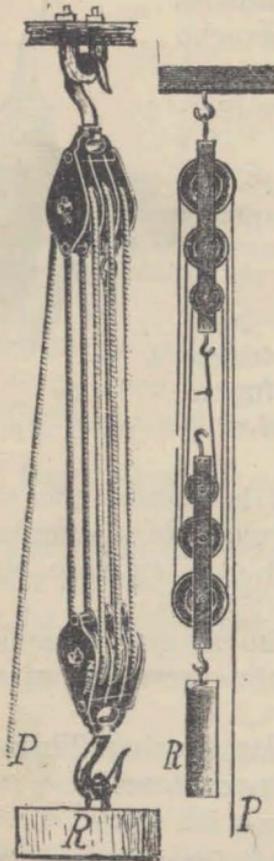


Fig. 18. — Polea móvil.

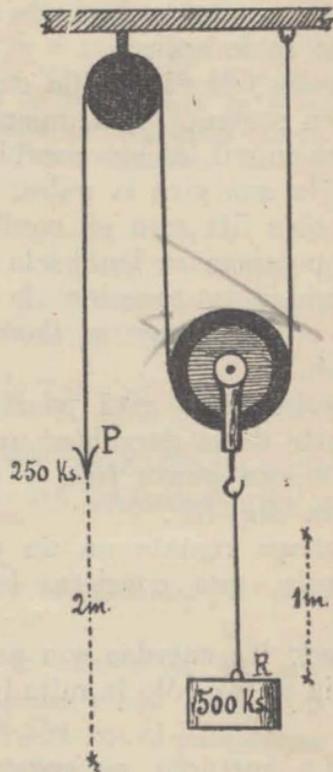


Fig. 19. — Aparejos.

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 manija, ya por medio de palancas que atraviesan el torno.

Cuando hay equilibrio, la potencia y la resistencia

están en razón inversa de los radios de la manija 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*, o *rueda de clavijas*, se mueve por medio de una rueda grande, cuya circunferencia tiene clavijas transversales sobre las cuales suben obreros, como sobre peldaños de escalera. En ese aparato, la potencia es el peso de los obreros.

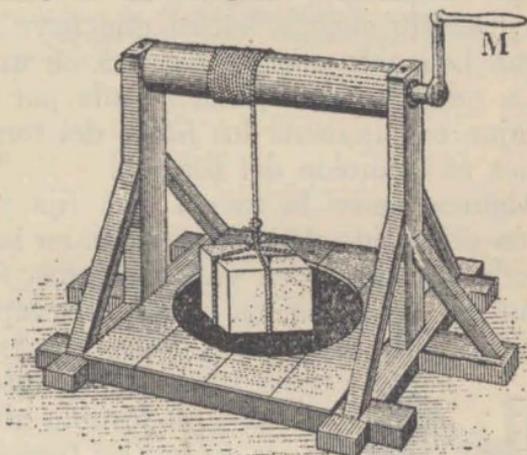


Fig. 20. — Torno.

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

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

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.

63. Plano inclinado. — *El plano inclinado* (fig. 21) es un plano resistente que forma un ángulo con la línea horizontal. Sirve para levantar los cuerpos demasiado pesados.

Empléasele para cargar los carros, para alzar los vagones

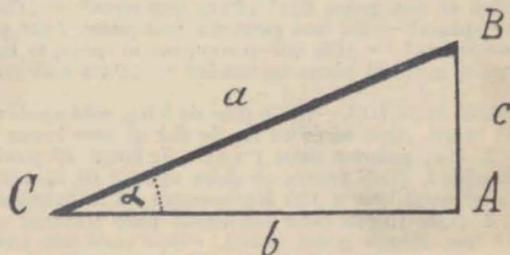


Fig. 21. — Plano inclinado.

cargados de materiales en los grandes trabajos de terraplenes, y en muchos otros casos.

64. Tornillo. — Un *tornillo* se compone de un cilindro llamado *alma* o *núcleo*, que lleva *filetes* salientes de forma helicoidal, que se encajan en una tuerca.

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

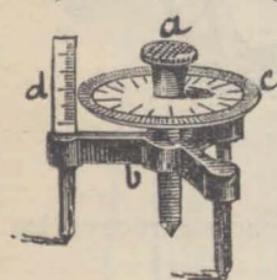


Fig. 22. — Tornillo micrométrico.

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 madera, etc.

Cuando la tuerca está fija, la extremidad del tornillo avanza evidentemente un paso de tuerca en cada vuelta. Este adelanto puede medirse con gran exactitud por el número de vueltas o de porción de vuelta que da el tornillo (*tornillo micrométrico*). Se lo emplea a este efecto en muchos aparatos de precisión.

CUESTIONARIO. — ¿Qué se entiende por máquinas simples? — ¿Cuál es su objeto? — ¿Qué es una palanca? — ¿A qué se llama brazo de palanca? — ¿En qué relación se hallan la potencia y la resistencia de una palanca en equilibrio? — ¿Cuáles son los diferentes géneros de palancas? Cítense ejemplos. — ¿Qué es una polea fija? ¿Para qué sirve? — ¿De qué se compone una garrucha polispasta? — En una garrucha polispasta, ¿qué es la potencia en relación con la resistencia? — ¿De qué se compone el torno, el cabrestante, el torno de los canteros, el gato, el plano inclinado? — ¿Para qué puede servir el tornillo?

EJERCICIOS.—1. Un peso de 3 Kg. está atado en un brazo de palanca de 0m,25 de largo. ¿Qué largo se ha de dar al otro brazo para hacer equilibrio a 2 Kg.?

2. Una palanca tiene 1 metro de largo. El punto fijo está a 33 cm. de una extremidad. ¿Qué fuerza se debe aplicar en la extremidad del brazo menor para hacer equilibrio a 100 Kg. puestos en la extremidad del brazo mayor?

3. ¿Qué fuerza debe emplearse para sostener un peso de 100 Kg. por medio de una simple polea móvil, cuyos cordones son paralelos?

4. Una palanca de brazos iguales, móvil alrededor de su medio, está dividida en 10 segmentos iguales: de un lado se suspenden dos esferas a una distan-

cia, dos esferas a una distancia doble, tres a una distancia triple. ¿Cuántas esferas será preciso colgar en la extremidad del otro brazo de la palanca para obtener el equilibrio?

5. ¿Qué fuerza se debe emplear para levantar un peso de 225 Kg. por medio de una garrucha polispasta de 6 poleas?

6. En un torno, el radio de la rueda en que la fuerza obra tangencialmente es de 0m,66; el del cilindro 0m,10. ¿Qué fuerza hará equilibrio a un peso de 120 Kg.?

7. Una palanca de brazos iguales, móvil alrededor de su eje, está dividida en 10 segmentos iguales: se cuelgan de un lado dos bolas a una distancia, dos a una distancia doble, tres a una distancia triple. ¿Cuántas bolas se han de colgar en la extremidad del otro brazo de la palanca, para obtener el equilibrio?

CAPÍTULO V

LA BALANZA

65. Peso relativo. — *El peso relativo de un cuerpo es la relación entre su peso absoluto y el peso absoluto de otro cuerpo tomado por unidad de peso.*

66. Descripción. — *La balanza (fig. 23) es un instrumento que sirve para determinar el peso relativo de los cuer-*

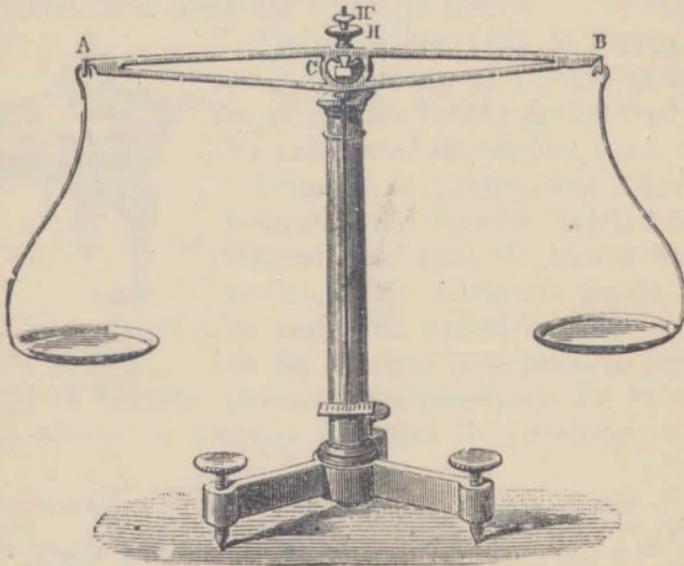


Fig. 23. — Balanza.

pos. Es una palanca del primer género, y por consiguiente, sus condiciones de equilibrio son las de la palanca (Nº 58).

La palanca A B, llamada *fiel*, descansa por medio de una barrita de acero templado C (*cuchillo*) sobre

dos planos de acero templado o de ágata que constituyen la *cruz*.

Los *platillos* van colgados de unos ganchitos de acero con cuchillos cortados en bisel. Las aristas de los tres cuchillos A C B, están en una línea recta que se llama *eje de suspensión del fiel*.

El fiel lleva una aguja larga y perpendicular cuya punta se mueve delante de un arco graduado. El cero de la graduación corresponde con la posición horizontal del fiel.

Una peana provista de tres tornillos sirve para dar a la columna una posición perfectamente vertical.

El *peso de un cuerpo* es igual a la suma de las pesas marcadas que le hacen equilibrio.

Cualidades de una buena balanza: Una buena balanza tiene que ser exacta y sensible.

67. Condiciones de exactitud. — Para que sea exacta la balanza es menester: 1º que los brazos del fiel sean iguales en peso y en longitud: 2º que la vertical del centro de gravedad pase por el eje de suspensión cuando el fiel es horizontal.

Se ve que una balanza es exacta cuando el fiel queda horizontal, sean cuales fueren los pesos iguales que se pongan en sus platillos.

68. Condiciones de sensibilidad. — Una balanza es tanto más sensible cuanto mayor es el ángulo de inclinación del fiel producido por un peso pequeño, puesto en el platillo. Se aumenta la sensibilidad haciendo muy movibles las piezas de rozamiento.

Para que una balanza sea sensible es preciso: 1º que el fiel sea largo y liviano; 2º 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.

NOTA. — Si el centro de gravedad del fiel estuviera en el punto mismo de suspensión, el fiel estaría en equilibrio en cualquiera posición bajo la acción de pesos iguales, y la menor diferencia entre los dos pesos produciría un cambio completo: entonces la balanza sería *indiferente*.

Si estuviera arriba del punto de apoyo, no se podría poner la balanza en equilibrio: sería *loca*. Si estuviera debajo, pero demasiado lejos del punto de apoyo, la balanza sería poco sensible: se llamaría *perezosa*.

SEGUNDA PARTE

HIDROSTÁTICA

CAPÍTULO I

PRESIONES EJERCIDAS POR LOS LÍQUIDOS

71. Objeto de la hidrostática. — *La hidrostática es el estudio de las condiciones de equilibrio de los líquidos y de las presiones que ejercen sobre los vasos que los contienen.*

72. Transmisión de las presiones en los líquidos. — Principio de Pascal. — *Toda presión ejercida sobre una superficie plana de un líquido en equilibrio se transmite íntegra y en todas las direcciones a cada porción plana de superficie igual a la superficie de presión.* Para demostrar completamente el principio de Pascal es preciso suponer que los líquidos no tengan peso y que son incompresibles.

Si por ejemplo dos émbolos B y A tienen el uno una superficie 25 veces mayor que el otro (fig. 28) y cierran herméticamente dos cilindros llenos de agua, un peso de 25 Kg. colocado encima del émbolo grande será equilibrado por un peso de 1 Kg. colocado sobre el émbolo

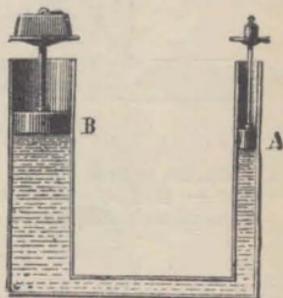


Fig. 28. — Principio de Pascal

menor. *La presión soportada por una superficie cualquiera es, pues, proporcional a la extensión de esta superficie.*

La presión ejercida sobre la superficie de un líquido, se transmite no sólo a las paredes que lo contienen, sino también a cualquiera superficie en el interior del líquido. De modo que en el experimento de la figura 28, un disco de papel cuya superficie sea 10 veces la del émbolo menor y sumergido en el líquido soportaría una presión de 10 Kg. sobre cada una de sus caras.

73. Prensa hidráulica. — *La prensa hidráulica es un aparato que se funda en el principio de Pascal. Dos cilindros A y B (fig. 29) están en comunicación directa*

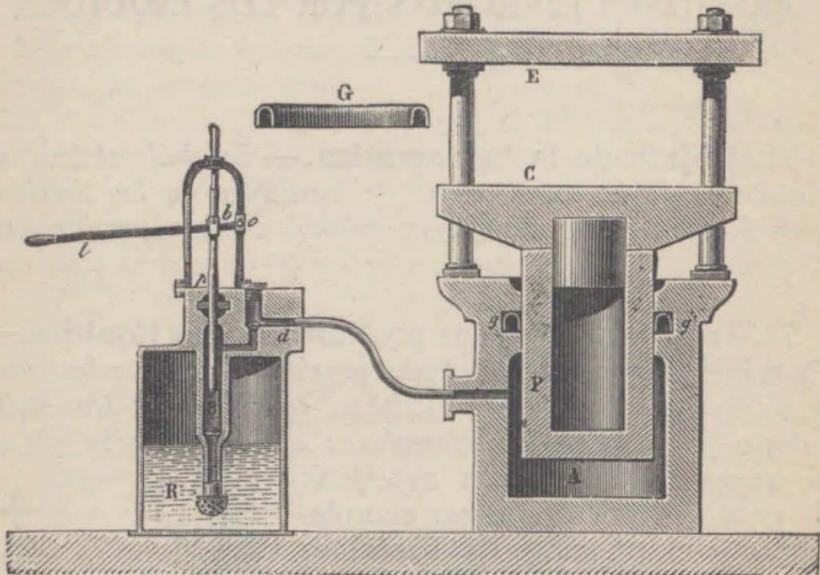


Fig. 29. — Corte de una prensa hidráulica.

A. Cilindro grande con su pistón P. — C. Plataforma móvil. — E. Plataforma fija. — B. Pequeño cuerpo de bomba; p, su pistón; l, palanca del pistón; b, biela articulada; a, d, válvula.

con un tubo. Por medio de una palanca l, se mueve el pistón p, que al bajar arroja en el cilindro A el agua suministrada por R. Si el pistón p tiene una sección 1000 veces menor, por ejemplo, que el pistón P, un esfuerzo de un Kg. ejercido en b, se traducirá por una

fuerza de 1000 Kg. que alzando el pistón P, prensará los cuerpos colocados entre la parte superior G del pistón P y la plataforma fija E.

Los *ascensores hidráulicos* que sirven para alzar pesos considerables, se fundan en el mismo principio.

74. La superficie libre de un líquido en equilibrio es horizontal y es perpendicular a la dirección de la plomada. Se utiliza esta propiedad en el nivel de burbuja de aire (fig. 30) que sirve para verificar si una superficie es horizontal.

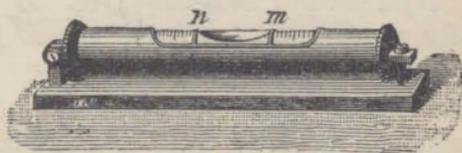


Fig. 30. — Nivel de burbuja de aire.

El *nivel de burbuja de aire* 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 le coloca sobre una superficie perfectamente horizontal la burbuja de aire *m n* es tangente a dos rayas marcadas en el tubo de vidrio.

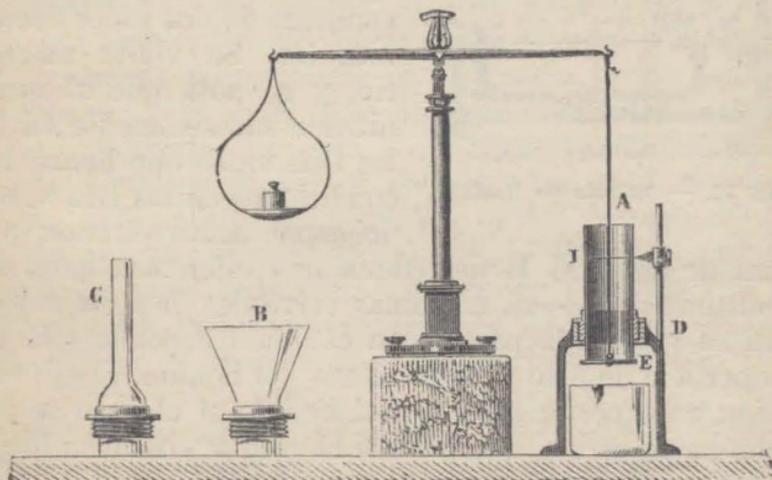


Fig. 31. — Aparato de Masson.

75. Presión en el fondo de los vasos. — *La presión ejercida por un líquido en el fondo horizontal del vaso que lo contiene es igual al peso de una columna líquida cuya base es el fondo del vaso, y la altura, la distancia vertical que la separa de la superficie libre.*

Se verifica esta ley con los aparatos de *Masson* y de *Haldat*.

Aparato de Masson (fig. 31). — Se atornillan en D sucesivamente los tres vasos A B C cuyos volúmenes son diferentes, pero cuya abertura inferior es la misma. 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.

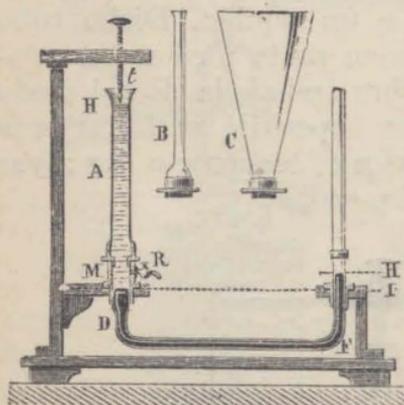


Fig. 32. — Aparato de Haldat.

Aparato de Haldat (figura 32). — Este aparato se compone de dos tubos comunicantes. Se vierte mercurio, y se nota que al atornillarse sucesivamente en M los tres vasos que llenan las condiciones de los tres vasos del experimento anterior, una

altura de agua M H determina una diferencia igual en las alturas de las dos columnas verticales de mercurio.

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, e inferior si el vaso se ensancha hacia arriba.

76. Presiones laterales. — *La presión lateral es igual al peso de una columna líquida cuya base es la superficie considerada, y la altura, la distancia que hay entre el centro de gravedad de esa superficie y la superficie libre del líquido.*

La existencia de las presiones laterales puede evidenciarse por medio del *torniquete hidráulico* (fig. 33).

El *torniquete* o *molinete hidráulico* se compone de un vaso V, lleno de agua y móvil alrededor de su eje vertical.

El agua puede salir por dos tubos, *a* y *b*, encorvados en dirección contraria.

La presión del líquido contra la pared del tubo situado frente al orificio de escape imprime al aparato un movimiento de rotación cuando sale el agua. Esta rotación se verifica evidentemente en sentido inverso al de la marcha del líquido.

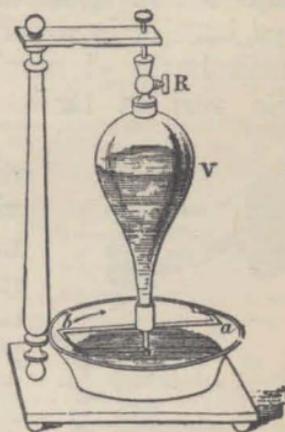


Fig. 33. — Torniquete hidráulico.

Experimento del tonel de Pascal. — Este experimento es una aplicación del principio de Pascal y enseña de una manera sorprendente la existencia de las presiones laterales. A un tonel lleno de agua se le adapta un tubo largo y angosto que también se llena de agua. Si el tubo tiene 3 metros de alto y 1 centímetro cuadrado de sección, cada centímetro cuadrado de las paredes del tonel soportará una presión de 300 gr. a lo menos, lo que daría para un tonel ordinario, una presión total de 7 a 8000 kilogramos. Por tanto, soportando tal presión, las duelas se separan y chorrea el agua por todas partes.

NOTA. — La presión en el fondo de un vaso puede ser mayor o menor que el peso del líquido contenido en él. Esta contradicción aparente ha recibido el nombre de *paradoja hidrostática*. Esta aparente contradicción se explica observando que la presión en el fon-

do, combinada con las presiones laterales, da una resultante igual al peso del líquido.

77. Presión en el interior. — *Toda superficie plana 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. 34) 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 verticalmente en el agua y se nota que entonces se puede soltar el hilo, quedando el disco contra la abertura.

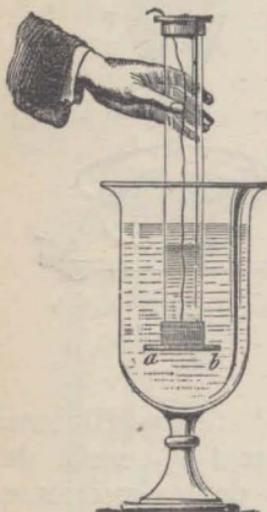


Fig. 34. — Presión vertical de abajo arriba.

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 del 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.*

Esta 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,

CUESTIONARIOS. — ¿Cuál es el objeto de la hidrostática? — ¿Cuál es el principio de Pascal? — ¿De qué se compone la prensa hidráulica? — ¿Qué es el nivel de burbuja de aire? — ¿A qué es igual la presión ejercida en el fondo plano y horizontal de un vaso? — ¿Cómo se puede verificar? — ¿En qué principio se funda el torniquete hidráulico? — ¿En qué consiste el experimento del tonel de Pascal? — ¿Es siempre igual al peso del líquido la presión ejercida por ese líquido en el fondo de un vaso? — ¿Cómo se verifica la presión ejercida sobre una superficie plana considerada en el interior de un líquido?

EJERCICIOS. — 1. Los radios del pie de los émbolos que se mueven en dos vasos comunicantes es de 7 cm. y de 1,5. ¿Qué carga se ha de colocar sobre el émbolo mayor para hacer equilibrio a un peso de 565 gr. puesto sobre el menor? Los émbolos pesan respectivamente 8 y 2 Kg.

2. En una prensa hidráulica, los brazos de la palanca tienen respectivamente 12 y 120 cm. Las secciones de los émbolos miden $0,002483$ y $0,000007$; la presión de la mano aplicada en la extremidad del brazo mayor es de 24 Kg. Determinese el peso del fardo que se puede alzar.

3. En un experimento con el aparato de Masson, buscar el valor de presión ejercida en el fondo de un tubo cónico de 25 cm^2 , siendo de 35 cm. la altura del agua. Buscar el peso que se debe colocar en el platillo de la balanza, si el obturador pesa 50 gr.

4. En el fondo superior de un tonel alto, de $0,90$ y puesto verticalmente, se añade un tubo de $3,75$ que se llena de agua. Determinar la presión ejercida por el líquido sobre cada una de las bases del tonel. (Radio de las bases = 15 cm.).

5. En un depósito de agua, se ha producido una abertura de 2 cm^2 . a una profundidad de $3,86$. Determinar el valor de la fuerza con que se escapa el agua.

6. Un manguito vacío y tapado por un obturador está sumergido en un baño de mercurio; la distancia de la superficie libre a la superficie de presión es de $0,760$, la densidad del mercurio $13,59$; el obturador es un círculo de 8 centímetros de diámetro. ¿Qué fuerza hay que desarrollar para separarlo del tubo? ¿Qué columna de agua se ha de echar para hacer caer el obturador?

CAPÍTULO II

VASOS COMUNICANTES

78. 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.*

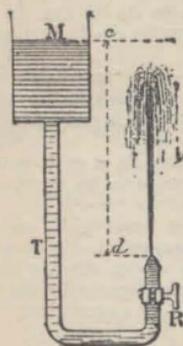


Fig. 35. — Surtidor.

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

En los surtidores (fig. 35), el agua, por medio de un tubo T, viene de un depósito M a una cebolla de surtidor R, colocada más abajo. Si el chorro que sale de *d* no llega hasta *c*, es por la resistencia del aire, y por las gotitas de agua que caen sobre las que suben.

La maniobra de las compuertas en los ríos, la cons-

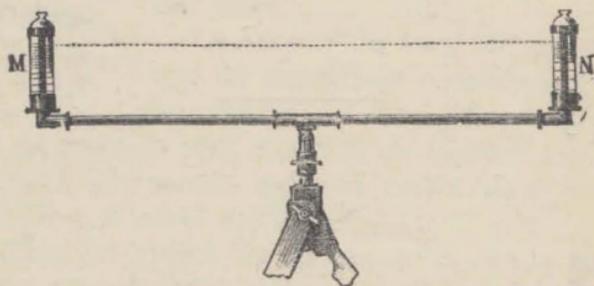


Fig. 36. — Nivel de agua.

trucción de las lámparas de aceite llamadas *quinqué*, el uso del nivel de agua, se fundan en el mismo principio.

El *nivel de agua* (Fig. 36) se compone de un tubo acodillado en ángulo recto en sus extremidades, donde se adaptan dos tubos de vidrio.

Se vierte bastante agua para que suba hasta cierta

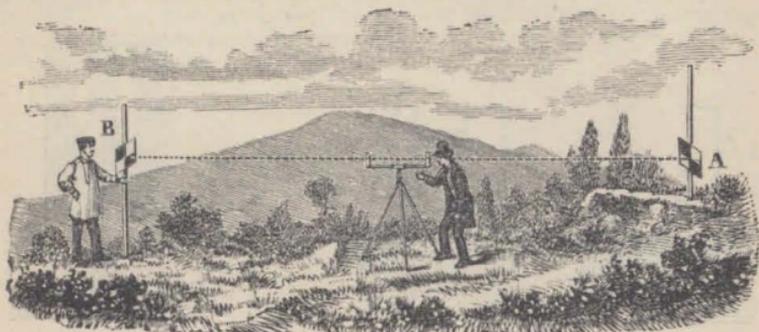


Fig. 37. - Uso del nivel de agua.

altura en los tubos de vidrio. Cada rayo visual que pasa por las dos superficies libres es horizontal.

El aparato sirve en las operaciones de nivelación para determinar las direcciones horizontales (Fig. 37).

79. Equilibrio en el caso de dos líquidos. — *Para que dos líquidos de densidades diferentes se mantengan en equilibrio en dos vasos comunicantes, es preciso que las alturas de los líquidos arriba de la superficie de separación sean inversamente proporcionales a las densidades.*

Si en los dos tubos comunicantes representados en la figura 38, se vierten agua y mercurio, las alturas h y h' del agua y del mercurio, arriba de sus superficies de separación B y B' serán en razón inversa de sus densidades respectivas. Se nota que tiene un efecto

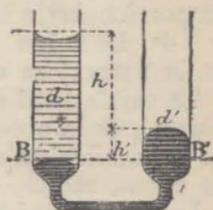


Fig. 38.

$$\frac{h}{h'} = \frac{d'}{d}$$

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

Se toma un tubo de vidrio que se sumerge en parte en un líquido, conservándolo vertical (fig. 39).

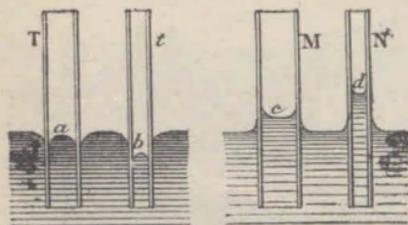


Fig. 39. — Tubos capilares.

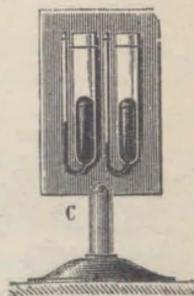


Fig. 40.

Si el tubo no es 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 es 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*.

De la observación de estos fenómenos, Gay-Lussac dedujo las leyes siguientes:

1ª Ley: Hay ascensión si el líquido moja las paredes del vaso.

2ª Ley: Hay depresión si el líquido no moja las paredes del vaso.

3ª Ley: Las ascensiones y las depresiones son inversamente proporcionales a los diámetros de los tubos.

4ª Ley: Las ascensiones y las depresiones son independientes de la naturaleza de los tubos, pero varían según los líquidos.

La capilaridad desempeña un papel importante en la circulación vegetal, en la ascensión del aceite en las mechas de las lámparas, y en la imbibición de los cuerpos porosos (esponja, azúcar, montón de arena, etc.).

La capilaridad explica que un líquido suba a alturas diferentes en dos tubos angostos, de diámetros diferentes, cuando comunican libremente entre sí (fig. 40).

CUESTIONARIO. — Decid el principio de los vasos comunicantes. Dad algunas explicaciones. — ¿Qué es nivel de agua? ¿Para qué sirve? — ¿Cómo son entre sí las alturas de 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 o que no los moja? Citad ejemplos de capilaridad.

EJERCICIOS. — 1. Una de las ramas de dos vasos comunicantes contiene una columna de agua de 36 cm. Determinar la altura de la columna de sulfuro de carbono ($d = 1,293$) que le hace equilibrio. Las alturas se miden desde la superficie de la separación.

2. Una columna de agua de 432 mm. equilibra en un tubo en U una columna de 500 mm. de esencia de trementina. Búsquese la densidad de este líquido.

3. En una probeta que contiene mercurio se sumerge un tubo abierto en sus extremidades, y en éste se vierten 250 cm³. de agua. El tubo tiene un cm². de sección; se pregunta la diferencia de altura de las superficies del mercurio en el tubo y en la probeta.

CAPÍTULO III

PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

81. Principio de Arquímedes. — *Todo cuerpo sumergido en un líquido recibe un empuje vertical de abajo arriba igual al peso del líquido que desaloja.*

82. Demostración experimental. — Se demuestra el principio de Arquímedes por medio de la balanza hidrostática y de dos cilindros metálicos de volumen igual, el uno lleno y el otro hueco (fig. 41).

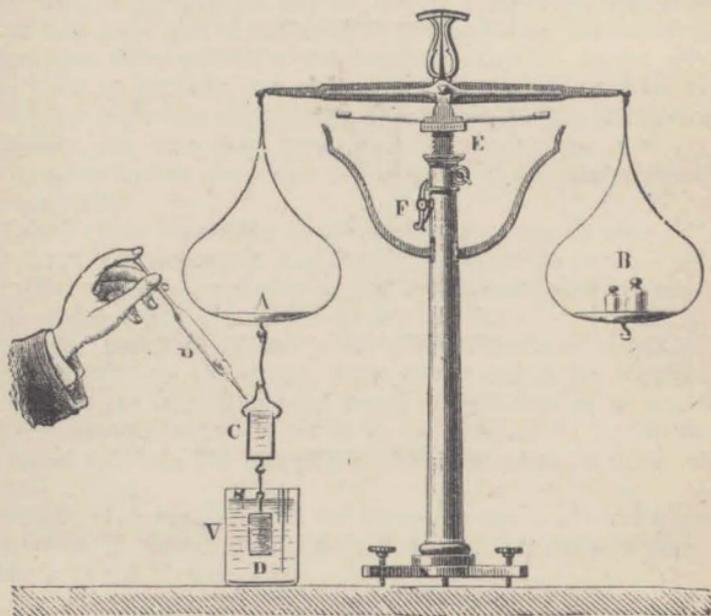


Fig. 41. — Demostración experimental del principio de Arquímedes.

Para ello se opera como sigue: se cuelgan los dos cilindros uno debajo del otro, el cilindro lleno D, debajo

del platillo A de la balanza hidrostática y en B se colocan las pesas necesarias para hacer el equilibrio en el aire. Se coloca entonces un vaso V lleno de agua debajo del platillo de modo que el cilindro lleno D esté sumergido del todo en ella. El equilibrio queda destruído, y se nota que para restablecerlo hay que llenar completamente de agua el cilindro hueco C. El cilindro D recibió, pues, una presión hacia arriba igual al peso del agua añadida, es decir, al peso de un volumen de agua igual a su propio volumen.

Recíproca. — La recíproca del principio de Arquímedes, consiste en el hecho de que si el líquido ejerce un empuje vertical de abajo arriba sobre el cuerpo, a su vez el líquido recibe del cuerpo un empuje vertical e igual de alto abajo.

Para evidenciar este hecho se coloca el vaso V con el agua que contiene en el platillo de una balanza ordinaria y se *obtiene la tara*.

Se sumerge después en el agua el cilindro lleno sin que toque el fondo.

Queda destruído el equilibrio y para restablecerlo, se nota que se debe sacar del vaso un volumen de agua exactamente igual al que llena el cilindro hueco. El vaso recibió, pues, un empuje de alto abajo igual al peso de agua cuyo volumen es cabalmente igual al del cilindro lleno.

Este empuje es una consecuencia del principio de la igualdad de acción y de reacción ejercida por dos cuerpos uno sobre otro.

83. Peso aparente de los cuerpos sumergidos en los líquidos. — Un cuerpo sumergido en un líquido, parece menos pesado que en el aire, porque el peso que se le encuentra no es más que la diferencia entre su peso en el aire y el empuje vertical del líquido. Por esto se dice ordinariamente, aunque sin razón, que un cuerpo sumergido en un líquido pierde algo de su peso.

Si el peso del cuerpo es superior al del líquido desalojado, el cuerpo se hunde. *Ej.*: el hierro, el cobre, el plomo en el agua.

Si el peso del cuerpo es igual al peso del líquido desalojado, el cuerpo queda en suspensión en el líquido. *Ej.*: Un pez inmóvil en el agua.

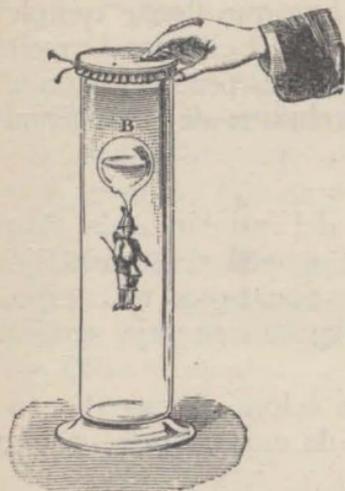


Fig. 42. — Ludión.

Si el peso del cuerpo es inferior al del líquido, el cuerpo flota: *Ej.*: el corcho y la madera en el agua, el hierro en el mercurio.

Experimentalmente, esas tres condiciones se realizan con el *ludión*.

El *ludión* (fig. 42) es una figurilla de vidrio o de esmalte, colgada de un pequeño globo lleno de aire, lo que le permite flotar en el agua. El globo tiene un agujero en su parte inferior. Puesto el

aparato en una probeta llena de agua herméticamente cerrada con una membrana, una presión ejercida en ésta hace penetrar una pequeña cantidad de agua en el globo; aumentando así el peso del aparato, el ludión se hunde; pero si deja de obrar la presión, el aire del globo repele una parte del agua, y sube el aparato.

84. Cuerpos flotantes. — *Un cuerpo flotante está en equilibrio cuando desaloja un volumen de líquido de peso igual al suyo.* Para hacer flotar un cuerpo más denso que el agua basta, pues, darle una forma que le permita desalojar un peso de agua igual al suyo propio (*buques, submarinos, boyas metálicas, flotadores, etc.*).

Además es necesario que el centro de gravedad esté sobre la vertical que pasa por el centro de empuje. El cuerpo flotante se halla solicitado por dos fuerzas: su peso, aplicado en el centro de gravedad, y el empuje, aplicado en el centro de presión. Para que

exista el equilibrio, es menester que estas dos fuerzas sean iguales y directamente opuestas.

En la figura 43, los dos tubos de la izquierda que llenan esa condición están en equilibrio, mientras que no lo está el de la derecha.

Se llama *centro de empuje* el centro de gravedad de la masa del líquido desalojado por el cuerpo flotante.

El balanceo que se produce cuando uno va en un bote resulta de que el centro de gravedad cambia con la posición que uno ocupa; el bote se inclina para volver al centro de gravedad en la vertical del centro de empuje.

Para mantener la estabilidad de los buques se llena el

fondo de ellos con cuerpos muy pesados (*lastre*) y al cargarlos se colocan en la bodega las mercaderías más pesadas.

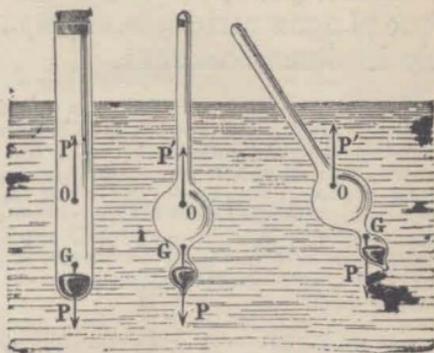


Fig. 43. — Equilibrio de cuerpos flotantes.

85. Determinación del volumen de un cuerpo según el principio de Arquímedes. — Para averiguar el volumen de un cuerpo, basta colgarlo del platillo de la balanza hidrostática, buscar su peso en el aire y luego en el agua. La diferencia de ambos pesos da el peso del agua desplazada, y por tanto su volumen que es el del cuerpo.

Si el sólido es poroso se le cubre la superficie de una capa muy delgada de colodión o de barniz.

86. Equilibrio de los líquidos sobrepuestos. — Cuando se vierten líquidos inmiscibles y de densidades diferentes en una misma vasija, se colocan por orden de densidad, el más pesado abajo.

Agitando en un vaso: mercurio, una disolución concentrada de carbonato de sodio, petróleo y alcohol, estos líquidos se mezclan momentáneamente, para separarse luego que se los deje en reposo.

Si los líquidos pudieran mezclarse, también se les podrá sobreponer; pero entonces habría que verterlos unos sobre otros empezando por el más denso y muy

suavemente para que no se mezclen. Es así como se puede cubrir el agua con una capa de vino: esto explica también por qué el agua dulce de los ríos menos pesada que el agua salada, se explaya en el mar por ambos lados de la desembocadura.

CUESTIONARIO. — ¿Cuál es el principio de Arquímedes? — ¿Cómo se demuestra experimentalmente? — ¿En qué consiste su recíproca? — ¿Por qué un cuerpo es más pesado en el aire que en el agua? — ¿Qué condición es necesaria para que un cuerpo flote sobre un líquido? para que se hunda? — Explicar el experimento del ludión. — ¿Cuándo está en equilibrio un cuerpo flotante sobre un líquido? — ¿Qué se llama centro de empuje? — ¿Cómo se puede determinar el volumen de un cuerpo aplicando el principio de Arquímedes? — ¿Cómo se sobreponen los líquidos de densidades diferentes colocados en un mismo vaso?

EJERCICIOS. — 1. Un dado de hierro tiene 3 cm. de arista. ¿Qué peso pierde en el agua? ¿Cuál es su peso aparente en el alcohol? ¿Qué porción se sumergiría en el mercurio? (Densidad del hierro = 7,70; del alcohol = 0,795; del mercurio = 13,5).

2. Un trozo de corcho pesa 73 gr. en el aire. ¿Qué volumen de agua desalojaría? (Densidad del corcho = 0,24).

3. ¿Cuál es la capacidad interior de una bola de vidrio que pesa 12 gr. 60 al flotar en el agua? (Densidad del vidrio = 2,52).

4. Un trozo de mármol de 895 dm^3 cae en el agua. ¿Qué fuerza se debe emplear para sacarlo? (Densidad del mármol = 2,837).

5. El casco de un buque de hierro de 265 m^3 de tonelaje se echó a pique. ¿Qué fuerza se necesita para ponerlo a flote? (Densidad del hierro = 7,79; del agua de mar = 1,026).

6. ¿Cuál es el espesor de un disco de plomo que se debe pegar con un cilindro de corcho de igual base, y cuya altura es de 9 cm. para que quede en suspensión en el agua? (Densidad del plomo = 11; del corcho = 0,24).

CAPÍTULO IV

DENSIDADES

87. Definiciones. — Se llama *densidad* (D), o 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 (p).

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

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; tendráse

$$P = D \times p \text{ o también } D = \frac{P}{p}$$

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

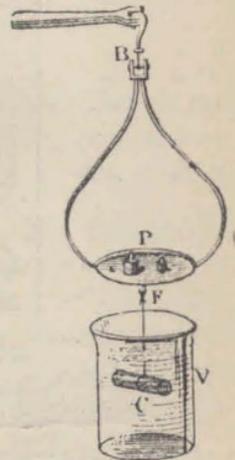


Fig. 44. — Modo de determinar la densidad.

89. Densidad de los sólidos. — 1° Si el cuerpo tiene una forma geométrica, se busca su volumen y su peso; el cociente de ambos números da la densidad.

2° Si el cuerpo tiene una forma cualquiera, se em-

plea la *balanza hidrostática* o el *areómetro de Nicholson* o el *frasco de densidad*.

Método de la balanza hidrostática. — 1° Se busca el peso del cuerpo por dobles pesadas (N° 69); 2° se lo cuelga del platillo F de la balanza (fig. 44) 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° el cuociente de estos dos pesos da la densidad.

Método del areómetro de Nicholson. — 1° 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. 45) en la varilla que sostiene al platillo. Se saca el cuerpo y se lo reemplaza con las pe-

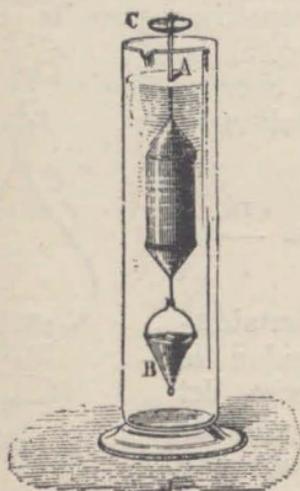


Fig. 45. — Areómetro de Nicholson.

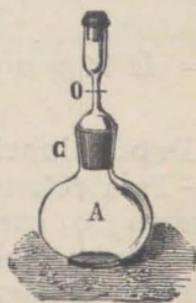


Fig. 46. — Frasco de densidad.

sas marcadas necesarias para restablecer el flote hasta A; dichas pesas son el peso del cuerpo. 2° Se sacan las pesas marcadas y se coloca el cuerpo en un platillo inferior B; las pesas que han de añadirse en C, para restablecer el flote, representan el peso del agua desplazada por el cuerpo. 3° El cuociente de estos dos números es la densidad.

Método del frasco. — 1° El cuerpo está colocado en uno de los platillos de una balanza, junto al frasco A (fig. 46), 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° Se sacan las pesas conocidas y se introduce el cuerpo en el frasco: una parte del agua sale, y se vuelve a 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 a la vez el volumen del cuerpo. 3° El cociente de estos dos números es la densidad.

Notas. — 1ª Si el cuerpo es poroso se lo unta con una capa muy fina de colodión para evitar la imbibición.

2ª 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.

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

Método de la balanza hidrostática. — Se cuelga del platillo de la balanza hidrostática un cuerpo insoluble en agua y en el líquido (fig. 47), y luego se averigua la tara. Se sumerge después el cuerpo sucesivamente en el líquido y en el agua; el cociente de los cuerpos conocidos que debe añadirse para restablecer el equilibrio en ambos casos es la densidad.

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

Método del areómetro de Fahrenheit (fig. 48). — 1° Se hace llegar el aparato al líquido hasta el punto de referencia con pesos conocidos: el peso del líquido desalo-

jado es igual al peso p del instrumento y de los pesos conocidos P . 2° Se reemplaza el líquido por agua: las mismas operaciones dan el peso de igual volumen de agua. 3° El cuociente de estos pesos es la densidad.

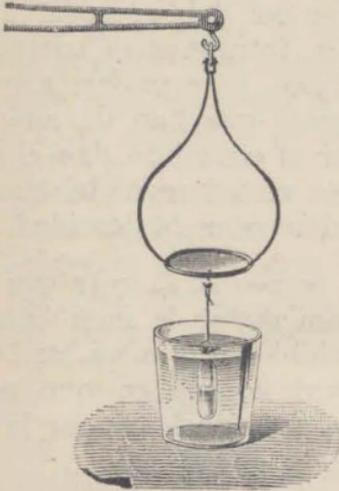


Fig. 47. — Densidad de un líquido.

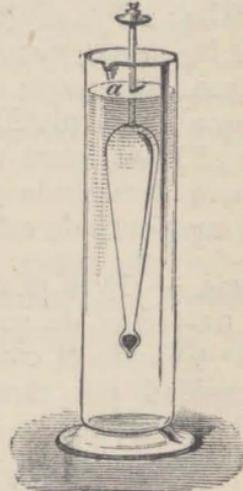


Fig. 48. — Areómetro de Fahrenheit

91. Areómetros 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. Estos instrumentos difieren tan sólo por la graduación; y se hunden tanto menos cuanto más densos sean los líquidos.

92. Areómetros para líquidos más pesados que el agua (pesa-sales, pesa-ácidos, pesa-jarabes) (fig. 49). 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 de agua; se marca 15° en el nuevo punto de referencia. El espacio de 0 a 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 lí-

quidos, sirviendo sólo de puntos de comparación en el comercio.

93. Areómetros para líquidos menos densos que el agua (pesa-licores, pesa-alcoholes), etc. (fig. 50). — Se

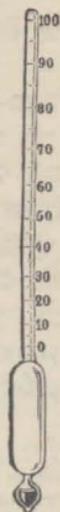
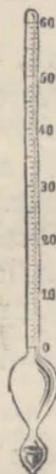


Fig. 49. — Pesa ácidos.

Fig. 50. — Pesa licores.

Fig. 51. — Alcoholímetro.

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° . 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.

94. Graduación del alcoholímetro 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 intermedios en 5 partes iguales (fig. 51).

El *pesa-alcoholes de Cartier* y el *alcoholímetro centesimal de Gay-Lussac* sirven ambos para conocer el gra-

do de concentración de una mezcla de alcohol y de agua; pero éste aventaja a aquél 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.

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

CUESTIONARIO. — ¿Qué se llama densidad o 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 o 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?

EJERCICIOS. — 1. El peso de un cuerpo es de 125,15 gr., su volumen de 80 cm³. ¿Cuál es su densidad?

2. ¿Cuál es el peso de un cilindro de fundición cuyo diámetro mide 0m,568 y la altura 3m,397? (La densidad de la fundición es 7,27).

3. Buscar la densidad del ácido sulfúrico sabiendo que se necesitan 55 gr. 8 de ácido o 50 gr. de agua para llenar la misma botella.

4. ¿Cuál es el volumen del plomo que hace equilibrio sobre la balanza a 565 cm³, de hierro? (Densidad del hierro = 7,29; del plomo = 11,35).

5. En un experimento ejecutado con el areómetro de Nicholson, una barra de estaño colocada en el platillo superior está representada por un peso de 14 gr., 4; en el platillo inferior pierde un peso de 2 gr. ¿Cuál es su densidad?

6. El peso de un areómetro de Fahrenheit es de 29 gr. 50; se deben colocar en su platillo 10 gr. para obtener el flote en el ácido sulfúrico y 5 gr. para obtenerlo en el agua. ¿Cuál es la densidad del ácido?

7. La densidad del ácido clorhídrico es de 1,21. ¿Cuál es el peso de un areómetro de Fahrenheit, sabiendo que se hubo de cargar con 8 gr. y luego con 2, para obtener la flotación en el ácido y en el agua?

CAPÍTULO V

PROPIEDADES DE LOS GASES

96. Elasticidad de los gases. — Los gases son *elásticos*, es decir, que pueden cambiar de volumen bajo la acción de una presión para volver a tomar su volumen primitivo cuando la presión deja de obrar.

Si por medio de un pistón se comprime el aire de un tubo (fig. 52) y de repente se suelta el pistón, éste



Fig. 52. — Eslabón neumático.

es repelido por el aire a manera de resorte. Este aparato se conoce con el nombre de *eslabón neumático* porque si la compresión es instantánea, el aire se calienta hasta encender un pedacito de yesca previamente colocado en el fondo.

Se llama *fuerza elástica* o *fuerza de expansión* de los gases la fuerza que separa sus moléculas unas de otras; tiene por efecto hacerlas ocupar el mayor espacio posible y comprimir las paredes de los vasos que los contienen.

Se evidencia la elasticidad de los gases colocando una vejiga que contenga un poco de aire bajo el recipiente de la máquina neumática (fig. 53). Si se hace el vacío, el volumen de la vejiga aumenta; si se deja volver el aire, la vejiga vuelve a su volumen primitivo.



Fig. 53.

Expansibilidad del gas

97. Pesantez de los gases. — Todos los gases son pesados. Para demostrarlo, se coloca en una balanza un globo en que se ha hecho previamente el vacío y se le hace equilibrio; cuando se deja volver el aire, el equilibrio queda destruido a favor del platillo que lleva el globo.

En igualdad de volumen el aire pesa 773 veces menos que el agua; un litro de aire en las condiciones normales de temperatura (0°) y de presión (760 mm.) pesa 1,gr.293.

NOTA. — La densidad de los gases se relaciona con la del aire que se toma por unidad. Los pesos de un volumen igual de gas y de aire son proporcionales con sus respectivas densidades; se tendrá, por ejemplo, si se representa por x el peso de un litro de gas cuya densidad sea d :

$$\frac{x}{1,293} = \frac{d}{1}$$

luego $x = d \times 1,293$

Por consiguiente, para obtener en gramos el peso de un litro de gas, basta multiplicar su densidad por 1,293.

98. Transmisión de las presiones por el gas.—Los gases transmiten las presiones, y el principio de Pascal (N° 72) les puede ser aplicado tan bien como a los líquidos.

Para verificarlo se toma una vejiga de caucho que se carga con un peso y en que se introduce aire con un fuelle: la presión se transmite a las paredes de la vejiga y el peso está alzado.

Se puede también emplear un globo de dos aberturas horizontales en que se adaptan dos tubos acodillados, como lo enseña la figura 54. 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

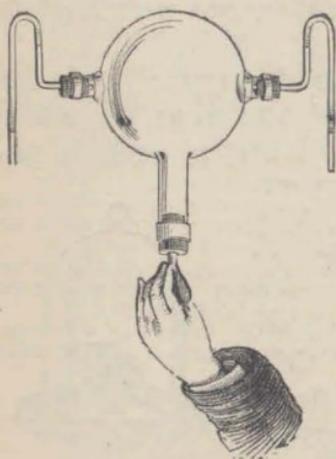


Fig. 54. — Transmisión de las presiones por el gas.

sube a igual altura en ambos tubos. La presión se ejerce, pues, en todos sentidos y con la misma intensidad.

99. Presión atmosférica. — La *atmósfera* es la capa de aire que rodea la tierra; se admite generalmente que llega a un espesor de 70 Km. Siendo el aire pesado, esa capa de gas ejerce sobre los cuerpos que envuelve una presión que llamamos *presión atmosférica*.

Se demuestra la existencia de la presión atmosférica con los experimentos de la *lluvia de mercurio*, del *rompevejigas* y de los *hemisferios de Magdeburgo*.

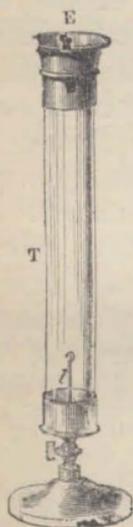


Fig. 55.
Lluvia de mercurio.



Fig. 56.
Rompevejigas.

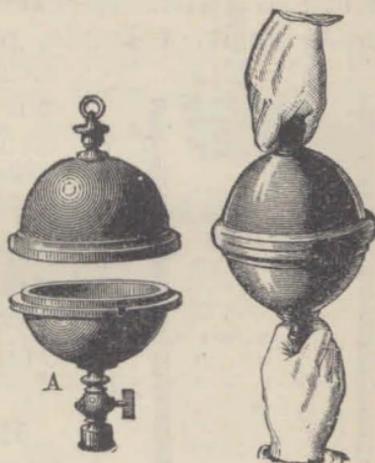


Fig. 57.
Hemisferios de Magdeburgo.

Lluvia de mercurio (fig. 55). — Estando el tubo T tapado en su extremidad superior con un disco de madera sobre el 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.

Rompevejigas (fig. 56). — 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.

Hemisferio de Magdeburgo (fig. 57). — 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 se aplica la palma de la mano en la abertura, el aire interior disminuye de presión al enfriarse y se ve la palma de la mano abultarse hacia el interior del vaso, al paso 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 por qué un huevo duro, cocido, sin cáscara, colocado en la abertura de una garrafa en que se acaba de quemar papel, se precipita al fondo de la garrafa.

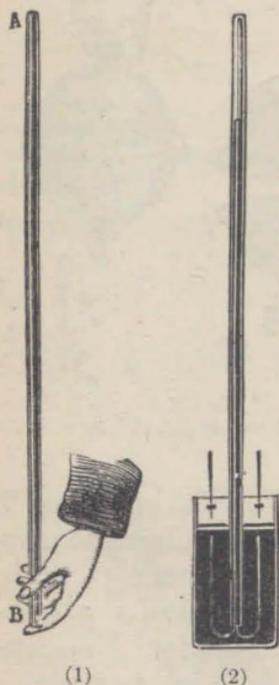


Fig. 58.

Experimento de Torricelli.

1. Preparación del tubo.

2. Equilibrio de presión.

100. Medida de la presión atmosférica. — Experimento de Torricelli. — Para medir la *presión atmosférica*, se toma un tubo de vidrio como de un metro de largo, cerrado en una extremidad y lleno de mercurio. Se lo tapa con el dedo (fig. 58) y se le da vuelta en una cubeta de mercurio; el líquido baja en la cubeta para pararse a unos 76 centímetros arriba del nivel del mercurio en la cubeta. El espacio libre que está

arriba de la columna de mercurio no tiene aire; se le llama *cámara barométrica*.

El tubo que sirve para el caso se llama *tubo de Torricelli* porque con un experimento parecido descubrió este físico la medida de la presión atmosférica.

Por altura de la columna mercurial se ha de entender la distancia vertical medida entre los niveles del líquido en el tubo y en la cubeta, y no la distancia medida a lo largo del tubo. Esta altura no cambia cuando se inclina el tubo, es decir, que el nivel del mercurio queda siempre en el mismo plano horizontal (fig. 59); por otra parte, es independiente del diámetro del tubo; no es, pues, necesario que el interior del tubo sea regular.

La columna mercurial, haciendo equilibrio a la presión atmosférica, debe disminuir con ella. Es lo que averiguó Pascal, repitiendo el experimento de Torricelli, primero en la falda y luego en la cima del Puy de Dôme (Francia), cuya altitud es de 1456 m. A medida

que se iba acercando a la cima, la columna de mercurio bajaba en el tubo, signo evidente de que la presión atmosférica era menor en la cumbre que en la llanura.

Si la abertura del tubo es de un centímetro cuadrado y la altura del mercurio 0m,76, el volumen de la columna es 76 cm³; el peso del mercurio es de:

$$13 \text{ gr.}, 6 \times 76 = 1033 \text{ gr.}, 6.$$

Por lo tanto la presión del aire, por cm², es 1 kl. 0336: es lo que se llama la presión de una atmósfera. Esa presión no aumenta el peso del cuerpo, porque obra en todos sentidos. No nos incomoda, por que el aire que llena las cavidades del cuerpo humano tiene la misma presión que la atmósfera.

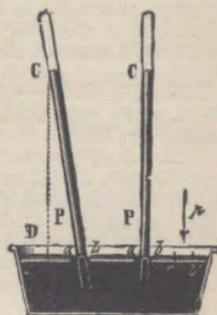


Fig. 59.
Medida de la altura
barométrica.

NOTA. — Se puede reemplazar el mercurio en el tubo por cualquier líquido, pero las alturas serán inversamente proporcionales

a las densidades de esos líquidos. Así como el mercurio pesa 13,6 veces más que el agua, será menester 13,6 veces más agua que mercurio para equilibrar la presión atmosférica, es decir, una columna de agua de $0\text{m},76 \times 13,6$ o $10\text{m},33$ de altura, poco más o menos.

CUESTIONARIO. — ¿Qué se entiende diciendo que los gases son elásticos? ¿Con qué experimentos se enseña esa elasticidad? — ¿Qué se llama fuerza elástica? ¿Cómo se evidencia? — ¿Son pesados los gases? — ¿Cuál es el peso de un litro de aire? ¿Con qué se relaciona la densidad de los gases? — ¿Cómo se averigua el peso de un litro de un gas? — ¿Cómo se enseña que el principio de Pascal se aplica a los gases? ¿Qué es la atmósfera? — ¿Con qué experimentos se demuestra la presión atmosférica? — ¿Cómo se mide? — ¿Qué se debe entender por altura de la columna de mercurio en el experimento de Torricelli? — ¿Podríase reemplazar el mercurio por agua en este experimento? — ¿Cuál sería, entonces, la altura de esa columna de agua?

EJERCICIOS. — 1. ¿Qué tara se debe añadir a un globo de 6 lit. 24, o sacar de él, para repetir el experimento que prueba el peso del aire? (1 litro de aire pesa 1 gr. 293).

2. La diferencia de peso de un globo lleno y de otro vacío de aire, es de 5 gramos 750. ¿Cuál es el volumen del globo?

3. La densidad del sulfuro de carbono es de 1,292, la del ácido sulfúrico de 1,84, la del alcohol de 0,793. ¿A qué altura llegarían las columnas de esos líquidos que hiciesen equilibrio a la presión atmosférica?

4. La presión que ejerce la atmósfera sobre un cm^2 es de 1 kg. 033. ¿Cuál es la presión total que soporta el cuerpo humano cuya superficie se valúa en $1\text{ m}^2,50$?

5. Un tubo de Torricelli está inclinado. La distancia del punto donde penetra en el mercurio hasta la proyección del nivel superior a la superficie del baño, es de 8 cm. ¿Cuál es la longitud de la columna mercurial? (Presión = $0\text{m},76$).

6. Un tubo barométrico descansa en un baño de mercurio colocado en aire rarefacto; la columna mercurial tiene una altura de 25mm. ¿Qué fracción de atmósfera representa?

CAPÍTULO VI

BARÓMETROS

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

102. Construcción del barómetro de mercurio. — Para construir este instrumento se toma un tubo de vidrio de un metro de largo, cerrado en una extremidad, y se lo llena de mercurio. Colócaselo después sobre parrillas inclinadas (fig. 60), rodeado de algunos carbones

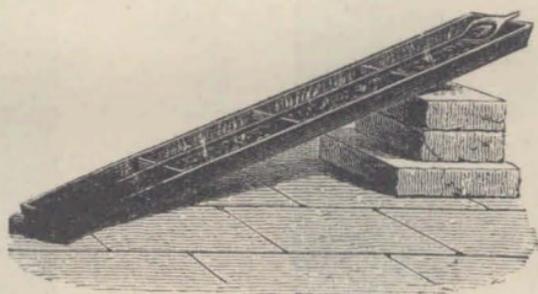


Fig. 60. — Ebullición del mercurio dentro de un tubo barométrico.

encendidos, y se hace hervir el mercurio, empezando por la parte inferior. Cuando está enfriado el mercurio, ya libre del aire y del vapor de agua que hubieran quedado adheridos a las paredes, se invierte el tubo sobre una cubeta de mercurio y se le sujeta contra una regla dividida.

El cero de la graduación corresponde al nivel del mercurio en la cubeta.

Si el tubo es bastante ancho se puede descuidar el menisco, pues es poca la acción capilar; pero si el tubo fuera angosto, se tomaría por nivel el plano que pasa por el medio de la flecha xb del menisco convexo (fig. 61).



Fig. 61.

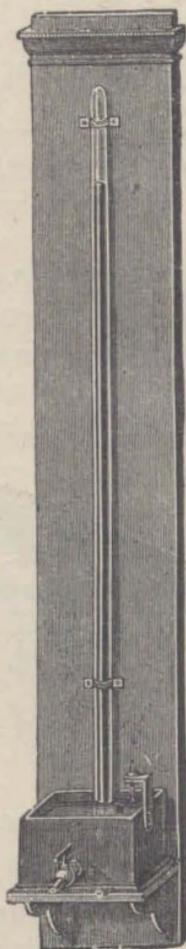


Fig. 62. — Barómetro normal.

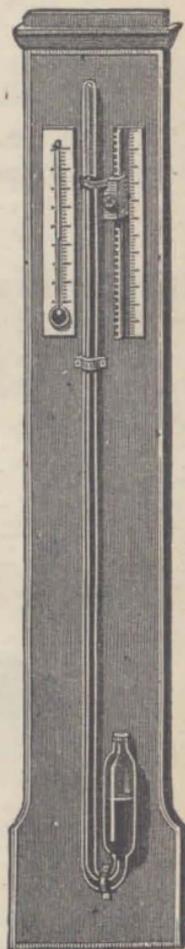


Fig. 63. — Barómetro de sifón

El cero del barómetro así construido, es variable, porque el nivel del mercurio en la cubeta, sobre todo si ésta es angosta, sube o baja según la altura de la columna mercurial. Para evitar esas variaciones, arri-

ba de la cubeta se dispone verticalmente un tornillo que puede correr en una tuerca fija. En el momento de la observación se hace tocar la extremidad inferior del tornillo con el mercurio, y se mide la distancia que separa su extremidad superior del nivel del mercurio en el tubo. Basta entonces añadir la longitud del tornillo a la altura encontrada.

Este instrumento lleva entonces el nombre de *barómetro normal* (Fig. 62); generalmente se le coloca en lugar fijo, sin transportarlo de un punto a otro.

Para que ese aparato sea más servible, se da a la cubeta la forma de un frasco cuya abertura está incompletamente cerrada con una membrana o un tapón (fig. 63). Se llama entonces *barómetro de sifón*.

103. Barómetro de Fortín. — El *barómetro de Fortín* es aquél en que el fondo de la cubeta está formado por

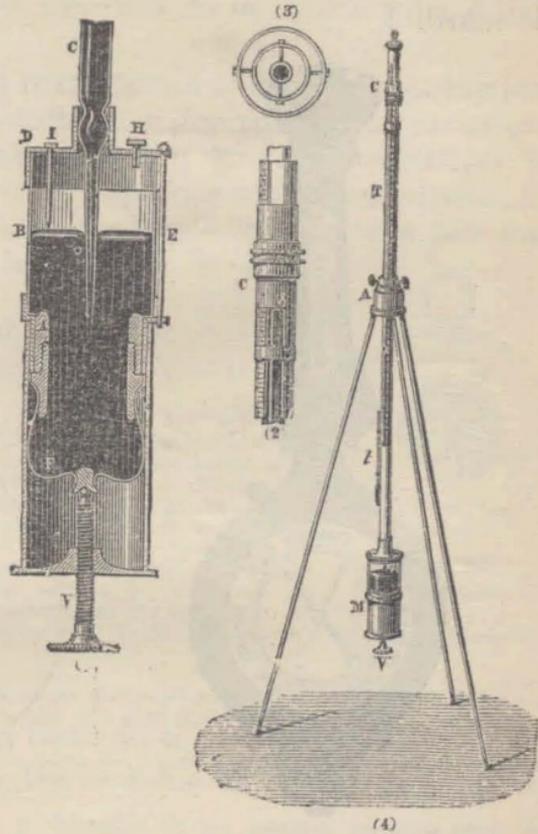


Fig. 64. — Barómetro de Fortín.

1. Detalle de la cubeta; A, anillo de madera; F, fondo de piel; V, tornillo para levantarle; B, anillo de vidrio. 2. escala; H, toma del aire; C, tubo barométrico. 3. Suspensión del barómetro. 4. Disposición para una observación.

piel de gamuza F que un tornillo V puede alzar o bajar (fig. 64). En el momento de la observación, estando el barómetro vertical, se corre el tornillo hasta que el nivel BE del mercurio, en la cubeta, toque la punta de marfil I.

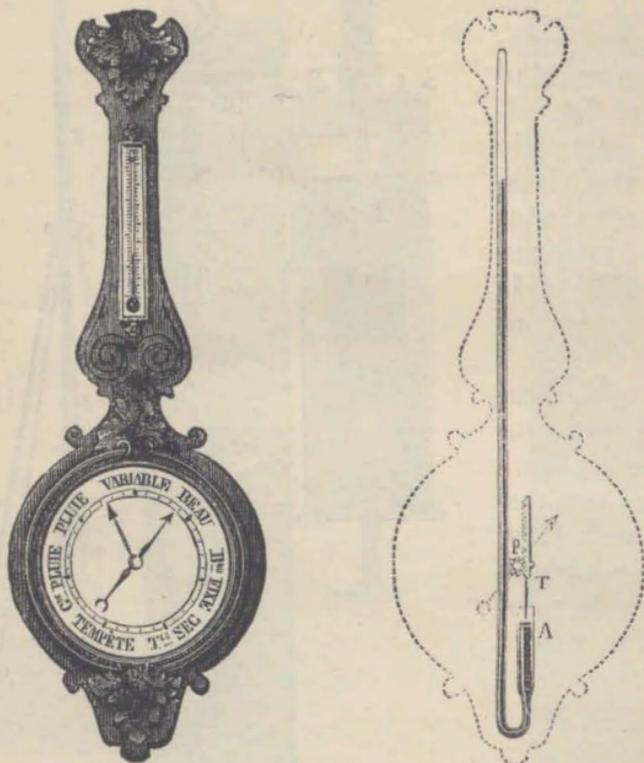


Fig. 65. — Barómetro de cuadrante.

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.

104. Barómetro de cuadrante. — El *barómetro de cuadrante* es un barómetro de sifón oculto detrás de una tablilla que lleva un cuadrante (fig. 65).

Un flotador y una cremallera hacen mover una pequeña polea, cuyo eje, atravesando la tablilla, lleva una aguja que avanza o retrocede en el cuadrante, según que el nivel del mercurio de la cubeta suba o baje.

105. Barómetros metálicos o 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.

Los más conocidos son: el de Vidi (fig. 66) y el de Bourdón.



Fig. 66.
Barómetro de Vidi.

CUESTIONARIO. — ¿Para qué sirven los barómetros? — ¿Cómo se construye un barómetro de mercurio? ¿Por qué se hace hervir el mercurio? — ¿En dónde se marca 0° en el barómetro de cubeta? — ¿Qué punto se considera nivel de la columna mercurial cuando hay el menisco convexo? — ¿Por qué el cero del barómetro de cubeta es variable? — ¿Qué ventaja tiene el barómetro normal? — Describir la cubeta del barómetro de Fortín. — Explicar el funcionamiento del barómetro de cuadrante. — ¿En qué principio se funda la construcción de los barómetros metálicos?

EJERCICIOS. — 1. Los diámetros interiores de una cubeta cilíndrica y un tubo barométrico miden 125 mm. y 8 mm. ¿Qué variación de nivel en la cubeta corresponde a una depresión barométrica de 1 cm.?

2. La altura barométrica varía de 9 mm. ¿Qué cambio de nivel se produce en cada una de las superficies del mercurio en un barómetro de sifón cuyo diámetro es constante?

3. Expresar en gramos la diferencia de las presiones ejercidas sobre una superficie de 1 metro cuadrado sometido a presiones, primero de 721 y de 762 milímetros, límite extremo de las oscilaciones en Buenos Aires.

4. ¿Qué presión se ejerce en los cables submarinos que descansan en el fondo del mar a una profundidad de 3700 metros?

CAPÍTULO VII

LEY DE MARIOTTE. — MANÓMETROS

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

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

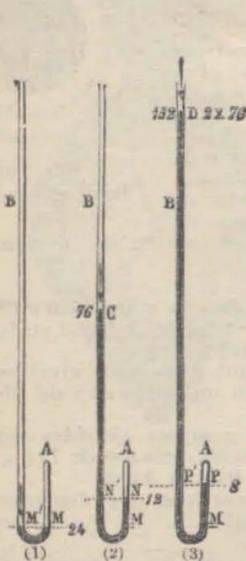


Fig. 67. — Verificación de la ley de Mariotte por las presiones superiores a la presión atmosférica.

- | | | | |
|-----|-----------------|--------|------------------|
| (1) | 1ª experiencia: | 1 vol. | - 1 atmósfera |
| (2) | 2ª | > | : 1/2 vol. - 2 > |
| (3) | 3ª | > | : 1/3 vol. - 3 > |

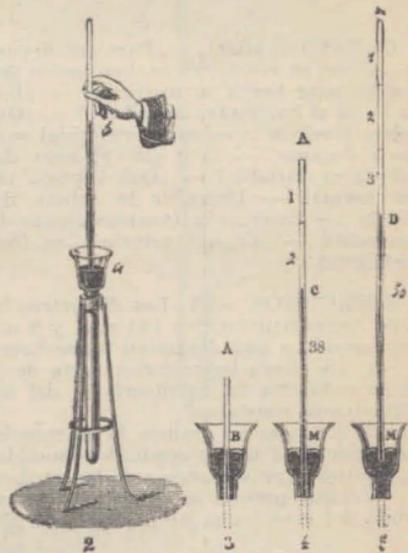


Fig. 68. — Verificación de la ley de Mariotte por las presiones inferiores a la presión atmosférica.

- | | | | |
|----|--------------|----------|---------------|
| 1ª | experiencia: | 1 vol. | - 1 atmósfera |
| 2ª | > | : 2 vol. | - 1/2 > |
| 3ª | > | : 3 vol. | - 1/3 > |

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

El *tubo de Mariotte* es un tubo encorvado (fig. 67) de ramas desiguales. La rama corta está cerrada, y abierta la larga.

Por medio de una columna de mercurio cuyos dos niveles quedan a 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 a la mitad (fig. 67), la diferencia de los niveles N' C es igual a la altura del mercurio en el barómetro; luego el aire interior soporta una presión de dos atmósferas, debida la una a la columna mercurial N' C y la otra a 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 a ser igual a dos veces la del barómetro, lo que prueba que la masa del aire A P está sometida a una presión de tres atmósferas, y así en adelante.

2° Las presiones inferiores a la presión atmosférica se comprueban por medio de la *cubeta profunda* (fig. 68).

El tubo que se usa es un tubo recto. Se lo llena casi enteramente de mercurio, y se lo vuelca en la cubeta profunda sumergiéndolo 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 igual a 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 tiene entonces los dos tercios de la altura barométrica; el aire interior está bajo una presión igual al tercio de la presión atmosférica; y así en adelante.

Llamando V y V' los volúmenes sucesivos corres-

pondientes a la misma masa de aire, H y H' las presiones respectivas, se tiene:

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

El producto VH , del volumen por la presión es, pues, una cantidad constante.

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

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

108. Manómetros de mercurio.— Los *manómetros de mercurio* pueden ser de *aire libre* o de *aire comprimido*.

El *manómetro de aire libre* se compone de un tubo largo de vidrio $C E$ (fig. 69) 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 o 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 a 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 a

la altura ya medida.

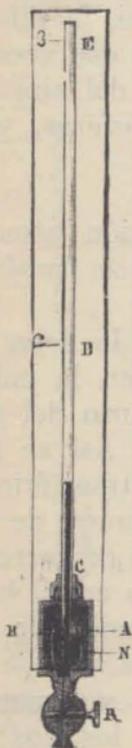


Fig. 69.
Manómetro de aire libre.

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.

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

En el *manómetro de aire comprimido* (fig. 70) 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.

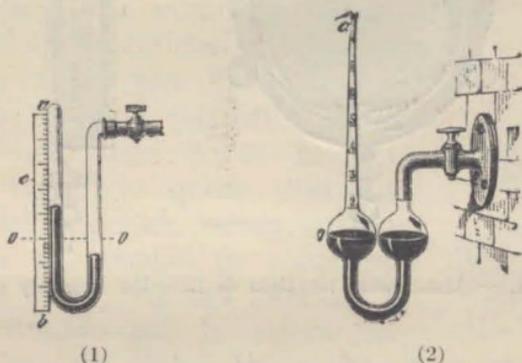


Fig. 70. — Manómetro de aire comprimido.

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 70 (2).

109. Manómetro de Bourdón. — El *manómetro metálico de Bourdón* (fig. 71) se forma de un tubo de cobre achatado, 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 o enrosca según sea mayor o menor la presión interior y así hace mover la aguja delante del cuadrante.

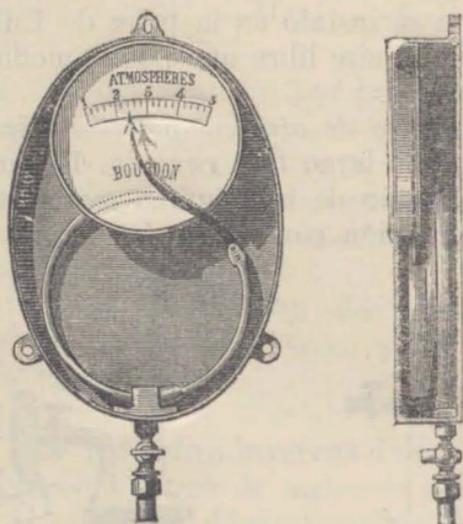


Fig. 71. — Manómetro metálico de Bourdón (frente y perfil).

CUESTIONARIO. — Decid la ley de Mariotte. — ¿Cómo se verifica: 1º para las presiones superiores a la presión atmosférica; 2º para las presiones inferiores? — ¿Con qué fórmula se traduce esa ley? — ¿Para qué sirven los manómetros? — ¿En cuántas clases se dividen? — Describir el manómetro de aire libre. — ¿Qué ventajas y desventajas presenta? — Igual pregunta respecto al manómetro de aire comprimido. — ¿Qué forma se da a la rama cerrada del manómetro de aire comprimido? ¿Por qué? — Describir el manómetro de Bourdón.

EJERCICIOS. — 1. Seguir el cuadro de los experimentos hechos para la ley de Mariotte, hasta que el volumen del aire sea de 6 volúmenes o $\frac{1}{6}$ del volumen primitivo.

2. Una probeta contiene 52 cm³ de aire a la presión de 760. ¿Qué vendrá a ser ese volumen a las presiones de 742 y 781?

3. Un tubo que descansa en un baño de mercurio contiene 46 cm³ de nitrógeno, el barómetro marca 755 mm., la distancia de los niveles del mercurio es de 48 mm. ¿A qué se reducirá la presión del gas si el mercurio llega a 35 mm. en el tubo?

4. En un manómetro de aire libre, la diferencia de los niveles del líquido es de 78 mm.; expresar la tensión del gas, suponiendo que la presión atmosférica sea igual a 760 mm., y que el líquido vertido en el tubo sea primero agua y después ácido sulfúrico. (Densidad del ácido sulf. = 1,84).

5. La diferencia de los niveles de mercurio en un manómetro de aire libre es de 1m,82. ¿Cuál es la presión del gas que levantó aquella columna líquida?

6. El tubo cilíndrico de un manómetro de aire comprimido contiene 35 cm³ de aire bajo la presión normal de 760. ¿Cuáles son las tensiones del gas que reducen su volumen a $\frac{1}{2}$, a $\frac{1}{4}$, a $\frac{1}{10}$ del volumen primitivo?

CAPÍTULO VIII

PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES APLICADO A LOS GASES

110. Barómetro. — Con los gases, el principio de Arquímedes se verifica con el barómetro (fig. 72).

El *barómetro* se compone de dos esferas de volumen desigual que se equilibran en el aire. Si se coloca el aparato bajo el recipiente de la máquina neumática y se hace el vacío, el equilibrio queda destruído a favor de la grande esfera, porque el empuje que recibía de abajo hacia arriba en el aire era superior al empuje recibido por la esfera menor, por ser diferentes los volúmenes de aire desplazados. Esos empujes se suprimen en el vacío, por lo que el equilibrio queda destruído.

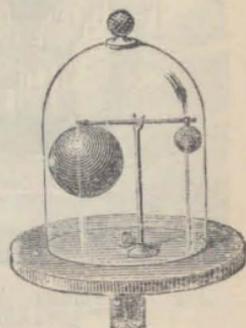


Fig. 72. — Barómetro.

Se puede aplicar a los gases lo que ya se dijo respecto a los cuerpos sumergidos en los líquidos. Un cuerpo sumergido en un gas, cae, flota o sube según su peso sea mayor, igual o menor que el peso del gas que desplaza. Así las burbujas de jabón llenas de hidrógeno o de gas del alumbrado se elevan en el aire, porque el peso de la envoltura de esas burbujas, junto con el peso del gas, da un peso muy inferior al peso del volumen de aire desplazado. Por la misma razón el humo y el aire caliente se elevan en la atmósfera.

111. Pesadas verificadas en el aire. — Las pesadas hechas en el aire dan el peso *aparente* del cuerpo, el cual

es igual al peso *real*, disminuído de la diferencia entre el peso del aire desplazado por el cuerpo y el desplazado por las pesas marcadas.

Para los sólidos y los líquidos se descuida generalmente esta corrección; mas para los gases se la debe tener en cuenta.

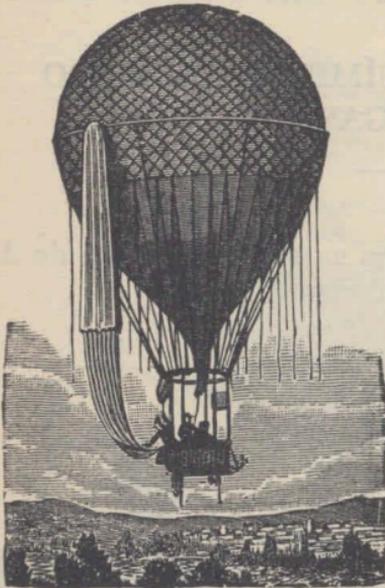


Fig. 73. — Globo con su barquilla y paracaídas.

112. Globos.— El *globo* aerostático (fig. 73) está formado por una envoltura esférica capaz de contener un gas más liviano que el aire (hidrógeno, o más a menudo gas del alumbrado), y de una barquilla colgada de la red que cautiva el globo. Cuando el peso del aire desplazado es mayor que el del aparato, el globo

se eleva con una fuerza ascensional igual a la diferencia de ambos pesos.

No se llena enteramente el globo porque a medida que se levanta, disminuye la presión atmosférica y el gas interior aumenta de volumen.

Para subir, cuando el globo está en equilibrio en la atmósfera, los aeronautas echan *lastre* (arena). Cuando quieren bajar, dejan que el gas se escape por una válvula que se encuentra arriba en la parte superior del globo.

El *paracaídas* sirve algunas veces en la bajada: tiene la forma de un vasto paraguas con una naveilla en su parte inferior. En el centro del paracaídas se encuentra una abertura para la salida del aire.

Los primeros globos fueron construídos en 1783, por los hermanos Montgolfier; esos globos, llamados *montgolfieras*, eran de papel e inflados con aire caliente.

Desde el punto de vista científico, permiten estudiar las altas regiones de la atmósfera, el estado higrométrico, su temperatura, su densidad.

Atrevidos exploradores han hecho ascensiones notables: Gay Lussac (1804) llegó a más de 7 Km.: Glaisher y Coxwel (1863) casi murieron de frío a 8100 m.; Tissandier (1875) y sus dos compañeros que perecieron asfixiados, alcanzó a 8600 m.; *André*, salido de Spitzberg, con el fin de llegar al polo en globo, no ha vuelto.

Hoy se explora sin peligro la atmósfera por medio de *globos-sondas*, provistos de aparatos y de instrumentos automáticos. El *Aerófilo*, globo explorador, llegó en 1895 a 15 Km. donde tuvo que soportar un frío de 63°. En 1897 el mismo globo alcanzó a 17 Km. y según la presión indicada por el barómetro atravesó los $\frac{9}{10}$ de la masa atmosférica.

113. Cálculo de la fuerza ascensional. — Para calcular la fuerza ascensional de un globo, basta restar del peso total del aire desplazado por la envoltura, el gas, los accesorios, etc., el peso de todos esos cuerpos.

Así un globo que desplaza 600 m³ de aire a 0° y a la presión 76 y cuyo peso total es de 770 Kg., tendrá una fuerza ascensional de 5 Kg.

$$F = 600 \times 1 \text{ Kg. } 292 - 770 = 5 \text{ Kg.}$$

114. Navegación aérea. — Globos dirigibles. — *El globo dirigible se sostiene utilizando el empuje del aire y se mueve mediante un propulsor, puesto en acción por un motor.*

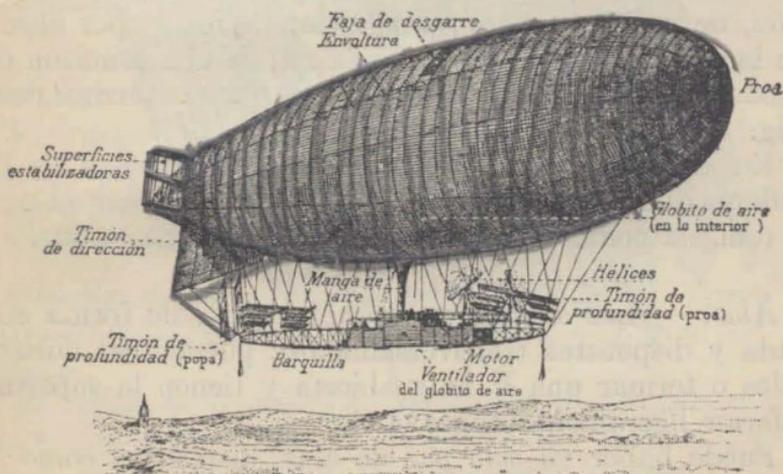


Fig. 74. — Globo dirigible.

Los dirigibles, como los barcos, tienen una forma que les permite separar fácilmente las moléculas del aire e impide que se reúnan tumultuosamente, en remolino, detrás del cuerpo móvil (fig. 74).

La envoltura es liviana, resistente y se hincha con hidrógeno. Cuando la aeronave alcanza su nivel de equilibrio en la atmósfera y está en marcha, puede hacérsela subir o bajar por pequeñas cantidades (unos 100 metros) sin pérdida de lastre ni de gas, por medio de *timones de profundidad*, es decir de planos de inclinación variable, atravesados sobre el eje del globo.

Un *timón de dirección* análogo al de los barcos y colocado en popa, permite hacer maniobrar la aeronave a derecha o a izquierda y mantenerla en una misma dirección a pesar del viento contrario.

Unos *motores de explosión multicilíndricos* ponen en movimiento el *propulsor* constituido por una o varias *hélices*.

115. Aparatos de aviación. — Aeroplanos. — *Los aparatos de aviación (avis, ave) utilizan la resistencia del aire para elevarse encima del suelo y navegar por el espacio.*

Los *aeroplanos* se componen de una superficie de sustentación formada por las alas, de una barquilla para el aviador, de un propulsor movido por un motor de explosión, de varios timones para la conducción y, por último, en la mayor parte de los aeroplanos, de una armazón con ruedas o patines para el lanzamiento y el aterrizamiento (fig. 75).

En los *hidroaviones* la armazón está provista de flotadores que permiten al aparato deslizarse sobre el agua y tomarla como superficie de apoyo para descansar.

Alas. — Las alas de un aeroplano son de forma alargada y dispuestas transversalmente: pueden ser horizontales o formar una V muy abierta y tienen la superficie inferior ligeramente cóncava.

Puede haber *un solo* par de alas, dispuestas como las de los pájaros (*monoplanos*: Blériot, Antoniette, Duper-

dussin, Morane, etc.); o *varias alas superpuestas (biplanos: Farman, Delagrange, Voisin, Wright)*.

Motor y propulsor. — Se emplean motores de explosión extra ligeros (*de 1 a 2 kilos por caballo*). Tienen cilindros múltiples y son ora rotativos (motor Gnome), ora fijos (motores Anzani, Renault, Panhard-Levasseur, etc.).

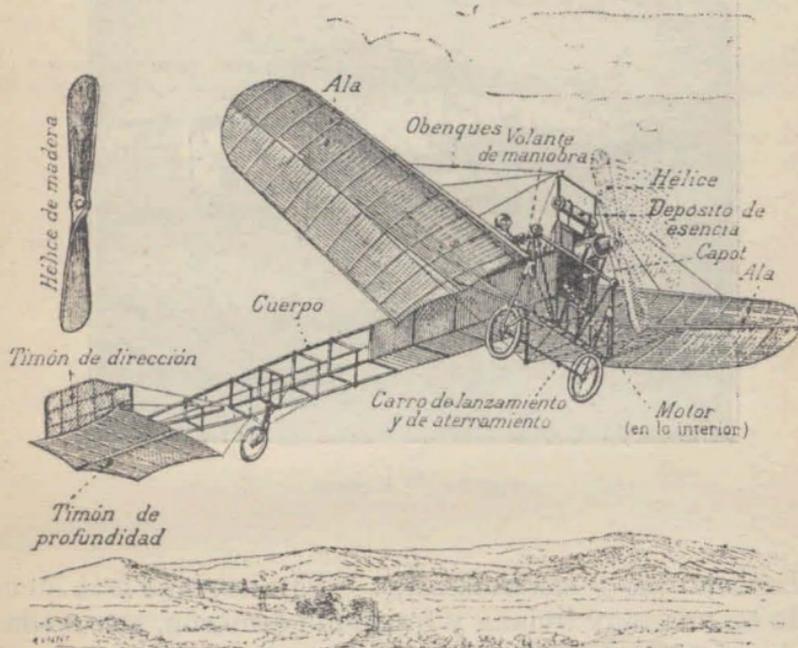


Fig. 75. — Aeroplano (Monoplano).

El órgano propulsor es una hélice de madera. Prefiérense las hélices grandes que giran con poca velocidad (350 a 400 vueltas por minuto) a las hélices menores que dan 1.000 a 1.500 vueltas.

Organos de evolución. — Estos órganos, en forma de planos rígidos, son el *timón de profundidad* y el de *dirección*.

El *timón de profundidad*, colocado frecuentemente en popa, gira alrededor de un eje horizontal. Cuando el aeroplano está en pleno vuelo, lo hace subir o bajar.

El *timón de dirección* es análogo al de los dirigibles: gira sobre un eje vertical. Se lo coloca en popa de la barquilla, muy lejos de las superficies de sustentación, para que el aire ambiente tenga más efecto sobre él.

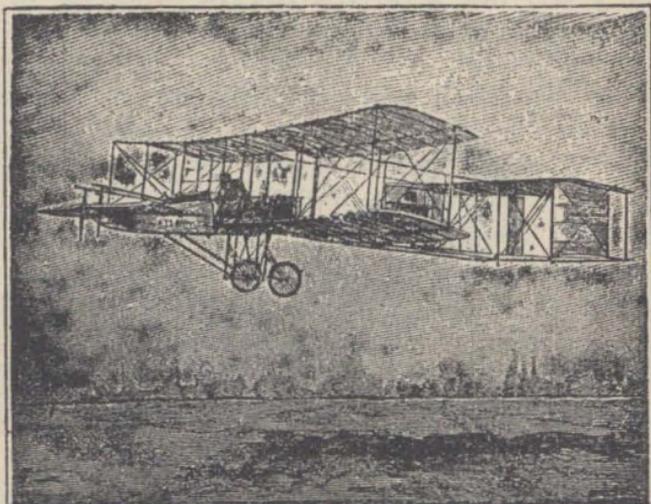


Fig. 76. — Biplano.

Lanzamiento y aterrizamiento. — El aeroplano está montado en una muy liviana y resistente armazón, con ruedas de bicicleta o con patines; también está provista de muelles automáticos.

A impulso de la hélice, que se *atornilla en el aire*, la armazón corre o se desliza por el suelo y, después de un recorrido de 40 a 50 metros con velocidad creciente, el aparato se levanta mediante la acción del viento que obra sobre sus alas.

Para aterrizar, el aviador disminuye la velocidad de su motor y *corta la chispa*: la bajada se hace entonces en vuelo planeado, constituyendo las alas una especie de para-caídas; el timón de profundidad regulariza la bajada y el aparato se posa sobre el suelo. Los muelles amortiguadores disminuyen el ligero choque del aterrizamiento.

CUESTIONARIO. — ¿En qué consiste el experimento del barómetro? ¿Qué enseña? — ¿Por qué las burbujas de jabón llenas de hidrógeno se elevan en el aire? — ¿Las pesadas hechas en el aire dan el peso real de los cuerpos? — ¿De qué se compone un globo? — ¿Qué es el lastre? — ¿Para qué sirve? — ¿Cómo se hace bajar un globo? — ¿Cuál ha sido el fin de las ascensiones científicas? — Cítense los más célebres. — ¿Qué se llama globo-sonda? ¿A qué es igual la fuerza ascensional? ¿Cómo se calcula? ¿Qué sabe usted de la dirección de los globos? — Háblese de los dirigibles y de los aeroplanos.

EJERCICIOS. — 1. En un experimento hecho con el barómetro, el radio de la esfera hueca es de 7 cm. ¿Con qué peso se conservaría el equilibrio en el vacío?

2. El volumen de un globo de tafetán es de $23\text{m}^3,750$. ¿Cuál es el peso del aire que desaloja?

3. Un globo de tafetán vacío pesa 5 gr., su volumen es de 7 lit. ¿Cuál es su fuerza ascensional suponiéndolo lleno de hidrógeno y de gas de alumbrado después? (Dens. del hid. = 0,069; dens. del gas del alumbrado = 0,63).

CAPÍTULO IX

BOMBAS

116. Uso de las bombas. — *Las bombas son unos aparatos destinados a levantar líquidos bajo la influencia de la presión atmosférica.*

Pueden ser: *aspirantes, impelentes y aspirantes e impelentes.*

En todas las bombas, el juego del émbolo tiene por objeto disminuir la presión en el interior del aparato; dicha presión no equilibrando ya más a la exterior, hace subir el líquido en la bomba.

El émbolo de la bomba aspirante está atravesado por el aire o el líquido; el de la bomba impelente es lleno, e impele el líquido en el tubo lateral de desagüe.

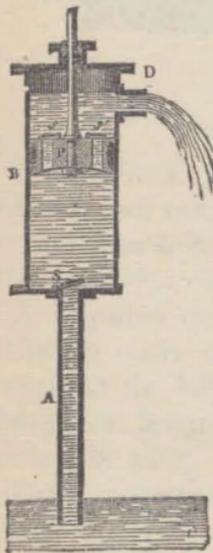


Fig. 77.
Bomba aspirante.

117. Bomba aspirante. — La bomba aspirante (fig. 77) se compone: 1° de un tubo de aspiración A con una válvula de bisagra S que se abre por arriba; 2° de un cilindro B en que se mueve un émbolo P con una o dos válvulas de bisagra s y s' que se abren de abajo arriba; 3° de un tubo de salida D.

Al principio, cuando sube el émbolo estando cerradas las válvulas s y s', el volumen del aire en el tubo de aspiración aumenta y por eso su presión disminuye (N.º 106); la presión atmosférica que se ejerce en la superficie del agua en el depósito lo hace subir en el cuerpo de la bomba.

Cuando baja el émbolo, la válvula S se cierra, y el aire comprimido en el cilindro sale por las válvulas s y s' .

El mismo fenómeno renovándose en cada golpe de émbolo, el líquido llega pronto al cilindro, pasa arriba del pistón cuando éste baja y sube por el tubo de salida D con la ascensión del pistón.

NOTA. — Siendo la presión atmosférica la que hace subir el agua en el tubo de aspiración, y por otra parte una columna de agua de 10m33 (N.º 100, nota) haciendo equilibrio a esa presión, se deduce que si el tubo de aspiración tuviera una longitud superior a 10m33, el agua no llegaría al cilindro.

Esfuerzo necesario para mover el pistón:

1º Para bajarlo: Basta con vencer los roces;

2º Para subirlo: El esfuerzo es igual a la presión F que se ejerce arriba del pistón, menos la presión f que se ejerce abajo: $E = F - f$.

H = altura barométrica.

D = densidad del mercurio.

d = densidad del líquido.

h = altura del cuerpo de bomba.

h' = altura del tubo de aspirac.

S = Superficie del pistón.

$$F = S H D + S h d$$

$$f = S H D - S h' d$$

$$E = S d (h + h')$$

Trabajo ejecutado al levantar el pistón.

$$T = S d (h + h') h$$

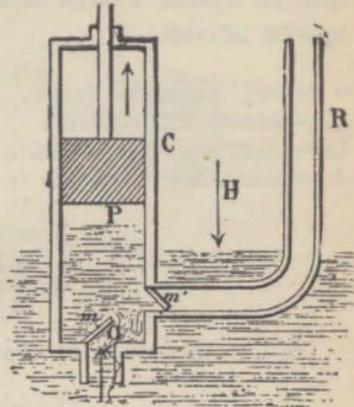


Fig. 78. — Bomba impulsora.

118. Bomba impulsora (fig. 78). — La bomba impulsora es una bomba de pistón lleno cuya parte inferior a lo menos está sumergida en el agua. Un raciocinio idéntico al anterior enseña que 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.

Esfuerzo necesario para mover el pistón:

1° Para subirlo: Basta con vencer los roces;

2° Para bajarlo: El esfuerzo es igual a la presión F que se ejerce abajo del pistón menos la presión f que se ejerce arriba.

S = superficie del pistón.		h' = distancia entre la superficie
H = altura barométrica.		libre del líquido y el tubo
D = densidad del mercurio.		de salida.
d = long. del cuerpo de bomba		d = densidad del líquido.

$$F = S H D + S h' d$$

$$f = S H D$$

$$E = S h' d$$

Trabajo ejecutado al bajar el pistón.

$$T = S h' d \times h.$$

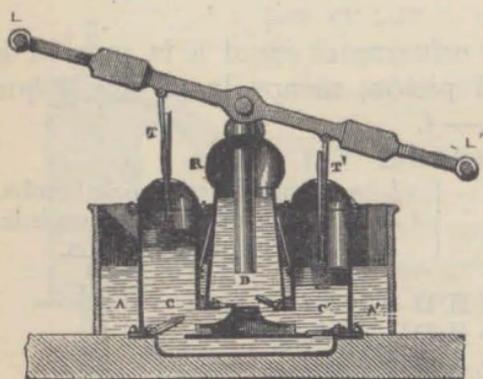


Fig. 79. — Bomba de incendios.

La bomba de incendios (fig. 79) es una doble bomba impulsora con un recipiente de aire comprimido R que regulariza la salida del agua. El agua vertida en A y A' pasa a C y C' bajo la acción de los pistones llenos movidos por las palancas L y L'; la bajada de los pistones la impele des-

pues al recipiente central de donde sale por el tubo de salida D, que remata por un tubo afilado (manga).

119. Bomba aspirante e impulsora.— Como su nombre lo enseña, esa bomba (fig. 80) es una bomba impulsora con un tubo de aspiración. Su maniobra es idéntica a las dos precedentes.

120. Pipeta. — *La pipeta está formada de un tubo de vidrio (fig. 81) 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*

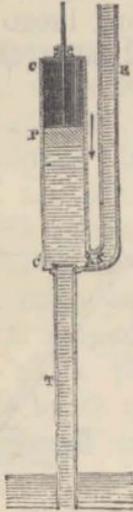


Fig. 80. — Bomba aspirante e impelente.

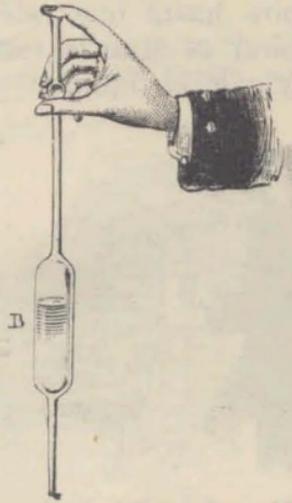


Fig. 81. — La pipeta.

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.

121. Sifón. — *El sifón es un tubo encorvado, de ramas desiguales, abierto en sus dos extremidades. Sirve para trasegar los líquidos sin mover los vasos que los contienen (fig. 82).*

El sifón empieza a funcionar cuando está *cargado*, es decir, lleno de líquido. Ordinariamente se lo carga aspirando con la boca el líquido por una extremidad, estando en el líquido la otra extre-

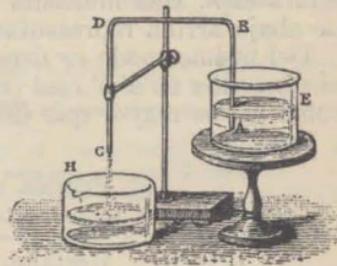


Fig. 82. — Sifón ordinario.

Para los líquidos corrosivos se añade al sifón ordinario una rama lateral (fig. 83) que permite cargar el instrumento sin peligro de que el líquido entre en la boca. 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.



Fig. 83. — Carga del sifón.

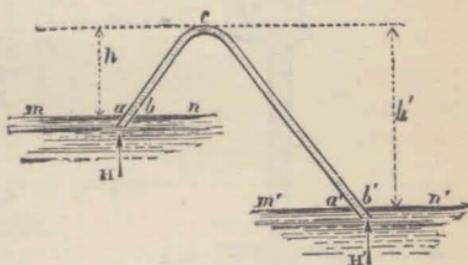


Fig. 84. — Teoría del sifón.

Teoría del sifón. — La presión que se ejerce de abajo arriba en el interior del tubo en ab (fig. 84) es igual a la presión atmosférica H que equivaldría en este caso a una columna de agua de 10m33 (N° 100, nota). Pero el elemento ab recibe también de alto abajo una presión igual al peso de una columna vertical de agua cuya altura es h . Una molécula de agua en ab recibe, pues, una presión de abajo arriba representada por $SHD - Shd$ (1).

Del mismo modo se demostraría que el empuje que se ejerce de abajo arriba en $a'b'$ está representado por $SHD - Sh'd$ (2). Luego, como (1) es mayor que (2), el agua correrá en el sentido HcH' .

Tenemos:

$$\text{Presión en } a = SHD - Shd \quad (1)$$

$$\text{» » } a' = SHD - Sh'd \quad (2)$$

$$\text{Restando (1) de (2) se obtiene } Sd \quad (h'h)$$

$$\text{Pero: } h' > h.$$

Luego, habiendo más presión en a el líquido correrá por a' . Reemplazando las letras por números, tendríamos:

$$\text{Sean } H = 10\text{m}33; ab = 1\text{m}; a'b' = 1\text{m}50; S = 1\text{cm}^2; d = 1.$$

Tenemos:

$$\begin{array}{l} \text{Presión en } a : (1033 - 100) \text{ l } (1) \\ > > a' : (1033 - 150) \text{ l } (2) \end{array}$$

Restando: 50 gr. a favor de a.

Luego el líquido correrá por a' .

122. Fuentes intermitentes. — *Las fuentes intermitentes, así como lo indica su nombre, no corren más que por intervalos.* El agua al acumularse poco a poco en un depósito (figura 85) acaba por llevarlo hasta el nivel M N en cuyo caso el sifón está cargado, y corre el agua por el agujero O hasta que el nivel llegue al orificio interior.

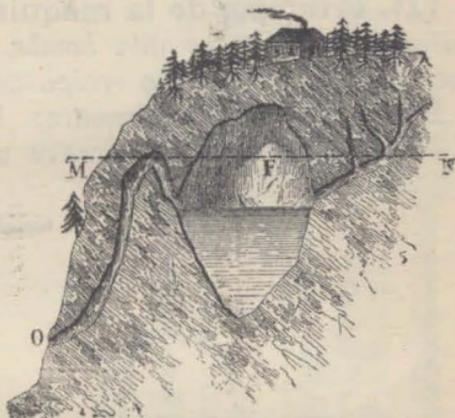


Fig. 85. — Fuentes intermitentes.

CUESTIONARIO. — ¿Para qué sirven las bombas? ¿Cuál es el objeto de la maniobra del pistón en las bombas? — ¿De qué se compone la bomba aspirante? Explicar su maniobra. — ¿Puedese con la bomba aspirante levantar el agua hasta una gran altura? ¿Por qué? ¿Qué es una bomba impelente? — ¿Qué particularidad presenta la bomba de incendio? — ¿Para qué sirve la pipeta? — ¿Qué cosa impide que salga el agua de la pipeta cuando se tapa con el dedo la parte superior? — ¿Qué es el sifón? — ¿Para qué sirve? — *Explicar su funcionamiento.* — ¿Qué se llaman fuentes intermitentes? Explicar la intermitencia de su escape.

EJERCICIOS. — 1. En una bomba impelente, el diámetro del cuerpo de bomba tiene 15 cm., el vaivén del pistón es de 35 cm. ¿Cuántas veces obrará el pistón para que el agua salga del tubo de salida el cual tiene 3 m. de largo y 4 cm. de diámetro interior?

2. ¿Con qué fuerza el pistón se alzaré en el movimiento ascendente de una bomba impelente cargada, cuyo tubo de aspiración tiene 5 metros?

3. La base de un pistón de una bomba impelente es un círculo de 10 cm. de diámetro, la sección horizontal del tubo de salida tiene 3 cm. de diámetro. Calcúlese la presión que se debe desarrollar sobre el pistón para levantar el agua a 10 m. más arriba de la base del pistón.

4. En una bomba de incendio, el volumen del recipiente está reducido a los $\frac{2}{3}$ del volumen primitivo. ¿Con qué fuerza está impelida el agua? ¿Hasta qué altura puede lanzarse?

5. La rama menor de un sifón mide 25 cm. ¿Cuál debe ser en fracción de atmósfera el exceso de presión atmosférica necesaria para cargar el sifón, primero con agua y luego con ácido sulfúrico cuya densidad es de 1,84?

6. Una pipeta de 27 cm. de largo está llena de ácido sulfúrico ($D = 1,84$). ¿Qué parte de la presión atmosférica se necesita para que se escape el ácido sulfúrico?

CAPÍTULO X

MÁQUINA NEUMÁTICA

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

Se compone esencialmente: 1° de un *cuerpo de bomba* C (fig. 86) en que se mueve un pistón P, atravesado

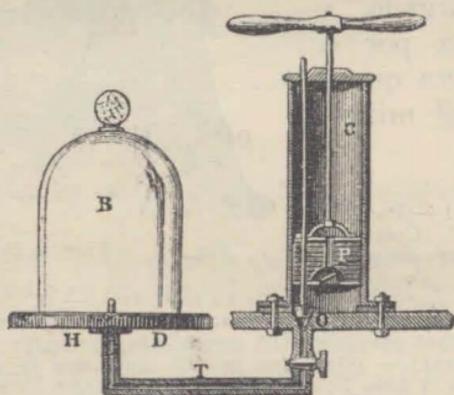


Fig. 86. — Máquina neumática.

C, cuerpo de la 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.

por un agujero que cierra una válvula; 2° 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 a la de la bomba aspirante.

Cuando el pistón sube, levanta la varilla que lo atraviesa 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 atraviesa el pistón.

Los mismos fenómenos se repiten cada vez.

123. Máquina neumática ordinaria. — La *máquina neumática ordinaria* es una máquina de dos cilindros

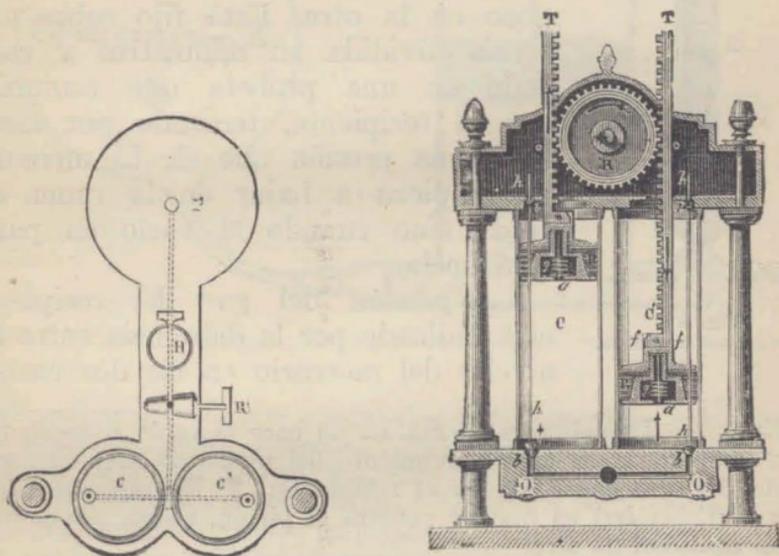


Fig. 87. — Máquina neumática ordinaria

1. 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 dos cuerpos de bomba y el recipiente.
2. Plano de la máquina; P, platina; cc', cuerpo de bomba; PCC', tubo de comunicación; H, barómetro truncado; R, llave.

(fig. 87). Los pistones están reunidos y son movidos por medio de cremalleras T T', de tal manera que uno sube cuando el otro baja.

Esa disposición tiene por objeto destruir el efecto 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, o poner en

comunicación a éste con el exterior. Un *barómetro truncado* (fig. 88) que comunica con el aire del recipiente, señala la presión interior a cada momento. Ese barómetro es un tubo en U, cuyas ramas están cerradas la una y abierta la otra.

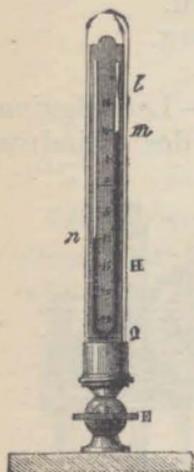


Fig. 88.
Barómetro truncado.

El mercurio llena enteramente la rama cerrada mientras que se eleva poco en la otra. 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 a bajar en la rama cerrada sino cuando el vacío en parte está hecho.

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

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

125. Bomba de compresión. — *La bomba de compresión es una bomba impelente que sirve para almacenar grandes cantidades de gas en un recipiente.*

Se compone de un cilindro C (fig. 89), en que se mueve un émbolo E; en la parte inferior del cilindro se abren dos tubos provistos de sendas válvulas. El primer tubo comunica con el exterior y su válvula *s* se abre hacia adentro; el 2° comunica con el recipiente R en que se quiere comprimir el gas y su válvula *r* se abre hacia afuera.

Cuando el émbolo sube *s* se abre y el aire exterior llena el cilindro; a la bajada del émbolo *s* se cierra, el aire comprimido abre la válvula *r* y penetra en el recipiente R, etc.

125. Máquinas 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 le reemplaza ordinariamente por la *bomba de mano*, que es una bomba aspirante e impelente.

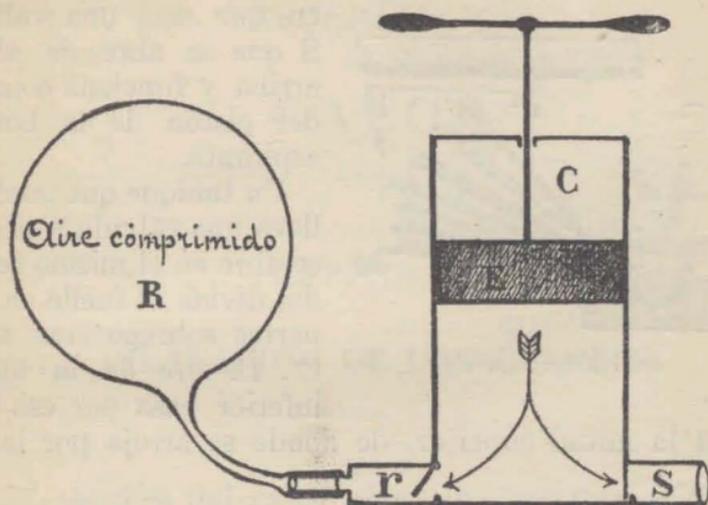


Fig. 89. — Bomba de compresión.

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

1º 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 al que se hace llegar el aire por medio de un tubo flexible por medio del cual comunica con una bomba de compresión.

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

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

4º 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.

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

Funciona como una bomba aspirante. Por medio de la cuerda M P (fig. 90), se mueve la palanca M N,

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.

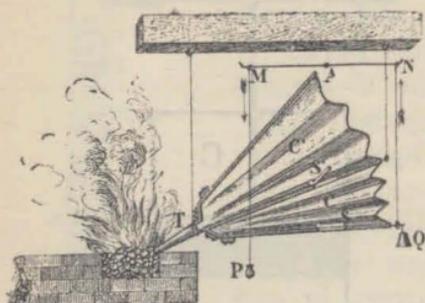


Fig. 90. — Fuelle.

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 a la mitad superior, de donde se arroja por la tobera T.

CUESTIONARIO. — ¿Para qué sirve la máquina neumática? — ¿Cuáles son sus órganos 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 difiere la máquina de compresión de la máquina neumática? — Darse algunos ejemplos de aire comprimido. — ¿Para qué sirve el fuelle? ¿Cómo funciona?

EJERCICIOS. — 1. En una máquina neumática, el recipiente mide 8 litros, el cuerpo de bomba 2 litros, la presión inicial es de 754 mm. Buscar la expansión del aire después de dos movimientos del pistón.

2. El cuerpo de bomba de una máquina neumática mide un litro. ¿Cuál debe ser el volumen del recipiente con que lo hacen comunicar para que desde el primer movimiento del pistón, la expansión del gas se reduzca a la mitad de su valor primitivo? — ¿Cuál será la presión del gas después de tres movimientos del pistón?

3. En una máquina neumática, los volúmenes del recipiente y del cuerpo de bomba son respectivamente iguales a 4 litros y a un litro. Búscuese el volumen que ocuparía el aire quedando en el recipiente después de dos movimientos del pistón, si se redujera a la presión inicial.

TERCERA PARTE

CALOR

CAPÍTULO I

DILATACIÓN DE LOS CUERPOS

127. Acción del calor sobre los cuerpos. — *El calor es la causa que produce en nosotros la sensación de caliente y de frío.*

Los principales efectos del calor son: 1º dilatar los cuerpos; 2º hacerlos cambiar de estado.

Se admite que el calor resulta de un movimiento vibratorio más o menos rápido de las moléculas. Cuando la velocidad de las moléculas aumenta, el cuerpo se calienta; cuando disminuye, el cuerpo se enfría.

128. Dilatación de los sólidos. — Los sólidos experimentan dos clases de dilataciones por la acción del calor: la dilatación lineal o de longitud, y la dilatación cúbica o de volumen.

129. Dilatación lineal. — La dilatación lineal se demuestra con el pirómetro de cuadrante (fig. 91).

Una varilla metálica fija en A, viene a tocar en B una

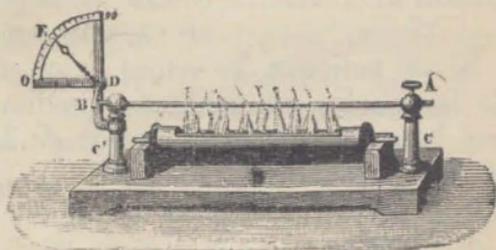


Fig. 91. — Pirómetro de cuadrante.

aguja E movable delante de un cuadrante. Al calentarse la varilla, se alarga y mueve la aguja.

Cuando la varilla se enfría, la aguja vuelve a su primera posición.

Aplicaciones. — Se calientan los aros de las ruedas de los coches antes de colocarlos. El círculo calentado envuelve entonces exactamente las llantas de la rueda, y al enfriarse su contracción aprieta las piezas y las hace más sólidas.

Se deja un pequeño intervalo entre los rieles consecutivos de las vías férreas para que puedan alargarse cuando la temperatura aumenta: sin estas disposiciones la dilatación los encorvaría en su parte media.

No se sueldan las piezas metálicas de las techumbres, sino que se las sujeta por medio de clavos especiales que atraviesan agujeros bastante grandes para permitir la dilatación.

El *péndulo compensador* es un sistema de varillas de metales diferentes que se dilatan en opuestas direcciones y así mantienen constante la longitud de las péndulas.

En el verano, los hilos telegráficos están menos tendidos que en invierno.

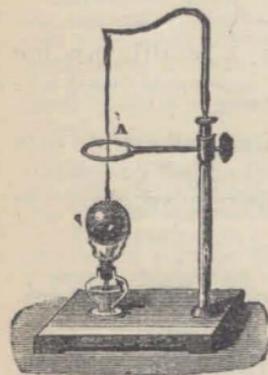


Fig. 92.

Anillo de S'Gravesandé.

130. Dilatación cúbica.—La dilatación cúbica se evidencia por medio del anillo de S'Gravesandé (figura 92). Ese aparato se compone de una esfera de cobre que estando fría pasa exactamente por un anillo del mismo metal.

Calentada, ya no pasa por el anillo: luego su volumen aumentó.

Si se calienta el anillo solo, la esfera pasa sin frotamiento; luego el espacio anular aumentó.

Si se calienta la esfera y el anillo, las dimensiones de las partes en contacto quedan respectivamente iguales: luego *los espacios vacíos de los cuerpos crecen como si fuesen llenos.*

Aplicaciones. — Para sacar un tapón esmerilado que resiste los esfuerzos ordinarios, se calienta con cuidado el cuello del frasco; la abertura se ensancha, lo que permite sacar el tapón.

El calentamiento o el enfriamiento súbito de los cuerpos de paredes espesas producen una dilatación desigual de las paredes, por lo cual se rompen esos cuerpos. Por eso es que un vaso de paredes espesas se rompe cuando se le echa agua caliente, mientras que un vaso de paredes delgadas no se rompe.

131. Dilatación de los líquidos. — *Los líquidos se dilatan más que los sólidos; se lo demuestra del modo siguiente:*

Un globo B, completamente lleno de agua coloreada, está cerrado con un tapón atravesado por un tubo largo: la introducción del tubo en el tapón hace subir el líquido en el tubo hasta una cierta altura que se señala con una tirita de papel pegada contra el tubo. Se sumerge entonces el globo en agua caliente (figura 93) y se ve bajar inmediatamente el nivel del agua en el tubo. Ese fenómeno es debido a que en el momento de la inmersión la pared del globo se calienta y por tanto se dilata: de este modo su capacidad aumenta y el nivel del líquido en el tubo ha de bajar. Pero a su vez el agua del globo se calienta poco a poco, y como el agua se dilata más que el vidrio, el nivel vuelve pronto a su posición inicial que tanto más traspasará después cuanto más suba la temperatura.

Los termómetros de líquidos se fundan en la dilatación de los líquidos.

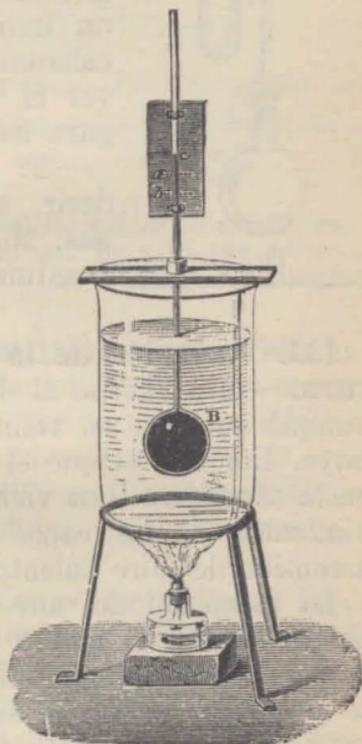


Fig. 93. — Dilatación de los líquidos.

132. Dilatación de los gases. — Los gases son muy dilatables: 1º Si la presión no cambia, es decir, si se deja a los gases dilatarse libremente, su volumen crece con la temperatura: se lo evidencia al calentar en un globo una masa de aire separada de la atmósfera por un índice de líquido coloreado. Basta calentar el globo con la mano para ver el índice avanzar en seguida (figura 94).

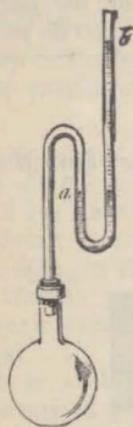


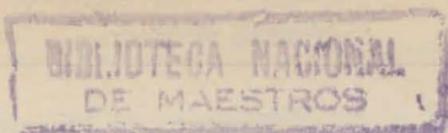
Fig. 94.
Dilatación de los gases.

2º Si no cambia el volumen, es decir, si se impide que se dilate el gas, su tensión aumenta con la temperatura.

133. Variación de la densidad según la temperatura. — Un cuerpo al dilatarse conserva el mismo peso aunque aumente su volumen: luego su densidad disminuye. Por eso es que el humo y el aire caliente suben en la atmósfera. Los vientos son producidos por los movimientos de las capas atmosféricas, motivados por la ascensión del aire calentado en la superficie de la tierra.

La ascensión del aire caliente produce el tiro de las chimeneas. Si se coloca un foco de calor debajo de un ancho tubo vertical abierto en sus dos extremidades, se nota que las llamas, los cuerpos livianos que se aproximan a la extremidad superior son llevados o arrojados por la corriente de aire caliente, mientras que en la parte inferior del tubo son atraídos por la llegada del aire frío.

CUESTIONARIO. — ¿Cuáles son los principales efectos del calor? — ¿Cuántas clases de dilataciones se verifican en los sólidos? — ¿Cómo se demuestra que una varilla metálica se alarga cuando se calienta? — Dar ejemplos de la dilatación lineal. — ¿Cómo se demuestra la dilatación cúbica? — ¿Por qué un vaso de paredes espesas se rompe cuando en él se vierte agua caliente? — ¿Cómo se verifica que el calor dilata los líquidos? — ¿Por qué el líquido baja en el momento en que se sumerge el globo en agua caliente? — ¿Cómo se demuestra que los gases se dilatan cuando se los calienta? — ¿Son muy dilatables? — ¿Cómo varía la densidad de un cuerpo cuando se lo calienta? — ¿Por qué las chimeneas no tiran sino cuando hay fuego?



CAPÍTULO II

TERMÓMETROS

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

La temperatura de un cuerpo es su estado calorífico actual, caracterizado por la constancia de su volumen. La variación del volumen puede, pues, servir para medir la temperatura.

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

Para las temperaturas muy bajas se emplean los termómetros de alcohol; pero estos instrumentos no pueden servir más allá de los 50° por causa de los vapores del alcohol que se forman y que podrían romper el tubo.

Los sólidos tienen la desventaja de ser poco dilatables y la de serlo demasiado los gases.

Los *termómetros de gases* son muy sensibles, pero exigen una manipulación muy delicada; no sirven sino en algunos casos particulares que exigen una gran precisión.

135. Construcción del termómetro de mercurio.—
1° *Preparación del tubo.* — Hay que examinar desde luego si la capacidad es regular, es decir, si la sección interior del tubo es igual en toda la longitud. Para eso se hace correr un índice de mercurio en el tubo, y se

observa si dicho índice conserva el mismo largo. Si en algún punto disminuye de largo, es por haber un ancho en ese punto; si por el contrario se alarga, es por ser más angosto el tubo. En ambos casos, no puede servir el tubo, debiéndoselo desechar. Cuando se ha encontrado un tubo regular, se suelda una perilla en un extremo, y en el otro una ampolla que remate en una punta fina. El comercio proporciona envolturas termométricas ya preparadas.

2° *Acción de llenar el tubo.* — Se calienta la perilla R. (fig. 95); una parte del aire sale del tubo; se sumerge entonces la ampolla A

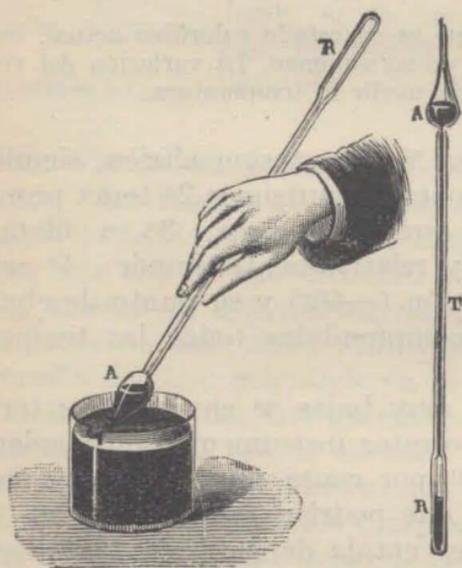


Fig. 95. — Modo de llenar un termómetro de mercurio.

en el mercurio; y mientras se enfría el aire interior, la presión atmosférica hace subir el mercurio en la ampolla. Basta entonces levantar el tubo y calentar de nuevo la perilla para hacer salir nueva cantidad de aire que, después del enfriamiento, reemplazan algunas gotas más de mercurio, y se hace hervir después.

Los vapores de mercurio rechazan los últimos restos de aire, y su condensación hace bajar el mercurio por todo lo largo del tubo. Se lleva el instrumento a la mayor temperatura que debe marcar, se saca la ampolla, y se cierra el tubo con la lámpara.

3° *Graduación.* — La graduación del termómetro consiste en buscar primero dos puntos fijos con que se determinan después los grados del termómetro.

Uno de esos puntos corresponde a la temperatura del hielo que se derrite, y el otro a la del vapor de agua hirviente. Para obtener dichos puntos, se coloca el termómetro en un vaso lleno de hielo (fig. 96); el vaso está abierto en su parte inferior para dejar correr libremente el agua de fusión. Cuando no baja más el mercurio, se marca 0° en el punto en que se paró.

Se coloca después el instrumento en una estufa de vapor de agua hirviente (fig. 97); el nivel del mercurio

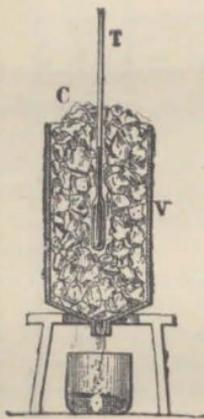


Fig. 96.

Determinación del cero.

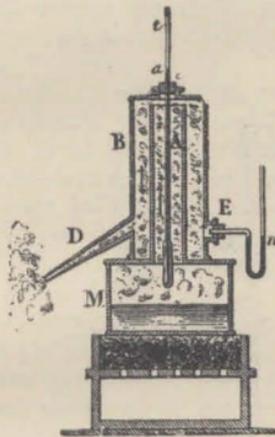


Fig. 97.

Determinación del punto 100.

sube y por fin se para; se marca 100° si la presión atmosférica es de 760 mm.; en el caso contrario, se añade o se saca 1° por cada 27 mm. de diferencia. Un pequeño manómetro de agua en comunicación con el vapor por medio del tubo E, permite comparar la expansión de ese vapor con la del ambiente y en caso necesario hacer la corrección debida a la diferencia de presión.

Se divide el espacio desde 0° hasta 100° en 100 partes iguales que son los grados de la escala; después se continúan las divisiones más allá de los puntos extremos. Los grados debajo del cero tienen el signo —.

136. Construcción del termómetro de alcohol.—Se introduce alcohol en el embudo (fig. 98) y se calienta un tanto el depósito. El líquido baja en el tubo al enfriarse el aire, bajo la acción de la presión atmosférica. Se lo gradúa comparándolo con el termómetro de mercurio.

137. Diferentes escalas. (fig. 99). — Las principales graduaciones termométricas son:

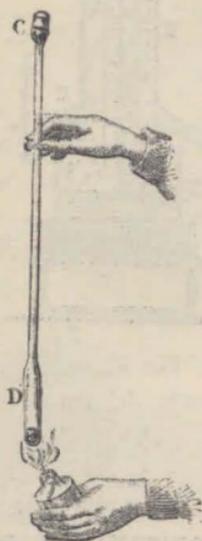


Fig. 98. — Relleno de un termómetro de alcohol.



Fig. 99. Escalas termométricas.

1° La *escala centígrada*, cuyo 0° corresponde a la temperatura del hielo fundente y el 100° a la del vapor del agua hirviendo.

2° La *escala de Reaumur*: el 0° también corresponde a la temperatura del hielo fundente y el 80° a la del agua hirviendo.

3º 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.

100º centígrados valen, pues, 80º de Reaumur o 180º de Fahrenheit; luego 1º centígrado vale $4\frac{1}{5}$ del grado de Reaumur y $9\frac{1}{5}$ del grado de Fahrenheit.

NOTA. — Para que sea sensible el termómetro es necesario que el depósito sea lo más grande posible y el 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 a que se los destina.

138. Termómetro de máxima. — *El termómetro de máxima indica la mayor temperatura a que ha llegado el instrumento.* Es un termómetro de mercurio, de tubo acodillado horizontalmente, (fig. 100). El índice A avanza hacia la derecha del tubo al subir la temperatura, y allí queda cuando baja la temperatura. Su posición indica, pues, la temperatura mayor que ha señalado el instrumento.

139. Termómetro de mínima. — *El termómetro de mínima indica al contrario la temperatura más baja habida en un tiempo dado.* Es un termómetro de alcohol, de rama acodiliada horizontalmente (fig. 100). Cuando disminuye la temperatura, el índice es arras-

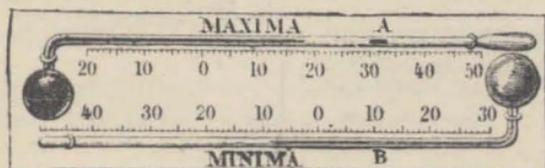


Fig. 100. — Termómetro de máxima y de mínima.

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

trado por el líquido. Cuando se eleva, el índice no se mueve. Cuando ambos instrumentos están fijos sobre la misma tabla, como en la figura adjunta, basta levantar la derecha del aparato para volver el índice a la extremidad de cada columna líquida a fin de que puedan emplearse de nuevo los termómetros.

CUESTIONARIO. — ¿Para qué sirven los termómetros? — ¿Cuál es el mejor cuerpo termométrico y por qué? — ¿En qué caso se usa el alcohol? — ¿Por qué no se usan generalmente los sólidos ni los gases? — ¿Cómo se verifica la regu-

laridad del tubo termométrico? — ¿Cómo se llena de mercurio un tubo termométrico? — ¿Cómo se debe hacer para llenarlo de alcohol? — ¿Cómo se determina la graduación del termómetro de mercurio? — ¿Cómo se indican los grados inferiores a la temperatura del cero? — ¿Qué diferencia hay entre la graduación de los termómetros centígrados, de Reaumur y de Fahrenheit? — ¿Qué se necesita para que el termómetro sea sensible? — ¿Qué se necesita para que dé pronto la temperatura? — ¿Para qué sirven los termómetros de máxima y de mínima? — ¿Cómo se construyen?

EJERCICIOS. — 1. Los depósitos de dos termómetros de mercurio tienen el mismo volumen, los diámetros interiores de sus tubos tienen la relación de 1 a 10. Buscar la relación de las longitudes de un grado en cada instrumento.

2. Los depósitos de los dos termómetros tienen el mismo volumen: las longitudes que ocupan los intervalos fundamentales en los tubos, tienen la relación de 1 a 2. Buscar la relación de las secciones y de los radios interiores de los dos tubos.

3. ¿A cuántos grados centígrados corresponden 45° , 50° , 25° , 8° de Reaumur?

4. Convertir 45° , 60° , 40° , 23° de Reaumur en grados de Fahrenheit.

5. Un termómetro de Fahrenheit está sumergido en un baño junto a un termómetro centígrado. ¿Qué indicaciones dará cuando el centígrado señale 50° , 75° , 10° ?

CAPÍTULO III

COEFICIENTES DE DILATACIÓN

140. Definiciones. — Se llama *coeficiente de dilatación lineal* de un cuerpo el largo de que crece la unidad de longitud de ese cuerpo para una elevación de temperatura de un grado.

El *coeficiente de dilatación cúbica* es el aumento de la unidad de volumen de ese cuerpo en las mismas condiciones.

Los coeficientes de dilatación varían según los cuerpos, el coeficiente de dilatación cúbica es sensiblemente y siempre el triple del coeficiente de dilatación lineal.

Para los líquidos y los gases, no se considera más que el coeficiente de dilatación cúbica.

141. Coeficientes de dilatación lineal de los sólidos. — *Método de Lavoisier y Laplace.* — Se toma una varilla A B (fig. 101) de la substancia cuyo coeficiente de dilatación se busca y se la coloca

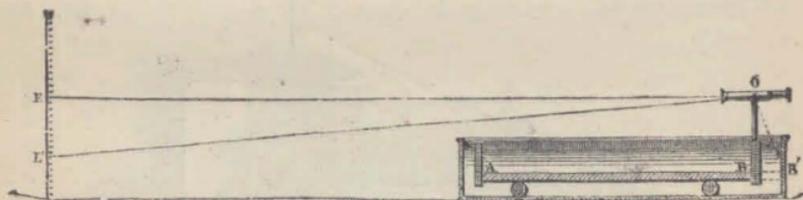


Fig. 101. — Principio del método de Lavoisier y Laplace.

encima de los cilindros de vidrio en el fondo de una cubeta en que se haya puesto hielo fundente. La extremidad A descansa en un punto fijo, mientras que la extremidad B viene a dar en una palanca B O cuyo movimiento hace inclinar un anteojo móvil alrededor del punto O.

Cuando la varilla tiene la temperatura del hielo fundente, es decir, cuando se encuentra a la temperatura de 0° , se fija con el anteojo un punto de una escala vertical muy distante y se toma nota de la visión correspondiente E.

Se reemplaza luego el hielo con agua o aceite que se lleva a una temperatura conocida t ; la extremidad B llega entonces a B', el anteojo se inclina y su eje toma la dirección O E'. Se toma nota de la división E' y se mide E E'.

El largo alcanzado $B B'$, es con relación a la longitud de la palanca $B O$, lo que la longitud $E E'$ con relación a la distancia $O E$ o sea:

$$\frac{B B'}{B O} = \frac{E E'}{E O} \quad B B' = \frac{E E' \times B O}{E O}$$

Pero $B O$ y $O E$ pueden medirse, y la proporción permitirá averiguar $B B'$.

Si L es el largo de la varilla a la temperatura de 0° , y si el segundo experimento se hizo a la temperatura t , el coeficiente de dilatación lineal será según definición:

$$d = \frac{B B'}{L \times t}$$

La cubierta está colocada entre cuatro pilarcitos de piedra (fig. 102) para que queden inmóviles las diferentes piezas. El juego del apa-

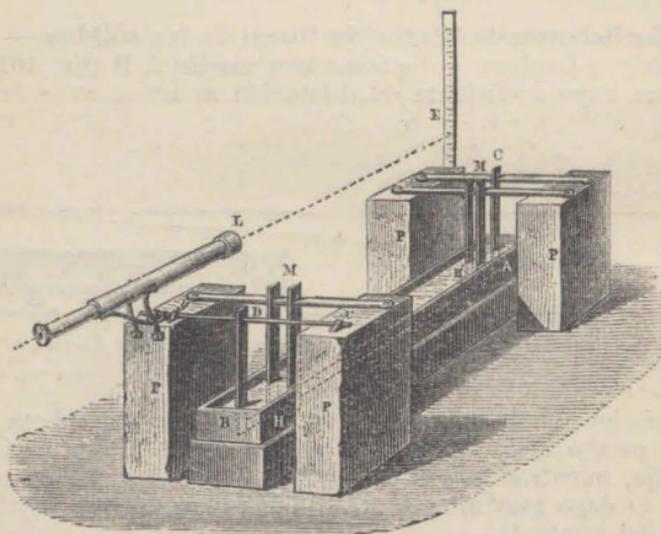


Fig. 102. — Dilatación lineal de los sólidos (Lavoisier y Laplace).

A B, varilla metálica; D, brazo de palanca acodillada; xy , su eje; L, anteojo; E, escala dividida; P, postes de piedra.

rato recuerda el del pirómetro de cuadrante (Nº 129), la aguja se reemplaza aquí por la dirección del eje del anteojo.

Los coeficientes de dilatación lineal son siempre muy pequeños; el del vidrio, por ejemplo, es 0,0000086; el del zinc, 0,000029.

142. Coeficiente de dilatación de los líquidos. — Método de Dulong y Petit. — El aparato de que se valieron Dulong y Petit para determinar el coeficiente de dilatación del mercurio, se compone de dos tubos comunicantes A y C (fig. 103) que se mantienen a temperaturas diferentes, pero conocidas. La temperatura de las dos ramas siendo diferentes, el mercurio no tiene la misma densidad en cada una (Nº 133), luego los dos niveles no quedan en el mismo plano horizontal. De la medida de esa diferencia de nivel dedujeron esos dos físicos el coeficiente de dilatación a del mercurio.

$$\frac{h^o}{h^t} = \frac{D^t}{D^o}$$

$$D^t = \frac{D^o}{1 + at}$$

$$\frac{h^t - h^o}{h^o t} = a$$

Para los líquidos se debe recurrir a procedimientos indirectos para determinar su coeficiente de dilatación, por ser imposible calentarlos sin dilatar a un tiempo el vaso que los contiene. En el

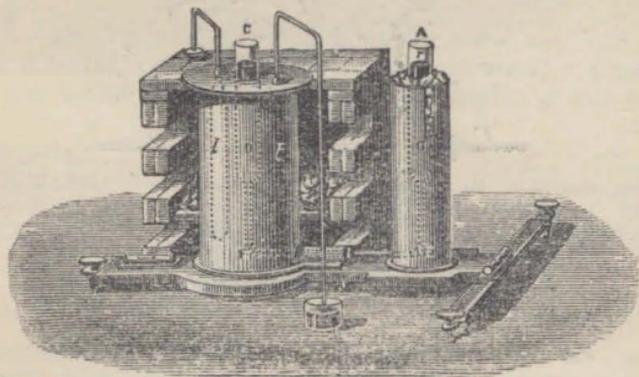


Fig. 103. — Dilatación absoluta del mercurio (Dulong y Petit).

C D, A B, tubos comunicantes; F E, tubo capilar; t, termómetro de peso.

método precedente, no hay que hacer caso de la dilatación de los vasos, porque en los vasos comunicantes, la altura del líquido es independiente de la forma y dimensión de los vasos (Nº 78).

El coeficiente de dilatación cúbica del mercurio es 0,000179; el del alcohol, 0,001049; el del éter, 0,001515.

143. Coeficiente de dilatación de los gases.—*Método de Gay-Lussac.* — Una masa de gas se introduce en un globo pequeño que tiene un tubo largo y está aislado de la atmósfera por un índice de mercurio. El globo se introduce en una cubeta (fig. 106) y se lo lleva a la temperatura cero con hielo fundente; el índice de mercurio se para en un punto que se marca. Se reemplaza después el hielo con agua o aceite, que se lleva a una temperatura conocida; la dilatación de la masa gaseosa se mide entonces con el desplazamiento del índice. Conocido este aumento de volumen, el volumen del gas a la temperatura cero, y a la temperatura a que se lo llevó, se deduce el coeficiente de dilatación.

Hay que tener en cuenta la dilatación del vaso y hacer una corrección relativa a la presión, si la altura barométrica hubiere variado entre las dos operaciones.

$$\frac{Vt(1 + kt) - V_0}{V_0 t} = \alpha$$

El coeficiente de dilatación del aire es 0,002670; el del hidrógeno, 0,003666; el del anhídrido carbónico, 0,003710.

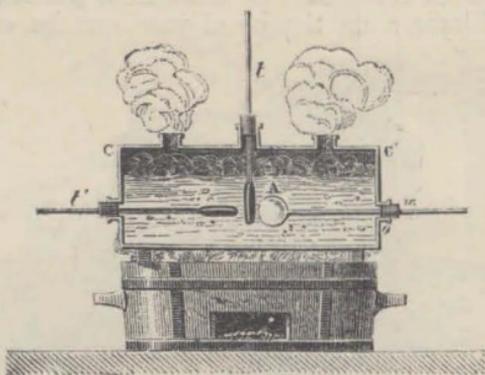


Fig. 104. — Dilatación de los gases (Gay-Lussac).

A m, globo que contiene aire; m, índice de mercurio; t t', termómetros que dan la temperatura del baño C C'.

144. Fórmulas de dilatación. — *Dilatación lineal.*— Tomemos una regla de 1 metro de largo, a la temperatura cero, y sea d su coeficiente de dilatación lineal; si la llevamos a la temperatura t , su aumento de longitud será $d \times t$, y si en vez de 1 metro la regla tuviera una longitud de l metros, su aumento sería $l \times d \times t$ (Nº 124).

La nueva longitud L de la regla será, pues, lo que era antes l , aumentada de $l \times d \times t$, y se tendrá:

$$\begin{aligned} L &= l \times (1 + d \times t) \\ \text{o bien} \quad L &= l (1 + d \times t) \end{aligned} \quad (1).$$

Para otra temperatura t' , se tendría así mismo:

$$L' = l (1 + d \times t') \quad (2).$$

Dividiendo miembro por miembro las igualdades (1) y (2), se obtiene una tercera fórmula:

$$\frac{L}{L'} = \frac{1 + d \times t}{1 + d \times t'}$$

de donde
$$L = L' \frac{1 + d \times t}{1 + d \times t'} \quad (3).$$

145. Dilatación cúbica. — Llamando v el volumen de un cuerpo a la temperatura cero, K su coeficiente de dilatación cúbica, y t o t' la temperatura a que se lo lleva, un raciocinio idéntico al precedente de las tres fórmulas:

$$\begin{aligned} V &= v (1 + k \times t) \\ V' &= v (1 + k \times t') \\ V &= V' \frac{1 + k \times t}{1 + k \times t'} \end{aligned}$$

NOTA. — En el caso de los líquidos y los gases, hay que tener en cuenta la dilatación de los vasos que los contienen; y para los gases hay que tener en cuenta también la presión a que están sometidos.

CUESTIONARIO. — ¿Qué se llama coeficiente de dilatación lineal? ¿cúbica? — En breves términos enseñar el procedimiento de Lavoisier y Laplace para la determinación de los coeficientes de dilatación lineal. — ¿En qué consiste el método de Dulong y Petit para la determinación del coeficiente de dilatación de los líquidos? — ¿Por qué en este método se hace caso omiso de la dilatación del vaso? — ¿Cómo Gay-Lussac determinó el coeficiente de la dilatación de los gases? — Dar y explicar las fórmulas relativas a las dilataciones lineal y cúbica.

EJERCICIOS. — 1. ¿Qué aumento de longitud toman 100 Km. de rieles de acero, al pasar de 0° a 25° . (Coeficiente de dilatación del acero = 0,0000115).

2. Una varilla de cobre mide 3 metros a la temperatura de 0° y 3m,0052 a 100° . Buscar el coeficiente de dilatación de ese metal.

3. ¿Qué aumento de longitud toma al pasar de 100° a 200° , una vara de hierro que a 0° mide 2 metros? (Coeficiente del metal = 0,0000122).

4. Volver a 0° la altura de un barómetro que mide 762 mm. a 25° .

(Coeficiente de dilatación del mercurio = $\frac{1}{5,550}$).

5. Un globo de vidrio graduado en 0° lleva dos puntos correspondientes a los volúmenes 50 y 100 cm^3 . Averiguar el volumen exacto que indican esos dos puntos a 100° . (Coeficiente del vidrio = 0,000025).

CAPÍTULO IV

PROPAGACIÓN DEL CALOR

146. 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 y a distancia al través del espacio, se dice que el calor se transmite por *radiación*.

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

Los cuerpos *malos conductores* dejan difícilmente pasar el calor a 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. 105). Es una caja metálica que lleva varitas de diferentes substancias 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 mayor cuanto mayor sea la conductibilidad.

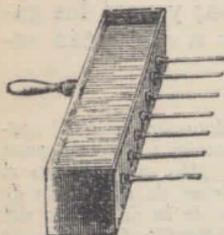


Fig. 105.

Aparato de Ingenhousz.

148. 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. 105).

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

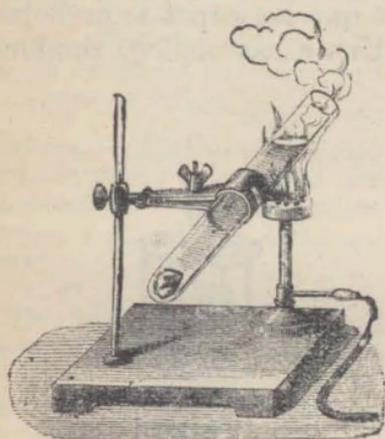


Fig. 106. — Ebullición del agua sobre el hielo.

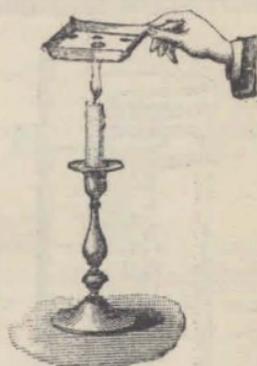


Fig. 107. — Fusión del estaño sobre una hoja de papel.

149. Aplicaciones. — Los carbones mal apagados se conservan bajo las cenizas por conducir mal el calor éstas. El carbón vegetal calentado en una extremidad se enciende por concentrarse allí el calor, mientras que la otra extremidad no se calienta siquiera. Púedese 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. 107).

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

Los pájaros resisten la acción del frío, merced a su plumaje tupido. Los alimentos se conservan calientes si se cubre con un tejido de lana el vaso que los contiene. Las casas de ladrillos huecos, las 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 a la superficie, mientras que las capas frías bajan al fondo del vaso (fig. 108). Una causa análoga produce las corrientes marinas.

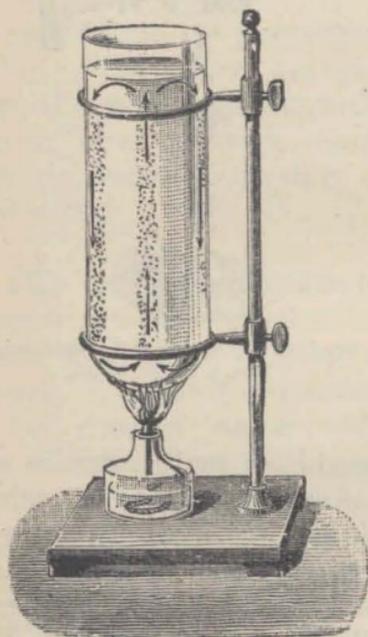


Fig. 108.
Movimiento de un líquido calentado.

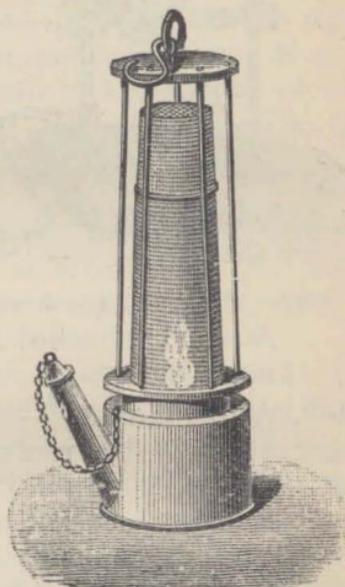


Fig. 109.
Lámpara de Davy.

Una tela metálica colocada encima de una llama la apaga apoderándose del calor del foco que permitía a los gases quemarse.

La *lámpara de Davy* (fig. 109), empleada por los mineros, es una aplicación de la propiedad que tienen las telas metálicas de no dejarse atravesar por las llamas.

150. Radiación. — *Los cuerpos calientes despiden calor en todas direcciones. Ese calor llamado calor radiante, se transmite en línea recta. Se llaman diatérmanos los cuerpos que se dejan atra-*

vesar 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 alumbre sólido o en disolución.

Algunos cuerpos, como el vidrio, dejan pasar el calor luminoso, pero no el calor obscuro; son *diatérmanos* sólo para el calor luminoso y *atérmanos* para el calor obscuro. Esa propiedad se utiliza en las campanas de vidrio de los jardineros 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.

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

El *negro de humo* y el *albayalde* tienen el mayor poder emisoro.

152. 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 mayor sea el poder emisoro.

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

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

Los espejos ardientes (fig. 110) 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.

154. 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 humo; 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*.

Estufas. — Las estufas son unos aparatos de calefacción 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 suficientes debajo del fogón. Ese sistema de calefacción es más económico, pero menos higiénico que el precedente.

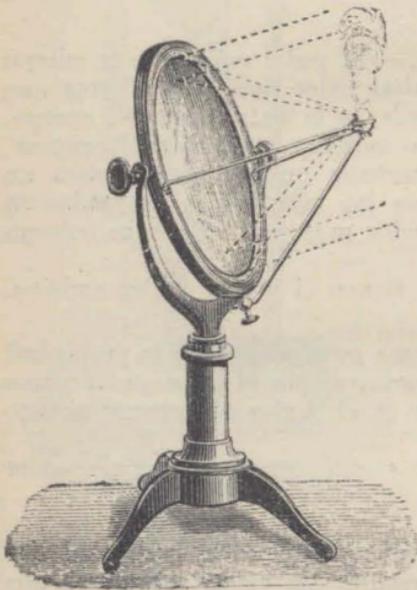


Fig. 110. — Espejo ardiente.

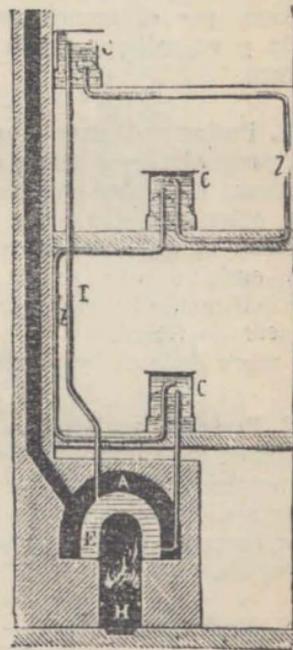


Fig. 111.
Calorifero de agua caliente.

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

gura 111); 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 a bajar por otros tubos cuando se ha enfriado. Esos caloríferos dan una temperatura constante y suave; se los utiliza en los invernáculos.

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

CAPÍTULO V

FUSIÓN. — SOLIDIFICACIÓN. — DISOLUCIÓN

I. — Fusión.

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

En general el paso es brusco, pero algunos cuerpos, v. gr.: el azufre, empiezan por volverse pastosos.

Casi todos los cuerpos son fusibles; los que resisten las mayores temperaturas se llaman *refractarios* (cal, plumbagina, etc).

Los focos más poderosos que tenemos son el soplete de gas oxhídrico y el arco voltaico.

Algunos cuerpos, tales como la carne y la madera, no se funden, pero se descomponen bajo la influencia del calor.

156. Leyes de la fusión. — 1ª Ley. — *Un cuerpo entra siempre en fusión a la misma temperatura.*

2ª Ley. — *La temperatura de un cuerpo en fusión se conserva igual durante todo el tiempo de la fusión.*

La temperatura en que se verifica la fusión de un cuerpo se llama *punto de fusión*.

La constancia de la temperatura durante todo el tiempo de la fusión del hielo se ha utilizado para la determinación del cero en la graduación de los termómetros centígrados y de Reaumur.

157. Rehielo. — Cuando se aprietan fuertemente dos pedazos de hielo uno contra otro, se sueldan: a este fenómeno le dan el nombre de *rehielo*.

El rehielo es debido a que hay un principio de fusión en los

puntos de contacto bajo la influencia de la presión; el agua que proviene de esa 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 una lente de hielo homogénea, transparente (figura 112). Hubo, pues, fusión y luego solidificación.

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

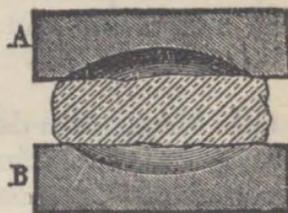


Fig. 112. — Rehielo.

II. — Solidificación.

158. Definición. — *Se llama solidificación el paso de un cuerpo del estado líquido al estado sólido.*

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

2ª 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 se solidifica bajo 0° .

Los cuerpos disminuyen de volumen al solidificarse; por consiguiente su densidad aumenta. Algunos, sin embargo, tales como el agua, aumentan de volumen por la solidificación.

El aumento de volumen que se verifica en el agua al congelarse puede producir efectos mecánicos de una potencia extraordinaria. Si se expone a la congelación un vaso de cuello angosto completamente lleno de agua, la parte superior se congela primero formando un tapón, y por un efecto de la solidificación del resto de la masa, la expansión que resulta determina invariablemente la rotura del vaso. Esa dilatación del agua por la congelación puede ser causa del resquebrajamiento

de las piedras llamadas *grietas*, y del quebranto de los vasos de las plantas, de los tubos de agua, etc.

El hielo tiene una densidad de 0,92, por lo cual flota en el agua.

159. Máximum de densidad del agua.—El agua a los 4° está en su máximum de densidad, es decir, que en igualdad de volumen, pesa más a los 4° que en cualquier otra temperatura, o también que al enfriar hasta los 4° su volumen disminuye, y si se sigue el enfriamiento por debajo de 4° su volumen aumenta.

El aparato de Hope (fig. 113) 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 *t'* 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 a la temperatura ordinaria, se llena el mango de una mezcla de hielo y de sal marina.

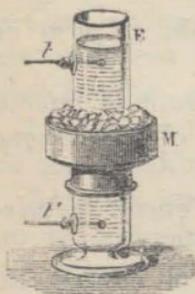


Fig. 113.
Máximum de densidad
del agua.

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.

Cuando el termómetro inferior llega a 4° permanece en esa temperatura, el termómetro superior entonces empieza a bajar y marca sucesivamente 4°, 3°, 2°, 1° y por fin 0°. Las capas líquidas sobrepuestas por orden de densidad (N° 90) prueban que a los 4° el agua se encuentra en su máximum de densidad.

Por esa razón el agua del fondo de los lagos y de los ríos nunca tiene una temperatura menor de 4°, y los peces pueden sustraerse a los fríos rigurosos del invierno. Ello también explica por qué las capas superiores del agua de una garrafa se congelan primero, aun cuando se enfría la garrafa por el fondo.

III. — Disolución.

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

Es un caso particular de la fusión.

Así un terrón de azúcar puesto en el agua se *disuelve*. El resultado es una *disolución*; el agua en que se hace la disolución es un *disolvente* del azúcar. Se dice que el azúcar es *soluble* en el agua.

El agua es disolvente ordinario; algunos cuerpos, tales como el hierro y la tiza, no se disuelven en el agua. Las grasas insolubles en el agua, son solubles en el amoníaco y en la bencina. El azufre se disuelve en el sulfuro de carbono.

Los cuerpos no son igualmente solubles a todas las temperaturas; pero generalmente el calor favorece la disolución. Así el agua disuelve 10 veces más salitre a los 100° que a los 20°.

161. Saturación.—Cuando un líquido contiene la mayor cantidad posible de un cuerpo, se dice que está *saturado* de dicho cuerpo.

162. Mezclas frigoríficas. — Generalmente hablando, las disoluciones absorben calor; y cuando esa absorción es considerable toman esas mezclas el nombre de *mezclas frigoríficas*. Así el nitrato de amonio mezclado con un peso igual de agua fría baja la temperatura de 26°; ocho partes de ácido clorhídrico y cinco de sulfato de sodio producen un descenso de temperatura de 27°; una parte de sal marina y dos de nieve o de hielo machacado dan una temperatura de — 20°; una mezcla de anhídrido carbónico sólido y de éter, la hace bajar hasta — 110°.

163. Congelador ⁽¹⁾ de las familias. — El *congelador de las familias* (fig. 114) se compone de dos vasos concéntricos; en el vaso interior se pone el agua o el líquido que se quiere congelar; en

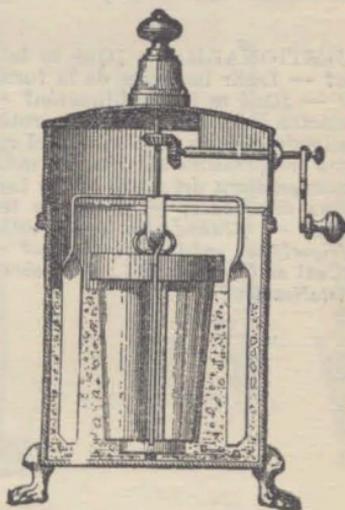


Fig. 114. — Congelador.

(1) En Buenos Aires suele decirse *heladora* y *heladera*.

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.

164. 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 Seltz 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 a 15° 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.

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

La mezcla de dos líquidos se llama a veces también 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.

165. Cristalización.—La *cristalización* es la propiedad que poseen muchos cuerpos de adoptar formas geométricas al pasar lentamente del estado líquido o gaseoso al estado sólido.

CUESTIONARIO. — ¿Qué es la fusión? — ¿Qué se llama cuerpos refractarios? — Decir las leyes de la fusión. — *¿A qué es debido el fenómeno del rehelo?* — ¿Qué es la solidificación? — ¿Cuáles son sus leyes? — ¿Por qué la congelación del agua produce la rotura de los vasos que la contienen? — ¿Qué se entiende cuando se dice que el agua está en su máximum de densidad? — *¿A qué temperatura alcanza ese máximum?* — *¿Cómo se verifica?* — *¿Cuál es la temperatura del fondo de los lagos en invierno, y por qué razón?* — ¿Qué se llama disolución? — ¿Tiene la temperatura alguna influencia sobre la disolución? — *¿Cuándo un líquido está saturado de un cuerpo?* — *¿Por qué las mezclas frigoríficas enfrían los cuerpos?* — *¿Son solubles los gases en los líquidos?* — *¿Cuál es la acción del calor sobre las disoluciones de los gases?* — *¿Qué es la cristalización?*

CAPÍTULO VI

FORMACIÓN DE LOS VAPORES.—EVAPORACIÓN

I. — Formación de los vapores en el vacío.

166. 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 esta ley: *En el vacío un líquido se evapora instantáneamente, y ese vapor ejerce una tensión como un gas.*

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

167. Máximum de tensión. — 1º 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. 115).

En ese momento el vapor tiene una *tensión* o *fuerza elástica máxima* que no puede traspasar si la temperatura 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.

2º El máximum de tensión no es el mismo para todos los vapores. Así, si se colocan juntos tres tubos barométricos y se introduce agua en uno, alcohol en otro y éter en el tercero, se nota que la fuerza elástica del vapor de éter es mayor que la del alcohol, y la de éste mayor que la del agua.

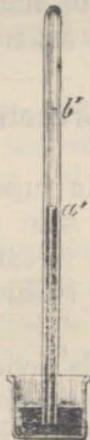


Fig. 115.
Vapor saturante.

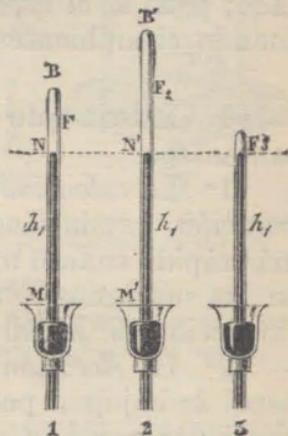


Fig. 116.
Máximum de tensión de un vapor saturante.

En general, para una temperatura igual, tanto más volátil es el líquido cuanto mayor es la presión del vapor.

3° Cuando el vapor es saturante, si se alza el tubo para aumentar el volumen del vapor, parte del líquido se evapora en seguida. Si por el contrario se sumerge el tubo, parte del vapor pasa al estado líquido, de modo que en ambos casos la altura de la columna mercurial queda constante (fig. 116). Parece que el tubo resbalara sobre la columna del mercurio.

4° Si el vapor no es saturante, sus variaciones de volumen y de presión obedecen a la ley de Mariotte (N° 106).

II. — Evaporación.

168. Definición. — *La evaporación es la transformación de un líquido en vapor a la temperatura ordinaria. Un líquido se evapora tanto más rápidamente cuanto más volátil sea. 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.

169. Causas que favorecen la evaporación. — Esas causas son:

1° 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° 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° La *agitación del aire*, que remueve las capas ya saturadas. Un viento seco y cálido enjuga pronto la ropa.

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

5° El estado de sequía o 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 es casi nula en los días 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 ejemplo, se evaporan tan fácilmente en un tiempo húmedo como en un tiempo seco.

170. La evaporación enfría los cuerpos. — Un cuerpo al evaporarse toma 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 cubierta 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. 117).

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, e impedir así la saturación del espacio limitado del recipiente.

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 los vestidos de franela.

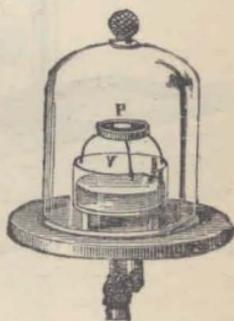


Fig. 117. — Congelación del agua en el vacío.

El *aparato de Carré* que sirve para la producción artificial del hielo es una aplicación del experimento de Leslie.

Una palanca L (fig. 118) hace mover el pistón de una máquina neumática de un solo cilindro P que hace el vacío 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 t y cuyo objeto es absorber el vapor de agua que se produce.

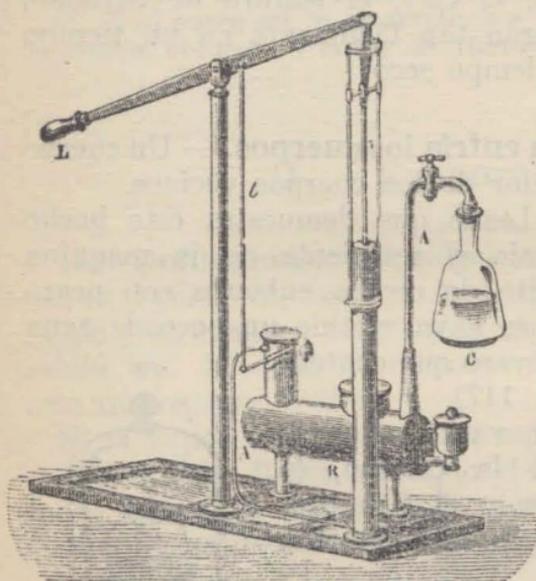


Fig. 118. — Producción del hielo por evaporación del agua (aparato de Carré).

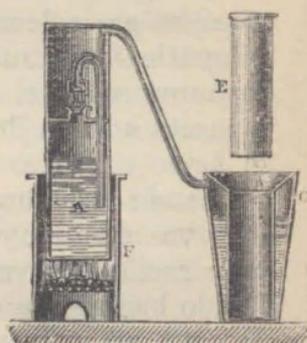


Fig. 119. — Producción del hielo por evaporación del amoníaco.

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. 119). 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 (N° 164) y viene a liquidarse en el recipiente C; después, cuando se deja de calentar, ese gas líquido se evapora rápidamente para disolverse en el agua de A, produciendo un frío considerable que determina la congelación del líquido puesto en el vaso central.

CUESTIONARIO. — ¿Qué sucede cuando se introduce una gota de algún líquido en la cámara barométrica? — ¿La depresión mercurial, aumenta siempre que se introduzcan nuevas gotas de líquido? — ¿Depende de la temperatura esa depresión? — Para una temperatura igual ¿varia 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 del hielo.



CAPÍTULO VII

EBULLICIÓN. — CONDENSACIÓN

I. — Ebullición.

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

172. Leyes de la ebullición — El fenómeno está sometido a las tres leyes siguientes:

1ª Ley. — *Un líquido sometido a presiones iguales hierve siempre a la misma temperatura.* Esa temperatura es lo que suele llamarse su *punto de ebullición*.

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

3ª Ley. — *Un líquido hierve cuando la fuerza de expansión de vapor es igual a la presión que soporta.*

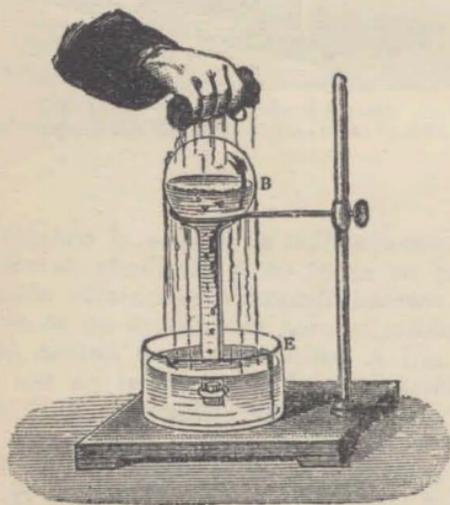


Fig. 120. — Globo de Franklin.

173. Influencia de la presión. — Resulta de la tercera ley que si la presión disminuye, el punto de ebullición baja. Es lo que se demuestra con el *globo de Franklin*.

Se hace hervir agua en un matraz de modo que salga todo el aire, después de lo cual se lo tapa y se lo invierte como lo indica la figura 120. Si se vierte agua fría en la parte superior, el vapor que está arriba del líquido se condensa y determina un vacío parcial, es decir, una disminución de presión. Véase entonces la ebullición empezar de nuevo.

Cuando un líquido hierve al aire libre, la fuerza elástica de su vapor es igual a la presión atmosférica. Se lo ve por medio del tubito A' (fig. 121) semejante al del barómetro truncado de la máquina neumática (N° 124). 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

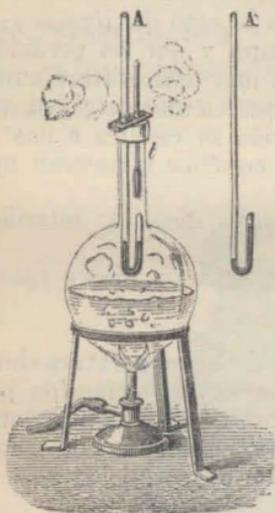


Fig. 121. — Presión del vapor de agua hirviendo.

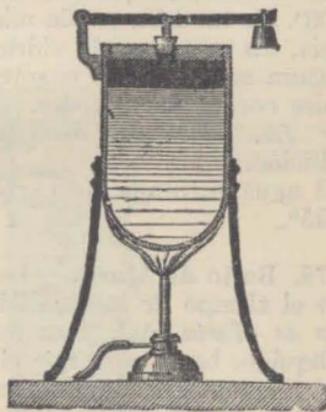


Fig. 122. — Marmita de Papin.

tensión del vapor hace bajar el mercurio en la rama cerrada, hasta que los niveles tengan la misma altura en las dos ramas; lo que prueba que el vapor aprisionado en la rama cerrada ejerce en la superficie del mercurio una presión igual a la que soporta el nivel del mercurio en la rama abierta, es decir, igual a la presión atmosférica.

El agua fría puede entrar en ebullición si la presión es bastante baja.

Esto se observa en el aparato de Carré (N° 170).

Cuando la presión aumenta, el punto de ebullición aumenta también. Así bajo la presión de dos atmósferas, el agua no empieza a hervir sino a los 120°.6.

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

En los laboratorios se nota este hecho por medio de la *marmita de Papin* (fig. 122), depósito cerrado, de paredes muy sólidas, en que el agua puede estar a más de 100° sin hervir.

La marmita de Papin, bajo el nombre de *alta clave* o *digestor*, sirve para extraer la gelatina de los huesos.

174. Causas que modifican el punto de ebullición. — 1° *El espesor de la capa líquida.* — El vapor formado en el fondo del vaso necesita, para sobrepujar el líquido y escaparse, adquirir una tensión igual a la presión atmosférica aumentada de la presión ejercida por el espesor de la capa líquida.

2° *La presencia de burbujas de aire en el seno del líquido.* — El agua que ha hervido durante cierto tiempo y que ha perdido por tanto todo el aire que contenía, hierve a una temperatura superior a 100°. Es también por la misma razón que en ciertos vasos, verbi-gracia, los matraces de vidrio, la ebullición se verifica a una temperatura superior que en otros, porque aquéllos conservan menos el aire contra sus paredes.

3° *Las sustancias disueltas.* — Las sales disueltas retardan la ebullición.

El agua saturada de carbonato de potasio no hierve más que a 135°.

175. 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 que lo contiene en otro líquido convenientemente elegido que se mantiene en ebullición.

II. — Condensación y liquefacción.

176. Definiciones. — *La condensación es el paso de un vapor al estado líquido, y la liquefacción es el paso de un gas al estado líquido.*

Se da especialmente el nombre de vapores a los cuerpos gaseosos que ordinariamente existen en el estado líquido o sólido (agua, azufre), reservando el nombre de gas

para los que ordinariamente existen en el estado gaseoso (hidrógeno, anhídrido carbónico). Se emplea más comúnmente la voz condensación para los primeros, y la de liquefacción para los segundos.

El paso de un líquido al estado gaseoso siendo generalmente el resultado de una elevación de temperatura o de una disminución de presión, el restituirlo al estado líquido se alcanzará las más veces por un aumento de presión o por una temperatura menor; y a menudo por ambos medios.

Es de notar que a partir de una temperatura inferior determinada para cada gas en particular y llamada *punto crítico*, ninguna presión por grande que sea puede determinar la liquefacción.

177. Destilación. — *La destilación tiene por objeto aislar en un vaso cerrado y por medio del calor los productos volátiles de los cuerpos.*

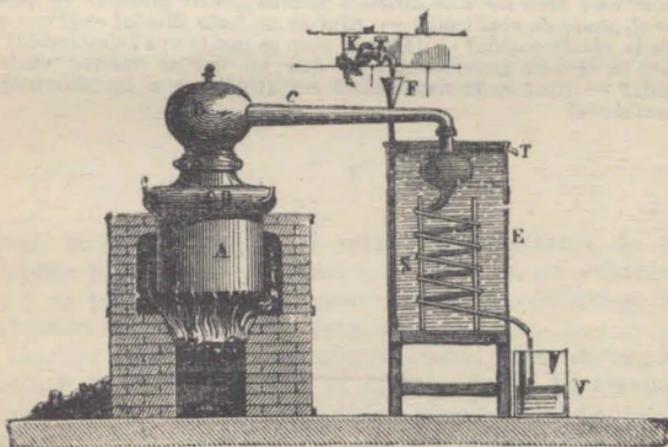


Fig. 123. — Alambique.

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

Cuando se somete a la destilación una mezcla de varios líquidos, éstos se evaporizan por orden de temperatura de vaporización; por lo tanto, se puede separar el alcohol del agua que contiene el vino. (*Destilación fraccionada*).

178. Alambique. — El *alambique* (fig. 123), que sirve particularmente para la destilación del agua y del alcohol, se compone esencialmente de una *caldera* o *cucúrbita* A, de un *capitel* B y de un *serpentin* 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 a la parte superior del aparato.

CUESTIONARIO. — ¿Qué es la ebullición? — ¿Cuáles son sus leyes? — ¿Cuál es la influencia de la presión sobre la temperatura de ebullición? — ¿Qué demuestra el experimento del globo de Franklin? — ¿Cuál es 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 los 100°? — ¿Por qué la ebullición se hace cada vez más difícil a medida que se produce? — ¿Qué causas modifican el punto de ebullición? — ¿Qué es un baño María? — ¿Para qué sirve? — ¿Qué es la condensación? — ¿En qué caso se usa la voz liquefacción? — ¿Con qué medios se obtiene generalmente el que un cuerpo gaseoso vuelva al estado líquido? — ¿Qué es la destilación? — ¿Cuáles son las diferentes partes de un alambique?

CAPÍTULO VIII

HIGROMETRÍA

179. Objeto de la higrometría. — *La higrometría estudia el estado de sequía o de humedad de la atmósfera.*

Cuando el aire está saturado de vapor, cualquier descenso de temperatura o 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 pesa, un plato colocado en el otro platillo y en que haya sal de cocina o mejor potasa cáustica, pronto veremos esas substancias impregnarse de agua tomada de la atmósfera, y el equilibrio quedará vencido a favor del platillo que contiene esas substancias.

Se llama *fracción de saturación* o *estado higrométrico* del aire la *relación de la tensión actual* del vapor de agua con la *tensión máxima* que corresponde a la misma temperatura.

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

También 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 a la misma temperatura.

Para obtener el estado higrométrico basta, pues, determinar f o 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.

180. Higroscopios. — *Los higroscopios son unos instrumentos que indican aproximadamente el estado de sequía o 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.*

181. Higrómetros. — *Se llaman higrómetros unos instrumentos que sirven para determinar el grado de humedad del aire. Los prin-*

principales higrómetros son: el higrómetro de cabello o de Saussure, el higrómetro químico y los higrómetros de condensación.

El *higrómetro de Saussure* (fig. 124) 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 o la reducción del cabello bajo la influencia de la humedad o de la sequedad del aire produce el desplazamiento de una aguja delante de un cuadrante. El cero de la graduación corresponde a la sequedad absoluta; el 100° a la saturación. Se lo gradúa del modo siguiente:

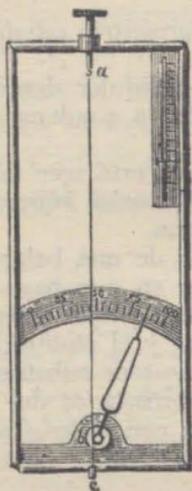


Fig. 124.
Higrómetro de cabello.

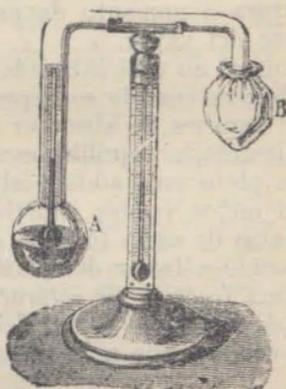


Fig. 125.
Higrómetro de Daniell.

Para obtener el punto 0° o de sequedad absoluta, se coloca el instrumento debajo de un vaso grande, junto con otro vaso pequeño que contenga ácido sulfúrico concentrado destinado a absorber todo el vapor de agua del vaso grande.

El *punto* 100° o 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 de 0° a 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 del aire que se estudia, de modo que sea saturante el vapor de agua que contiene, lo que se reconoce cuando se depo-

sitan gotitas de rocío en la parte enfriada. El más conocido es el de Daniell (fig. 125) que se compone de un globo de vidrio A que contiene éter en que 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 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 a esa temperatura en las tablas; la temperatura exterior, señalada por el otro termómetro, da *F*.

CUESTIONARIO. — *¿Cuál es el objeto de la higrometría? — ¿Qué se llaman sustancias higrométricas? — ¿Qué es el estado higrométrico? — ¿Qué se llaman higroscopios o higrómetros? — Describid el higrómetro de Saussure y decid cómo se gradúa. — ¿Qué comprende el higrómetro químico? — ¿De qué se compone el higrómetro de Daniell? Explicar cómo se usa.*

CAPÍTULO IX

MÁQUINAS DE VAPOR

182. Principios de las máquinas de vapor. — *Las máquinas de vapor utilizan como fuerza motriz la fuerza elástica del vapor de agua.* Cuando se calienta agua en un vaso de donde el vapor no puede salir enteramente a medida que se produce, pronto la temperatura pasa de 100° y adquiere el vapor una fuerza elástica que crece rápidamente al paso que aumenta la temperatura.

Se puede demostrar la existencia de esa fuerza elástica con los experimentos que siguen:

1° Se cuelga de un hilo un globo que contenga agua, cerrándole con un tapón atravesado por varios tubos acodillados; al llegar el agua a la ebullición produce el vapor, que obrando sobre los tubos, imprime al globo un movimiento de rotación.

2° Si se calienta el agua del globo y se cierra el tubo de la izquierda, el vapor obrando en el líquido, lo hace subir en el tubo de la derecha y produce un surtidor.

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

184. Generador. — El *generador* por lo general es un cilindro horizontal que contiene agua y que está colocado encima de un fogón. Tiene generalmente dos hervideros B (fig. 126) en contacto directo con la *caldera*. Cuando el gasto del vapor ha de ser considerable, v. gr., en las locomotoras, la caldera está atravesada

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

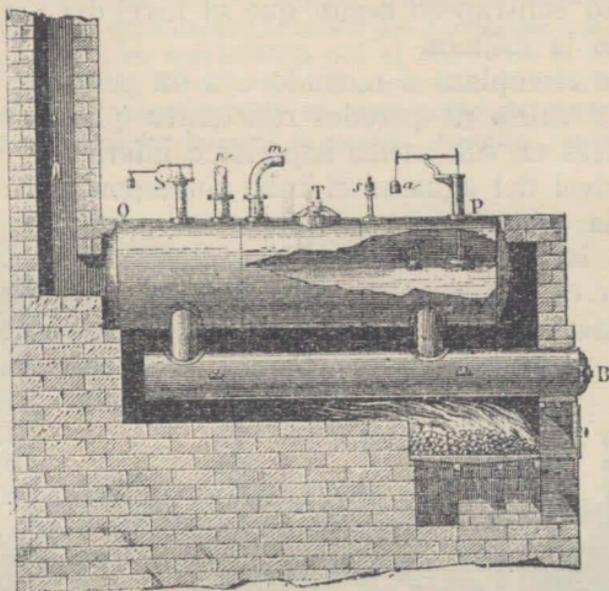


Fig. 126. — Generador del vapor.

B, hervideros; 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.

El generador lleva varios aparatos secundarios, siendo los principales las válvulas de seguridad y el indicador del nivel del agua.

185. Válvulas. — Las *válvulas* son unas aberturas cerradas con una palanca provista de un contrapeso o un resorte. La tensión del resorte o 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 a un punto, pasado el cual podrían producirse accidentes.

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

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

Se lo reemplaza a menudo con un pequeño tubo vertical de vidrio de paredes resistentes que comunica con la caldera en sus partes superior e 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 a reemplazar la que desaparece con la vaporización. En muchos generadores esa bomba está reemplazada por un inyector particular (*inyector de Giffard*).

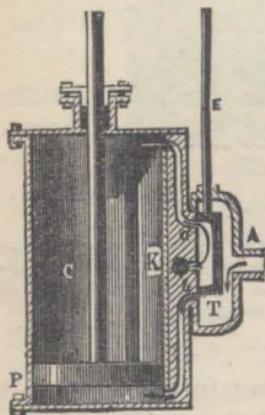


Fig. 127. — Aparato distribuidor de vapor.

187. Cilindro distribuidor del vapor. — El órgano principal de la máquina propiamente dicha, es el aparato distribuidor del vapor (figura 127).

Se compone de un *cilindro C* en que se mueve un *pistón P*, cuya varilla se articula con una palanca acodillada. El vapor llega a la caja de distribución *T* por el tubo *A*; obra después el vapor sobre una u otra cara del pistón pasando por aquella de las aberturas *a* o *b* que se halle libre. Esas aberturas quedan

alternativamente abiertas o cerradas por el *cajón de distribución*, especie 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 *E*. 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* o *b* que queda libre y sale al exterior por el tubo *K*.

188. 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 a manera de resorte.

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

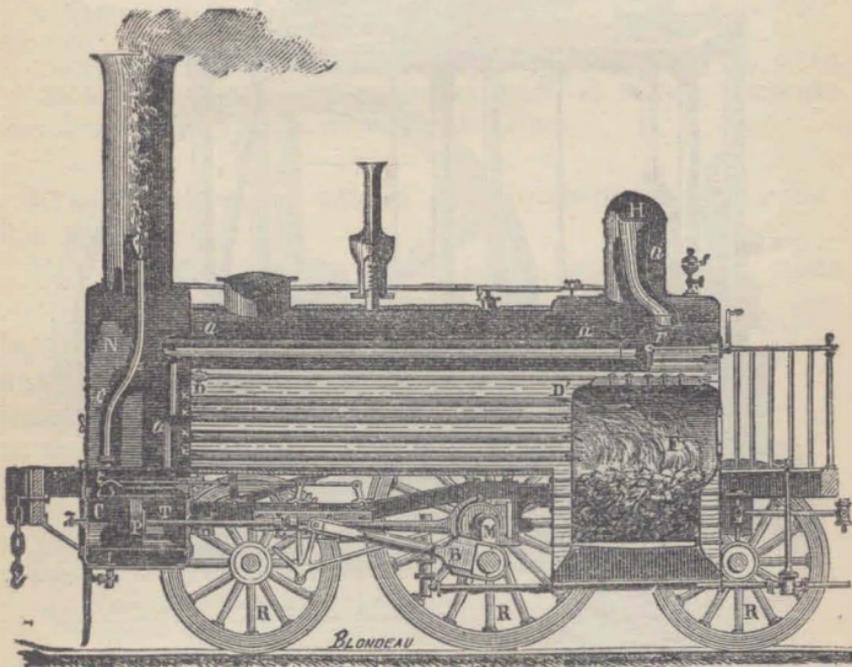


Fig. 128. — Locomotora: *a*, *a*, *a*, *a*, recipiente del vapor; *B*, biela; *c*, cilindro; *D* *D'*, caldera tubular; *e*, tubo de salida; *F*, fogón; *H*, toma del vapor; *N*, caja de humo; *P*, pistón; *R* *R*, ruedas; *r*, llave para tomar el vapor; *s*, pito; *T*, caja de distribución y su varilla.

189. 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 a 2 atmósferas. Las máquinas de *media presión* son aquellas en que la tensión está comprendida entre dos y cinco atmósferas.

El poder de la máquina no depende sólo de la tensión del va-

por, 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.

190. Condensador. — La fuerza que empuja el pistón en el cilindro es igual a 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 a lo menos la presión

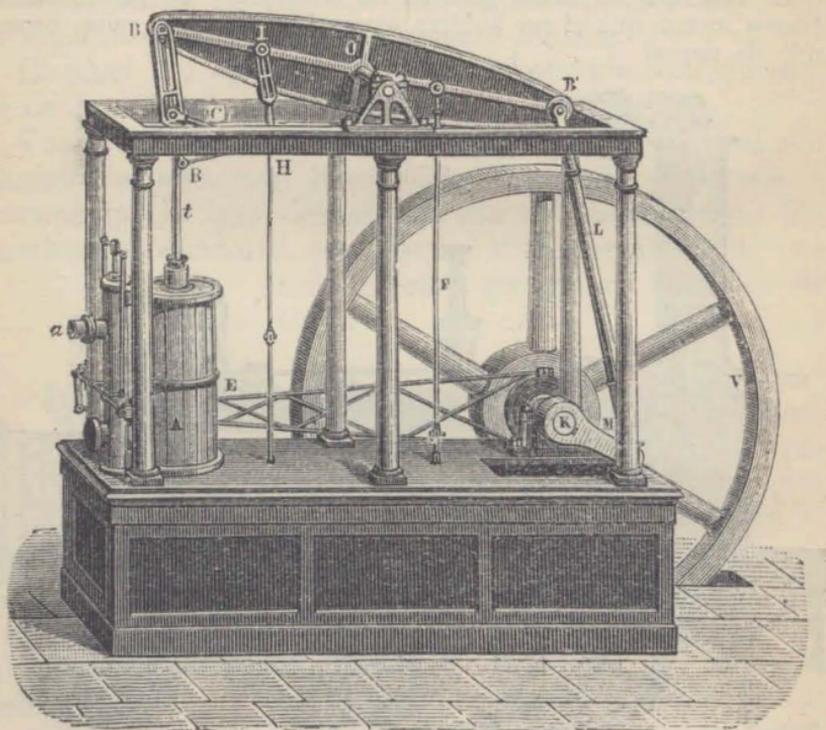


Fig. 129. — Perspectiva de una máquina de Watt.

A, cilindro en que entra el vapor; *a t*, varilla del pistón; B B' balancín; L, biela; M, manija; K, árbol; V, volante; H, bomba; F, bomba de agua fría.

atmosférica; hay ventajas de disminuir ésta. Se consigue haciendo llegar este vapor a 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 a condensarse, sirve para alimentar la máquina.

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

191. Locomotora. — Una *locomotora* es una máquina de alta presión con dos cilindros, y colocada sobre ruedas (fig. 128). 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.

192. Trabajos de las máquinas. — La unidad del 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.

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

Una máquina de 10 caballos de vapor puede producir 75×10 o 750 kilográmetros por segundo, es decir, el trabajo necesario para levantar 750 Kg. a 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 las mueven: se les llama *motrices*, y su trabajo, *trabajo motor*; otras atrasan o aniquilan el movimiento: se llaman *fuerzas resistentes*, y su trabajo, *trabajo resistente*.

Motores de explosión. — En la pequeña industria se emplean preferentemente pequeños motores de explosión, alimentados por gases combustibles, tales como el gas de alumbrado, el gas pobre y el vapor de petróleo.

Supongamos que por medio de una chispa eléctrica se prenda fuego a una mezcla de aire y de un gas combustible colocada en un cuerpo de bomba, debajo del émbolo. La mezcla hace explosión al encenderse. De la elevación de temperatura que acompaña a la explosión, resulta una presión considerable que pone en movi-

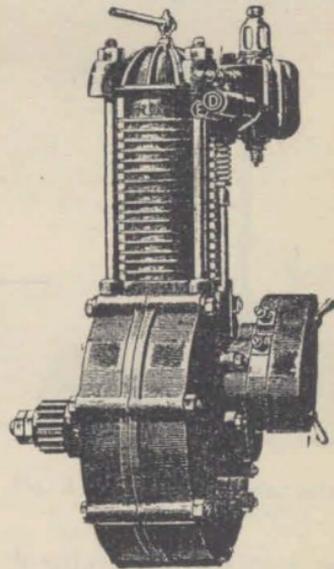


Fig. 139. — Motor de explosión.

miento el émbolo; este movimiento puede, como en las máquinas de vapor, transmitirse a otros órganos. Un ingenioso mecanismo permite provocar automáticamente la explosión de la mezcla y comunicar al émbolo un movimiento uniforme.

Los motores de explosión tienen gran aplicación en los carruajes automóviles. Los motores de automóviles (fig. 130) utilizan, generalmente, esencia de petróleo, que se recomienda por su volatilidad y por la considerable cantidad de calor que produce por su combustión.

Merced también al motor de petróleo, liviano y poco voluminoso, hase resuelto el difícil problema de la navegación de los buques submarinos, y el de la navegación aérea (*globos dirigibles y aeroplanos*).

CUESTIONARIO. — ¿Qué sucede cuando 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 vaporiza? — Describid el cilindro, y explicad el juego de la caja de distribución.

¿En qué consiste la expansión? — ¿Qué ventajas presenta? — ¿Qué se llama máquina de alta y de baja presión? — ¿Qué es el condensador? — ¿Cuál es su objeto? — ¿Qué es una locomotora?

¿Cuál es la unidad de trabajo de las máquinas? Definirla. — ¿Qué se llaman fuerzas motrices y fuerzas resistentes?

¿Qué otros motores pueden adaptarse? — ¿Cuál es el principio fundamental de los motores de explosión? — ¿Cuándo se los utiliza?

CAPÍTULO X

CALORIMETRÍA.—EQUIVALENCIA DEL TRABAJO Y DEL CALOR

I. — Calorimetría.

193. Objeto de la calorimetría.—*La calorimetría mide las cantidades de trabajo correspondientes a un efecto dado: calefacción, cambio de estado, etc.*

La unidad de calor se llama *caloría*. La *caloría* es la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de 1 Kg. de agua de 0° a 1° .

194. Calor específico.—Se llama *calor específico* de un cuerpo la cantidad de calor necesario para elevar de un grado la temperatura de un kilogramo de ese cuerpo, con tal que dicha temperatura sea inferior a 60° . La *caloría* es, pues, el calor específico del agua.

Pesos iguales de diversos cuerpos necesitan, para calentarse de un mismo número de grados, cantidades diversas de calor.

El experimento que sigue lo demuestra. Se calientan en un baño de aceite esferas de metales diferentes aunque de pesos iguales, y se las coloca después encima de una torta de cera (fig. 131) de espesor uniforme. Se nota entonces que la esfera de hierro, por ejemplo, atraviesa la torta de cera más rápidamente que la de cobre, y que una esfera de plomo se introduce en la torta sin atravesarla. Como la parte fundida por cada esfera es proporcional a la cantidad de calor desarrollado, y por lo tanto a la cantidad de calor absorbido, se deduce que para elevarlas a la misma temperatura, se ha de darles cantidades de calor diferentes.

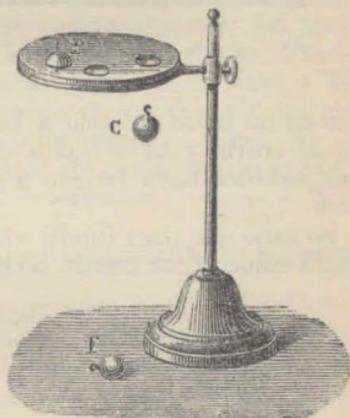


Fig. 131. — Experimento sobre los calores específicos.

Resulta de la definición del calor específico que para elevar la temperatura de un cuerpo pesando P Kg., de la temperatura t hasta la temperatura t' , siendo c su calor específico, hay que darle una cantidad de calor expresada por la fórmula:

$$Q = P \times c \times (t' - t).$$

195. Determinación de los calores específicos— El calor específico de un cuerpo puede determinarse por el método del pozo de hielo o por el de las mezclas.

Método del pozo de hielo. — A un peso P del cuerpo se da una temperatura conocida T y se lo introduce después en el hueco he-

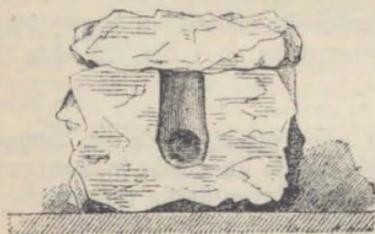


Fig. 132. — Pozo de hielo.

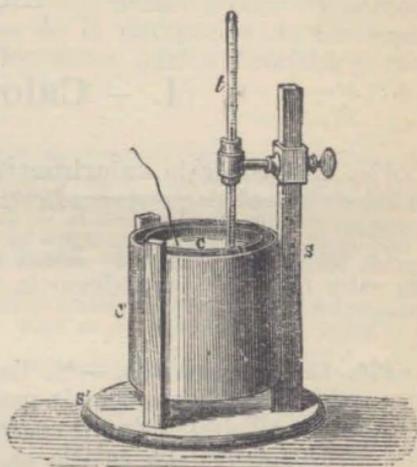


Fig. 133. — Calorímetro.

cho en un trozo de hielo a la temperatura cero (fig. 132). El cuerpo se enfría y hace fundir cierta cantidad de hielo hasta que su temperatura haya bajado a cero. Se recoge el agua de fusión y se pesa.

Se sabe que para fundir un trozo de hielo a cero, hay que emplear 79,25 calorías; se tendrá luego si el cuerpo fundió p Kg. de hielo:

$$p \times 79,25 = P \times c \times T$$

de donde

$$c = \frac{p \times 79,25}{P \times T}$$

Método de las mezclas. — El cuerpo precedente en vez de colocarse en un trozo de hielo se sumerge en el agua de un *calorímetro*.

El calorímetro empleado es un vaso de latón C (fig. 133) en que hay un peso conocido de agua a una temperatura dada y que está aislado tanto como fuere posible del punto de vista de la conductibilidad calorífica. El cuerpo se enfría y calienta el agua del calorímetro. Cuando hay equilibrio de temperatura, se supone que

la cantidad de calor perdido por el cuerpo es igual a la que se empleó para calentar el agua del calorímetro. Se obtiene así una ecuación de la cual se deduce el calor específico buscado.

Por ejemplo, si P es el peso del cuerpo y T su temperatura; si M es el peso del agua, p el del calorímetro, c su calor específico, t su temperatura común; y si t' es la temperatura final, se tendrá:

$$P \times x \times (T - t') = M (t' - t) + p \times c \times (t' - t)$$

$$\text{de donde } x = \frac{(M + p \times c) (t' - t)}{P (T - t)}$$

196. Calor latente. — Se llama *calor latente de fusión, de vaporización* de un cuerpo, la cantidad de calor necesario para el cambio de estado de 1 Kg. de ese cuerpo, *sin elevación* de temperatura. Ese calor es insensible en el termómetro, por lo cual lo llaman *latente*.

Un kilogramo de hielo absorbe para fundirse 79,25 calorías.

II. — Equivalencia del trabajo y del calor.

197. Transformación del trabajo en calor.—La experiencia demuestra que cada vez que un trabajo se halla aniquilado, o sencillamente estorbado por alguna resistencia, se desarrolla calor. Así, una bala de cañón que pega contra un casco de un buque recibe en el momento del choque una elevación de temperatura que la lleva a la incandescencia. Cuando se cierran los frenos de un coche o de un tren caminando, el movimiento cesa, pero los frenos se calientan.

El trabajo mecánico es, pues, una fuente de calor, puede producirse con el choque, el rozamiento, la compresión; vamos a dar algunos ejemplos.

En todos los casos, la cantidad de calor desarrollado es proporcional al valor del trabajo destruido.

198. Calor desarrollado por el choque.—Si se deja caer una bola de marfil sobre un plano de mármol, rebota; no resulta ninguna elevación de temperatura porque se conserva el movimiento. Pero si en vez de una bola de marfil se toma una bola de plomo, ésta se aplasta, se aniquila el movimiento y se nota que se ha calentado. Amartillándola en el yunque, se llegaría al mismo resultado.

Los cuerpos explosivos prenden fuego con el choque.

199. Calor desarrollado por el frotamiento.—El frotamiento de un fósforo contra un cuerpo sólido basta para encenderlo. Una cuerda que resbala rápidamente en la mano llega a quemar.

Se puede demostrar la producción del calor debido al frotamiento con el aparato de Tyndall (fig. 134). Un tubo metálico T en que hay un poco de éter está cerrado con un tapón; se le aprieta medianamente entre dos tabletas de ranura M, y por medio de una rueda grande y de una correa, se le imprime un movimiento rápido de rotación. El frotamiento de las tabletas contra el tubo desprende bastante calor para hacer hervir el éter, y pronto la fuerza elástica de éste es capaz de hacer saltar el tapón.

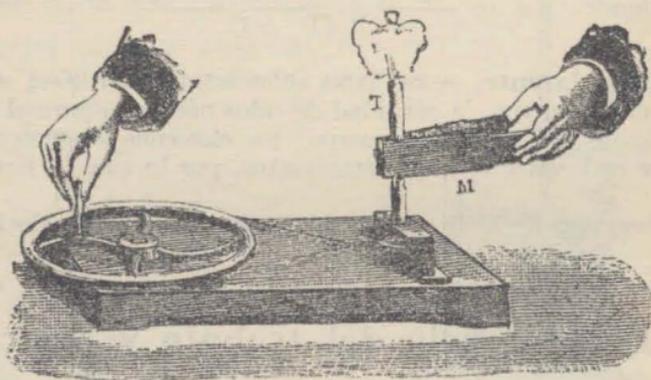


Fig. 134. — Calor desarrollado por el frotamiento (Tyndall).

200. Calor desarrollado por la compresión.—Si se introduce bruscamente el pistón en el eslabón de aire, la compresión del aire produce una elevación de temperatura del aire capaz de inflamar un pedazo de yesca que se haya colocado en el fondo del tubo. Las piezas de moneda se ponen muy calientes bajo la acción de la prensa monetaria. Las barras metálicas muy calentadas quedan bastante tiempo incandescentes bajo la acción continua del laminador.

201. Equivalente mecánico del calor.— Experimentos numerosos y variados (exp. de Joule, de Hirn, etc.) han demostrado que hay una relación constante entre el calor desarrollado por una acción mecánica y el trabajo que lo ha producido. Se ha notado que se debe gastar un trabajo de 425 kilográmetros para desarrollar una cantidad de calor igual a una caloría. Ese número 425 es el *equivalente mecánico del calor*. Por lo tanto, un peso de 425 Kg. que cayera de la altura de un metro desarrollaría con el choque, una cantidad de calor capaz de elevar a un grado la temperatura de un kilogramo de agua.

202. Transformación del calor en trabajo.—Recíprocamente, toda desaparición de calor produce un trabajo equivalente. Las má-

quinas de vapor, por ejemplo, no son más que unos aparatos destinados a transformar en trabajo el calor desprendido del combustible. Serán tanto más perfectas cuanto menos pérdida de trabajo hubiere en esa transformación; y por eso se procura evitar en cuanto fuere posible los choques, cualesquiera rozamientos que no pueden menos de producirse en el juego de las diferentes piezas.

CUESTIONARIO. — *¿Qué cosa se mide en la calorimetría? — ¿Cuál es la unidad del calor? Definidla. — ¿Qué se llama calor específico? — ¿Un peso igual de diferentes cuerpos absorbe la misma cantidad de calor para llegar a una temperatura igual? — ¿Cómo se determina el calor específico de un cuerpo por el método del pozo de hielo? — ¿Qué es un calorímetro? — ¿Para qué sirve? — Indicar cómo se procede para determinar el calor específico por el método de las mezclas. — ¿Qué se llama calor latente?*

Citar ejemplos de la transformación del trabajo en calor. — ¿Qué sucede cuando se amartilla un trozo de plomo? — Describid el experimento de Tyndall. — ¿Qué cantidad de calor produciría la transformación de 425 kilogramos? — ¿Qué nombre se da a ese número de 425? — Recíprocamente, ¿el calor puede transformarse en trabajo?

EJERCICIOS. — 1. ¿Qué cantidad de calor se debe emplear para elevar de 100° los 35 gr. de mercurio que contiene un termómetro? ($C = 0,033$).

2. Treinta y cinco gr. de mercurio a 10° se vierten en 30 gr. de agua a 15°. Buscar la última temperatura de la mezcla. ($C = 0,033$).

3. El calor específico del hierro es de 0,114. ¿Qué calor desarrollan 5,238 gr. de ese metal al bajar de 341° a 26°? ¿A qué temperatura llegarán 653 gr. de agua tomados a 12° que absorben el calor perdido por el hierro?

4. En 180 gr. de agua a 19° se echan algunos pedazos de hierro a 100° cuyo peso total es de 60 gr. Cuando el equilibrio de temperatura se ha producido, la temperatura de la mezcla es de 22°. Según este experimento buscar el calor específico del hierro.

5. Una esfera de cobre cuyo peso es de 315 gr., está sumergida en 1 mgr. de agua; la temperatura se eleva de 15° a 20°. Averiguar la temperatura inicial de la esfera de cobre. ($C = 0,095$).

6. Una bala de hierro es de 350 gr. de peso, y calentada a 125° está sumergida en un pozo hecho en un trozo de hielo fundente. Se pregunta ¿qué cantidad de agua de fusión se recogerá en el pozo de hielo?

7. ¿Qué cantidad de calor produce un metro cúbico de agua al congelarse?

CAPÍTULO XI

NOCIONES DE CLIMATOLOGÍA Y DE METEOROLOGÍA

203. Climas. — Se llama clima de un país al conjunto de las condiciones atmosféricas que le son peculiares: temperatura, humedad, vientos, presión atmosférica.

Los climas constantes son aquellos cuya variación de temperatura entre el verano y el invierno no pasa de 8°. Ej.: los climas marítimos, los climas insulares.

Los climas variables presentan entre dichas estaciones una diferencia de 20°. Ej.: el clima de Buenos Aires.

Los climas excesivos son aquellos cuya diferencia entre las temperaturas extremas de verano y de invierno es de 30° o más; como son generalmente los climas continentales. Ej.: El clima de Nueva York, de Pekín.

204. Temperatura media. — Se llama temperatura media de un día el cociente por 24 de 24 observaciones hechas de hora en hora; es sensiblemente igual a la media aritmética de la temperatura máxima y de la temperatura mínima del día y de la noche.

205. Causas que influyen sobre la temperatura. — 1.° La latitud. La temperatura media disminuye del ecuador al polo. Esa disminución proviene sobre todo de la oblicuidad de los rayos solares.

2.° La altitud, que produce una disminución media de 1° por 180 metros de elevación; a una cierta altura la temperatura queda bajo cero, siendo esta la causa de las nieves eternas (límites: en el Aconcagua, 4500 m.; en Quito, 4800; en los Alpes, 2700);

3.° La dirección de los vientos. En Buenos Aires el viento del N. es cálido, mientras que es frío el del S.;

4.° La proximidad del mar, que hace la temperatura más uniforme.

206. Meteorología. — La meteorología es una ciencia que estudia los fenómenos atmosféricos y las causas que los producen. Se llama meteoro cualquier fenómeno que se produce en la atmósfera.

207. Vientos. — Los vientos son unas corrientes aéreas producidas por la diferencia de densidad, consecuencia de la diferencia de temperatura en las capas atmosféricas.

Se observa la *dirección* de los vientos con las veletas que se colocan arriba de los techos; sin embargo, es mejor observar la dirección de las nubes que indican las corrientes superiores. Para saber su velocidad se usa el *anemómetro*; es una especie de molinillo de viento que inscribe el número de vueltas que da bajo la acción del viento.

Los *vientos alisios* soplan regularmente en la zona tórrida, de los polos hacia el ecuador y oblicuando por efecto del movimiento de la tierra.

El *monzón* sopla seis meses en un sentido y otros seis en el sentido opuesto, en el océano Indico y las comarcas adyacentes.

Se da el nombre de *ciclón* a una masa de aire animada de los movimientos de rotación y de translación (*tornados* de los países ecuatoriales).

Una *tromba* es una enorme cantidad de vapor de agua que tiene movimientos violentos y que derrriba cuanto encuentra a su paso.

Los *aguaceros*, las *tempestades* resultan de variaciones rápidas de la presión atmosférica que producen vientos violentos, generalmente con lluvia y relámpagos.

208. Nubes. — *Las nubes son unas masas de gotitas de agua suspensas en la atmósfera.* Proviene de la condensación del vapor de agua en el aire. Puede verse formar nubes por la tarde, a la caída del sol, en los sitios húmedos y fríos.

Con relación a la forma de las nubes, se distinguen los *estratos*, los *cirros*, los *cúmulos* y los *nimbos*.

Los *estratos* son unas nubes horizontales, paralelas, al parecer angostas; se forman en otoño a la caída del sol; por la tarde anuncian buen tiempo para el día siguiente; por la mañana anuncian lluvia para el día.

Los *cúmulos* son unas nubes redondeadas, amontonadas, de contornos bien formados; teniendo cirros en su parte superior; por la tarde pronostican lluvia o tempestad; y se hallan a 2 ó 3 Km. de altura.

Los *cirros* son unas nubes blancas, pequeñas, al parecer filamentosas, formadas de agujas de hielo; a menudo preceden un cambio en el tiempo y se hallan a unos 9 ó 10 Km. de altura.

Los *nimbos*, masas sombrías sin forma, son nubes de lluvia: se hallan más abajo que los anteriores.

Las *nieblas* son unas nubes formadas en la superficie de la tierra, por la condensación de los vapores desprendidos del suelo. Se llama *neblina* ⁽¹⁾ a una niebla densa.

209. Lluvia. — La *lluvia* es la caída de gotitas de agua que provienen de la condensación de los vapores de la atmósfera, motivada por un descenso de temperatura o un aumento de presión.

(1) O garúa (en América).

Cuando son muy finas las gotitas y caen después de la puesta del sol sin que se note nube alguna, la lluvia se llama entonces *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* o *udómetro* (fig. 135). En Buenos Aires, por ejemplo, cae anualmente una capa de agua de 0m,865, mientras que en la Habana esa capa alcanza a 2m,71. (En París, 0m,56; en Calcuta, 2m,23).

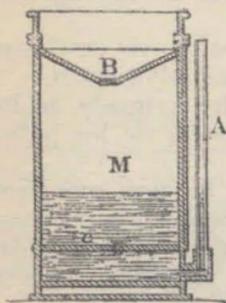


Fig. 135. — Pluviómetro.

210. 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 emisorio (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 enfriamiento y por lo tanto el rocío aumenta con un cielo claro favorable a la radiación. Las nubes y los techos impiden el

enfriamiento y por lo 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.

211. Nieve. — La nieve es el resultado de la solidificación en la atmósfera de gotas de agua que dan origen a pequeños cristales; esos cristales regularmente reunidos forman los *copos de nieve*.

El *granizo* formado de pequeñas agujas de hielo entremezcladas, es producido por la congelación de las gotas de lluvia en un aire agitado.

212. Pedrisco. — El *pedrisco* está formado por un núcleo central blanco, análogo al granizo, envuelto en una capa de hielo transparente.

Los pedriscos o piedras empiezan a formarse en los cirros a una altura superior de 10.000 m. y una temperatura de -20° : al caer atraviesan *nimbos* fríos en *sobrefusión*, es decir, líquidos, aunque a una temperatura inferior a 0° .

Esos granos se envuelven en capas de hielo concéntricas alcanzando a veces el tamaño del puño.

213. Previsión del tiempo.—En Buenos Aires el viento sureste (suestada), frío y húmedo acompaña casi siempre a la lluvia.

El viento norte, cálido y húmedo, es, por lo común, precursor de una temporada de calor.

El viento suroeste, seco y fresco, limpia completamente el cielo de los vapores acumulados por los demás vientos; es el vivificador por excelencia del clima de Buenos Aires.

Cuando es fuerte el viento suroeste, toma el nombre de *pampero*, por venir de la Pampa. El pampero raras veces dura más de un día, y ordinariamente sigue en verano al viento abrasador del norte.

Una variación brusca corresponde generalmente a una tormenta seguida de un cambio del tiempo. Una alza lenta y regular precede el buen tiempo; una baja en las mismas condiciones está seguida de lluvia.

Para prever el tiempo con el barómetro, mejor es seguir las variaciones de la altura mercurial que fijarse en las indicaciones escritas en muchos barómetros ordinarios; esas indicaciones son puramente convencionales.

CUESTIONARIO. — *¿Qué se llama clima? — ¿Qué nombres se dan a los climas según su temperatura? — ¿Qué se llama temperatura media? — ¿Qué causas influyen en la temperatura?*

¿Qué es la meteorología? — ¿Con qué 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?

¿Cómo se puede prever el tiempo que hará: 1º con la dirección del viento; 2º por la observación de la altura barométrica?

CUARTA PARTE

ACÚSTICA

CAPÍTULO I

PRODUCCIÓN Y PROPAGACIÓN DEL SONIDO

214. 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.

215. Movimiento vibratorio.—

Un cuerpo *vibra* cuando oscila rápidamente alrededor de su posición de equilibrio.

Así se aprieta la extremidad de una lima de acero en un tornillo, y después de apartarla en su posición de equilibrio, si se la abandona a sí misma, oscilará.

El ángulo que forman las dos posiciones extremas se llama *amplitud de las vibraciones* (fig. 136).

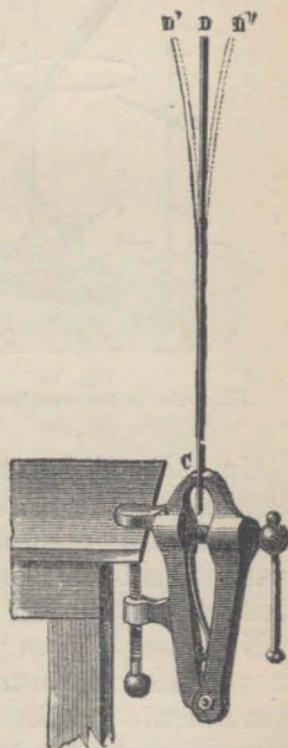


Fig. 136. — Vibración de una varilla elástica.

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*.

216. Producción del sonido.—*El sonido resulta siempre de la vibración de un cuerpo elástico.* Si se frota un arco de violín (fig. 137) 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.

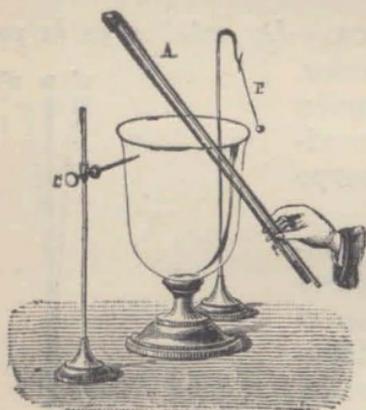


Fig. 137.
Vibración de una campana de vidrio.

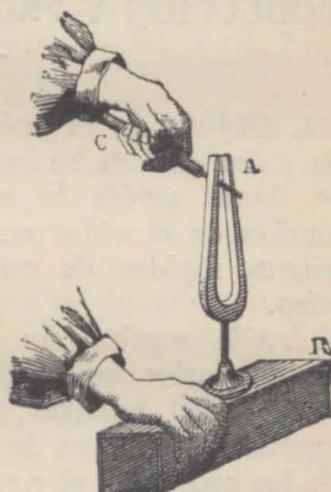


Fig. 138. — Diapasón.

Un golpe dado en un timbre, el frotamiento del arco de violín sobre una cuerda tendida, el aleteo rápido de 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. 138) una varilla de acero acodillada en forma de pinzas. Se le hace vibrar por medio de un arco de violín o por medio de un cilindro que se pasa rápidamente entre sus ramas; se refuerza el sonido obtenido con una cajita que se llama *resonador*.

217. Transmisión del sonido.— *El sonido se transmite en un medio elástico y no en el vacío.*

Si se introduce una campanilla en un globo, o un timbre debajo de una campana (fig. 139) en que se hace el vacío con la máquina neumática, se nota que el sonido disminuye a medida de la rarefacción del aire y acaba por ser imperceptible.

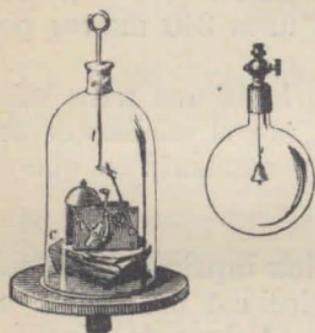


Fig. 139. — Producción del sonido en el vacío.

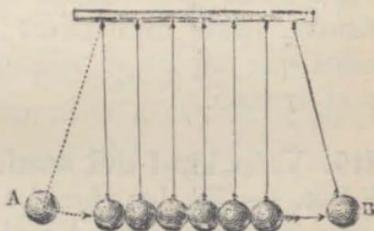


Fig. 140. — Transmisión del choque.

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. 140) colocadas 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 se la abandona después, va a dar en la segunda, la cual transmite su movimiento a la tercera, ésta a la cuarta y así sucesivamente, de modo que la última B estará repelida a 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 to-

das direcciones alrededor del centro de vibración, con una rapidez que varía con el medio ambiente.

218. Velocidad del sonido en el aire.—El sonido recorre unos 340 metros por segundo a la temperatura ordinaria (12°); esa velocidad disminuye con la temperatura, no es más que de 331 m. a 0° . Es la misma para todos los sonidos, agudos y graves.

Experimentos del "Bureau des longitudes" entre Montlhery y Villejuif. — De cada estación de Montlhery 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 Montlhery y Villejuif (18.613 m.) por el tiempo que emplea el sonido para recorrer esa distancia (55 segundos) se encuentra unos 340 metros por segundo.

Para saber la distancia a 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.

219. 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 a 8° (lago de Ginebra) es de 1435 m. por segundo.

En los *sólidos*, esa velocidad es aun mayor que en los líquidos. El experimento hecho en los hilos telegráficos de París a Versalles dió 3485 m. por segundo.

220. 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 a las de la reflexión del calor y de la luz.

1ª Ley. — *El rayo sonoro incidente y el rayo reflejado están en un mismo plano perpendicular a la superficie reflectora.*

2ª Ley. — *El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.*

Los espejos cóncavos (fig. 141) pueden concentrar los rayos sonoros así como concentran los rayos luminosos; nos lo enseña el experimento representado por la figura 141.

221. Eco. — *El eco es la repetición de un sonido que se refleja una o más veces contra un obstáculo.*

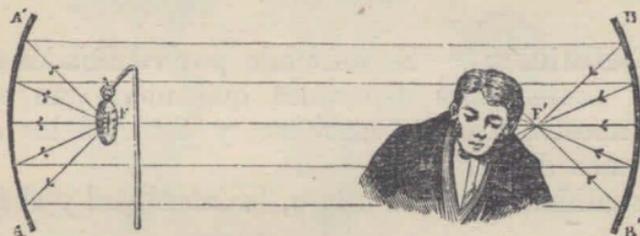


Fig. 141. — Concentración de los sonidos por reflexión.

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 a 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 uno 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 a que obedece un rayo sonoro al reflejarse? — *Explicad el fenómeno del eco.*

EJERCICIOS. — 1. Nueve segundos han pasado entre el momento en que se vió el humo salir del cañón y aquél en que se oyó el sonido. ¿A qué distancia se halla el cañón?

2. Una batería se encuentra en una altura distante 9208 m. del plano que uno ocupa. ¿Después de cuánto tiempo se oirán los cañonazos?

3. Una piedra cae al fondo de un pozo de mina de 326 m. de profundidad. ¿Cuánto tiempo corre entre el momento en que se abandona la piedra y aquel en se oyó el ruido?

4. Un regimiento en marcha en una carretera avanza por filas, los tambores delante. La distancia que separa las filas es de 3 metros, y necesita cada hombre $\frac{1}{2}$ segundo para dar un paso. Los hombres empiezan a caminar al primer redoble del tambor. Esto dado, se pregunta ¿qué filas darán el primer paso cuando los primeros soldados den su segundo, su tercero y su cuarto paso?

5. Un observador y el cuerpo sonoro cuyo sonido quiere oír por reflexión están en las extremidades de la base de un triángulo isósceles cuyo vértice está en la pared que produce el eco. La base OM del triángulo OIM mide 10 metros, su altura 25. Determinar el tiempo que pasará entre la percepción del sonido directo y la del sonido reflejado.

CAPÍTULO II

CUALIDADES DEL SONIDO

222. 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 *altura*, la *intensidad* y el *timbre*.

223. Elevación del sonido. — La altura del sonido es el punto más o 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 o menos rápidamente produce *sonidos agudos* ó *graves*.

Se juzga, pues, de la altura del sonido por el número de vibraciones que el cuerpo sonoro da en un segundo, por ejemplo. Esa determinación se hace con la sirena o por el método de los contadores gráficos.

Sirena de Cagniard-Latour. — La sirena (fig.142) se compone de una caja cilíndrica H a la que se puede hacer llegar aire por el conducto F. La cara superior de esta caja tiene en su circunferencia una serie de aberturas que atraviesan su pared oblicuamente y que se dirigen en planos perpendiculares a los radios de esa cara.

A una distancia muy pequeña de esas aberturas se encuentra un disco S movable alrededor del eje X y que tiene un número de aberturas igual a 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 y viene a dar oblicuamente en las del disco móvil que toma entonces un movimiento de rotación más o menos rápido según la fuerza del aire.

Resultan, pues, interrupciones en la salida del aire según coincidan o no las aberturas de los discos, y esas interrupciones imprimen al aire un movimiento vibratorio que produce un sonido más o 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 del contador durante un tiempo determinado, t segundos, por ejemplo. Si el disco tiene n

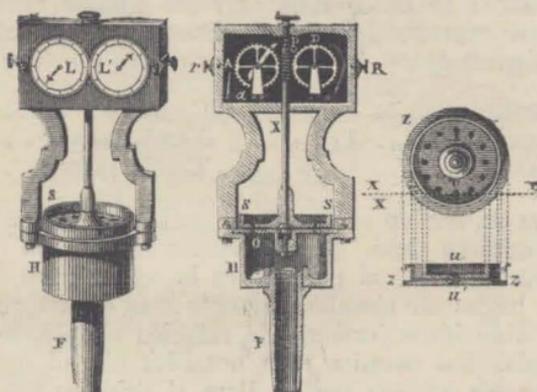


Fig. 142. — Sirena de Cagniard-Latou.

1, perspectiva; 2, corte; F, toma del aire; H, cámara de aire; OO, aberturas del disco inferior y del disco superior SS; X, eje con su tornillo sin fin V; 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 discos y de los agujeros u u' .

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 a 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. — Este método muy exacto puede aplicarse a 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 del humo una línea sinuosa de la cual cada sinuosidad corresponde a una vibración. Basta entonces contar esas sinuosidades y dividir el número obtenido por el número de segundos que empleó el diapason en trazarlas.

224. 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; dicese 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	$\frac{1}{1}$	Cuarta	$\frac{4}{3}$
Octava	$\frac{2}{1}$	Tercia mayor . .	$\frac{5}{4}$
Quinta	$\frac{3}{2}$	Tercia menor . .	$\frac{6}{5}$

Se dice que un sonido es la *octava aguda* de otro cuando corresponde a 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 dos 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, $\frac{5}{4}$ y $\frac{3}{2}$; se compone del sonido fundamental, de la *tercia mayor* y de la *quinta*. Los del acorde perfecto menor son 1, $\frac{6}{5}$ y $\frac{3}{2}$; está formado, pues, por el sonido fundamental, la *tercia menor* y la *quinta*.

225. Gama. — La *gama* está formada por una serie de siete sonidos separados por intervalos que parece tener su origen en la naturaleza de nuestro oído; esos intervalos son siempre los mismos para todas las gamas.

Las notas de la gama de *ut* son *u!*, *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 a la nota fundamental o *tónica*:

do	re	mi	fa	sol	la	si	do
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2

Se acuerdan los instrumentos sobre una nota invariable, el *la normal*, dado por el diapason normal; corresponde a 870 vibraciones simples por segundo.

226. Intensidad del sonido. — La *intensidad del sonido* es la energía con que las ondas sonoras vienen a herir nuestro tímpano, dándonos así una sensación más o menos acentuada del sonido.

La *intensidad* del sonido depende: 1° de la amplitud de las vibraciones; 2° 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. 143).

En algunos casos se utilizan los *tubos acústicos* para comunicar unas habitaciones con otras; se emplean a bordo de los buques para hablar al gaviero en las cofas. Hay que notar, sin embargo, que ya el teléfono ha reemplazado el tubo acústico casi en 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 obscurecen las tapicerías negras; un piano pierde gran parte de intensidad en una pieza llena de alfombras y tapicerías.

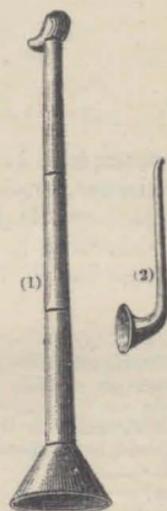


Fig. 143. — 1, bocina; 2, trompetilla acústica.

227. 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 enteros 1, 2, 3, 4... El primer armónico es, pues, la octava; el segundo, la quinta de la octava; el tercero, la segunda octava, etc.

228. Fonógrafo. — *Es un aparato que sirve para grabar y reproducir la voz humana y cualquier sonido.*

Comprende una *bocina parabólica* B (fig. 144) que tiene la propiedad de concentrar todas las ondas sonoras en su foco F, donde se encuentra tendida una *membrana vibratoria*.

Dicha membrana lleva en su centro un *estilete* cortante de acero a, que se apoya sobre un *cilindro de cera* C e inscribe en él todas sus vibraciones.

El cilindro gira y avanza por medio de un mecanismo especial, de tal manera que la punta traza en la cera un surco helicoidal.

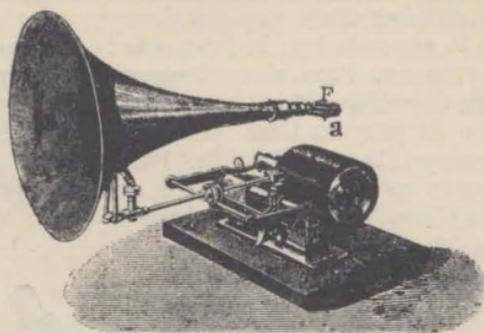


Fig. 144. — Fonógrafo.

Si se reemplaza el estilete por una púa redondeada, ésta pasará por los mismos surcos ondulados y la membrana reproducirá los mismos sonidos que la hicieron vibrar durante el grabado.

Los fonógrafos han sido muy perfeccionados. Actualmente se usan mucho los grafófonos.

CUESTIONARIO. — ¿Qué se entiende por cualidades del sonido? — ¿Cuáles son esas cualidades? — ¿Qué es la altura 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 intervalos de los 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? — ¿Qué es el fonógrafo? — Dar su descripción.

EJERCICIOS. — 1. Calcular la elevación del sonido dado por una sirena durante 30 segundos, sabiendo que la aguja de las vueltas del disco se desplazó 80 divisiones y la de las centenas de vueltas 40. El disco tiene 15 aberturas.

2. La tónica de una gama corresponde a 520 vibraciones por segundo. Calcular el número de vibraciones que corresponde a la octava aguda, a la quinta y a la tercia mayor.

3. Una rueda tiene 189 divisiones en su circunferencia y da 4 vueltas por segundo. ¿Cuál deberá ser el número de divisiones de una segunda rueda que da 5 vueltas por segundo para que al apoyar una tarjeta sobre las divisiones de esas dos ruedas el intervalo de los sonidos emitidos sea igual al de una quinta?

CAPÍTULO III

VIBRACIÓN DE LAS CUERDAS. — TUBOS SONOROS

I. — Vibraciones transversales de las cuerdas.

229. Cuerdas vibrantes.—Se llaman *cuerdas* en acústica, a unos cuerpos filiformes, de metal o de tripa, tendidos entre dos puntos fijos. Se las hace vibrar transversalmente punteándolas con los dedos (guitarras) o frotándolas con un arco de violín (violín) o sencillamente hiriéndolas (piano).

230. Leyes de las vibraciones transversales de las cuerdas. —

1º *En razón inversa de la longitud, y del radio de la cuerda.*

2º *En razón inversa de la raíz cuadrada de la densidad.*

3º *En razón directa de la raíz cuadrada del peso que tiende 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

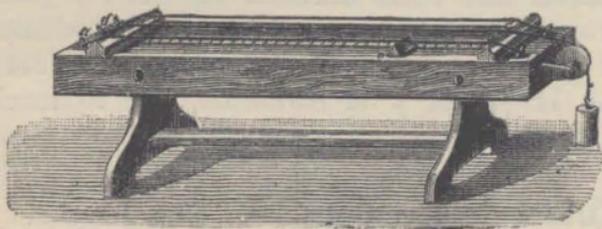


Fig. 145. — Sonómetro.

mantiene tensa, g , la aceleración de la pesantez y π la relación de la circunferencia al diámetro. Se verifican con el sonómetro (fig. 145).

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.

231. 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. gr., 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.

232. 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.

233. Tubos de boca. — En los tubos de boca, el aire sale por una hendidura (fig. 146), viene a dar contra la pared del tubo cortada en bisel y produce un silbido formado por numerosos sonidos discordantes, entre los cuales el tubo elige a uno para reforzarlo.

El *pito*, la *flauta* y el *caramillo*, son aplicaciones de los *tubos de boca*.

234. 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. 147).

El timbre de los tubos de lengüeta es gangoso, no tiene la suavidad de los sonidos emitidos por los tubos de



Fig. 146.
Tubo de boca.

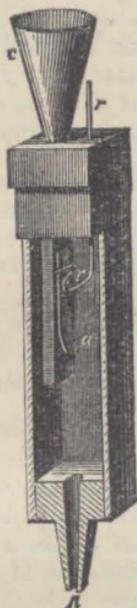


Fig. 147. — Tubo de lengüeta *a*,
lengüeta; *r*, rasete; *C*, trom-
peta de resonancia; *p*, porta-
viento o pie.



Fig. 148.
Vibración del aire.

boca. Se puede modificar la elevación del sonido que emiten por medio del *rasete* que aumenta o 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 *figlón*.

235. Movimiento vibratorio en un tubo. — Cuando un tubo emite un sonido, la columna de aire que contiene se divide en segmentos vibrantes o *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 (figura 148).

Se ve a la arena bailar en las regiones que corresponden a los vientres y quedar inmóvil en las de los nodos. En la fig. 147, 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 vientres y de los nodos, y hacerle producir sonidos cada vez más elevados que son los armónicos del sonido fundamental.

236. 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 impares.

237. 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, o por una corredera como en los trombones. En la flauta, el oboe, el clarinete, el fagot, el fígle, 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? — *Dad la fórmula general que exprese 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?

EJERCICIOS. — 1. Dos cuerdas puestas al unísono de los diapasones tienen respectivamente 30 y 40 cm. ¿Cuál es el intervalo musical de esas dos notas?

2. Una cuerda de 1m20 da el *la* normal; ¿de cuánto se la debe acortar para que se dé la *tercia* mayor, luego la *quinta*?

3. ¿Cuáles son las longitudes de los tubos abiertos que emiten las varias notas de la *gama*? sabiendo que el que da el sonido fundamental tiene 1m20 de largo.

4. ¿En qué relación se hallan las longitudes de dos tubos abiertos que tienen un intervalo de una *cuarta*?

QUINTA PARTE

ELECTRICIDAD ESTÁTICA Y MAGNETISMO

CAPÍTULO I

FENÓMENOS FUNDAMENTALES

238. Electricidad.— 1º *La electricidad es un agente físico que se manifiesta en muchos fenómenos llamados fenómenos eléctricos.*

Su naturaleza es desconocida. Es probable que la electricidad, como el calor, sea un modo particular de energía o de movimiento. Pero la teoría más sencilla para exponer y explicar los fenómenos eléctricos, está fundada sobre la *hipótesis* de *dos flúidos*: se adopta un lenguaje convencional en el cual la electricidad se halla asimilada a un flúido invisible y sin peso, al que se atribuyen propiedades especiales. Este flúido tiene sólo una existencia *hipotética* o puramente nominal; pero todo sucede como si existiera realmente, con las propiedades que se le atribuyen.

2º Se llama todavía *electricidad* a aquella división de la física que tiene por objeto el estudio de los fenómenos eléctricos. Comprende dos partes: la *electricidad estática* que se ocupa de la electricidad *en equilibrio*, y la *electricidad dinámica* que estudia la electricidad *en movimiento*.

I. — Desarrollo de la electricidad estática por el frotamiento.

239. Cuerpos malos conductores. — Una varita de vidrio (fig. 149), frotada con un pedazo de lana adquiere la propiedad de atraer los cuerpos livianos: papel, aserrín, hojuelas de oro. La causa de este fenómeno es desconocida: se le da el nombre de electricidad.

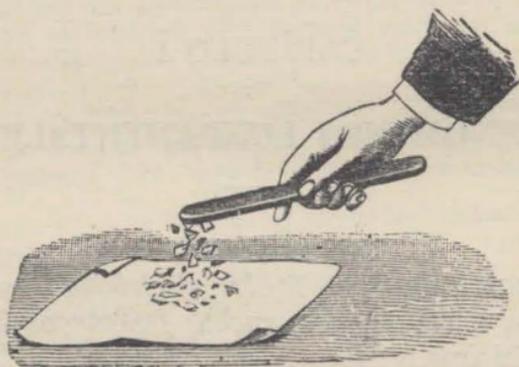


Fig. 149. — Atracción eléctrica.

Otros cuerpos se *electrizan* también cuando se los frota, tales como la *resina*, el *azufre*, el *caucho*, la *seda*, las *esferillas de saúco*. En todos estos cuerpos la electricidad se *localiza*, es decir, que sólo los puntos frotados tienen la propiedad de atraer los cuerpos livianos; los cuerpos de esta categoría se llaman *malos conductores* de electricidad.

240. Cuerpos conductores. — Otros cuerpos, los *metales*, p. ej., no se electrizan cuando se frota, teniéndolos en la mano; pero se electrizan cuando se los tiene con un mango de vidrio, de caucho endurecido o cualquier otro cuerpo mal conductor. En estos cuerpos la propiedad atractiva se manifiesta no solamente en los

puntos frotados, sino también en todos los puntos de la superficie.

Estos cuerpos se llaman *buenos conductores* de la electricidad porque no oponen resistencia al paso del fluido eléctrico.

Los *metales*, la *madera*, el *cañamo*, el *cuerpo humano*, la *tierra*, etc., son *buenos conductores*.

Un cuerpo buen conductor electrizado, puesto en comunicación con el suelo por medio de un alambre metálico, por el cuerpo humano o por cualquier otro buen conductor, pierde inmediatamente su electricidad. Se dice, en este caso, que el fluido eléctrico se dispersa sobre los conductores y desaparece en el suelo.

241. Aisladores. — Los cuerpos malos conductores se llaman también cuerpos *aisladores*.

Si no se puede electrizar un cuerpo conductor, teniéndolo en la mano, es porque el fluido eléctrico se escapa por el cuerpo del experimentador. Es menester, por lo tanto, *aislarlo*, teniéndolo por medio de un mango mal conductor que impida que el fluido se disperse en el suelo.

242. Comunicación de la electricidad por contacto. — Al contacto de un cuerpo eléctrico un conductor aislado se electriza también. El conductor tt' (fig. 150), 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.

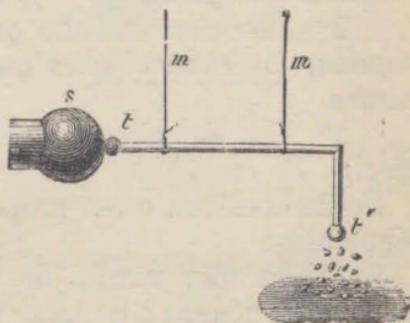


Fig. 150.

S. origen de la electricidad; m, m , hilos de seda (malos conductores) tt' , caño de cobre (buen conductor).

Es decir que el fluido eléctrico pasa libremente de un conductor a otro, puestos ambos en contacto.

243. Electroscopio. — *El electroscopio es un aparato que sirve para comprobar la electrización de un cuerpo.*

El más sencillo es el *péndulo eléctrico* (fig. 151); consiste éste en una esferilla de médula de saúco colgada de un hilo de seda; el soporte puede ser aislador o no.

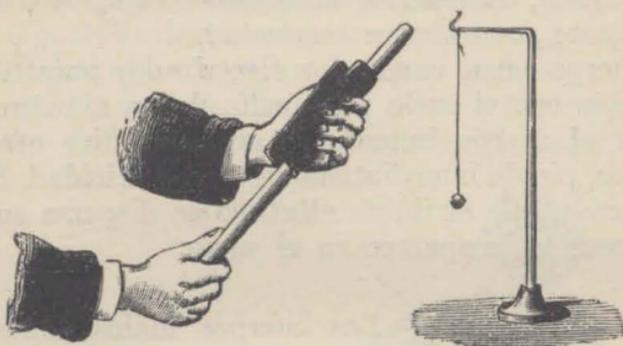


Fig. 151. — Péndulo eléctrico. — Electricidad positiva.

244. Electricidad positiva y electricidad negativa. —

1º *Hay dos clases de electricidad y no hay más que dos:*

La electricidad vítrea o positiva (+) y la electricidad resinosa o negativa (-).

2º *Las electricidades que llevan el mismo nombre se repelen; las electricidades que llevan nombres diferentes se atraen.*

3º *Las dos electricidades aparecen siempre al mismo tiempo en cantidades iguales.*

Se demuestran estas proporciones con los experimentos siguientes:

Se frota una varilla de resina, por ejemplo, con un pedazo de género o de lana y se la acerca a la bolita de saúco (fig. 152). La bolita es muy atraída y si llega a tocar la varilla de resina, se carga de la misma electricidad; pero en seguida es repelida con fuerza.

Si después se acerca a la bolita de saúco una varilla de vidrio que se acaba de frotar, la bolita es fuertemente atraída.

La resina y el vidrio parecen no haber producido el mismo flúido ya que la primera rechaza ahora la bolita de saúco, mientras que el segundo la atrae.

La tercera observación se demuestra frotando uno contra otro dos discos A y B (fig. 153) formados de substancias diferentes y provistos de mangos aisladores; cada uno de estos discos atrae la esferilla de saúco electrizada al contacto con el otro y si se aplican los discos uno contra otro no tienen ninguna acción eléctrica sobre el péndulo. Los dos discos contenían, pues, ambos flúidos en cantidades iguales, ya que se han neutralizado mutuamente.

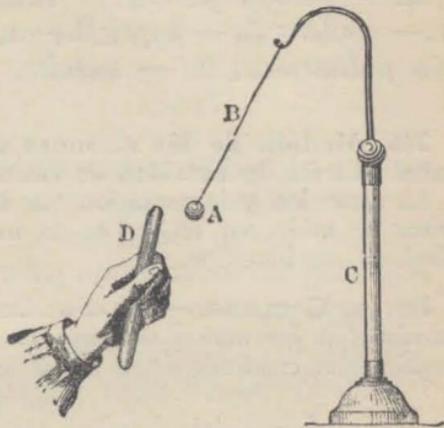


Fig. 152. — Péndulo eléctrico. Electricidad negativa.

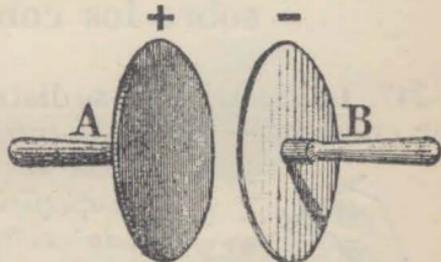


Fig. 153. — Desarrollo simultáneo de las dos electricidades.

245. Estado natural.

Flúido neutro. — Todo cuerpo no electrizado está en el estado *natural*; contiene cantidades iguales de flúido positivo y de flúido negativo, que neutralizan sus efectos y constituyen lo que se llama *flúido neutro*.

El frotamiento de dos cuerpos uno contra otro hace pasar sobre el primero una parte del flúido positivo del segundo y sobre éste una parte del flúido negativo del primero: en seguida el uno manifiesta únicamente las propiedades de flúido positivo, y el otro las del flúido negativo.

Se pueden 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. — *vidrio sin pulimentar*; 9. — *metales*.

246. Medida de las acciones eléctricas. — Se llama *carga o masa eléctrica*, la cantidad de electricidad de un cuerpo.

La atracción y la repulsión que se ejerce entre dos masas eléctricas se mide por medio de un instrumento llamado *balanza de Coulomb*, su inventor.

LEY DE COULOMB. — *La atracción y la repulsión eléctrica es proporcional a las masas eléctricas en presencia, e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia.*

II. — Distribución de la electricidad estática sobre los conductores.

247. La electricidad se distribuye en la superficie de los cuerpos. — *Sobre un cuerpo electrizado, la electricidad se manifiesta tan sólo en la superficie; el interior queda en estado neutro.*

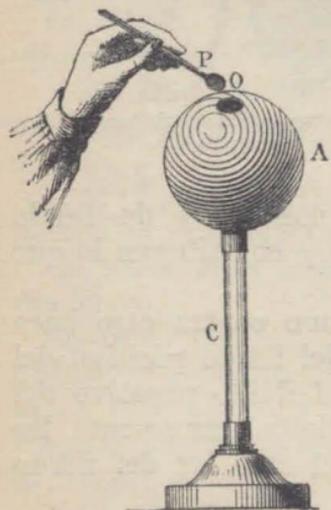


Fig. 154. — La electricidad se distribuye en la superficie de los cuerpos.

Se verifica esta propiedad con el *plano de prueba* y una *esfera hueca*.

Se toma una esfera hueca (figura 154) electrizada, aislada sobre un pie de vidrio C; la abertura O permite tocarla interiormente por medio del plano de prueba P.

El plano de prueba es un pequeño disco o bola metálica fija en la extremidad de una varilla aisladora. Al tocar la cara interna de la esfera hueca con el pla-

na de la esfera hueca con el pla-

no, éste se cargaría de electricidad si la hubiera en dicha cara, y podría después atraer el péndulo eléctrico. Pero se nota que después del contacto, el plano de prueba no tiene ninguna propiedad eléctrica; luego no hay electricidad libre en el interior de la esfera.

248. Repartición de la electricidad según la forma del conductor. — El *espesor eléctrico* o *densidad eléctrica* en cada punto se mide por la cantidad de electricidad recogida por el plano de prueba aplicado en ese punto; el experimento prueba que varía de un punto a 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. 155), el espesor es constante a lo largo del cilindro y aumenta en las dos extremidades.

Sobre un cuerpo oval *a* *b* *c* (fig. 156), el espesor eléctrico es mayor en las dos extremidades, y mayor en *a* que en *c*.

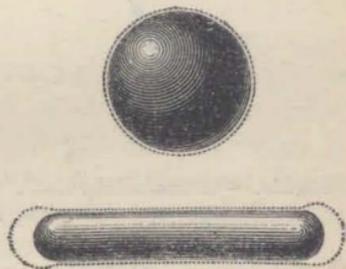


Fig. 155.

Distribución de la electricidad en la superficie de los cuerpos.

249. Tensión eléctrica. — La *tensión* en un punto es proporcional al espesor eléctrico en dicho punto.

El fluido eléctrico obra sobre sí mismo por repulsión y tiende a 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*.

250. 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 *abc* (fig. 155 bis), 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*.

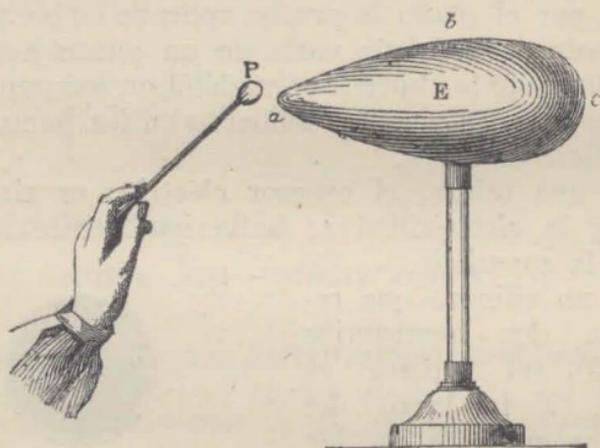


Fig. 155 bis. — Distribución de la electricidad en la superficie de los cuerpos.

En esas condiciones, obrando sobre sí mismo por repulsión, el flúido tiende a 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 demostrar el poder de las puntas presentando una vela encendida en la extremidad de la punta (fig. 156) que corresponde a una fuente eléctrica: cuando trabaja la máquina, se ve la llama torcerse bajo la acción del flúido que se escapa.

Si se reemplaza la varilla del experimento anterior con un sistema T (fig. 157) que gire sobre su eje, se nota que el aparato ejecuta un movimiento de rotación (*torniquete eléctrico*).

Para evitar el desperdicio de la electricidad en los conductores aisladores, se les da una forma esférica o cilíndrica evitando así las aristas salientes en su construcción.

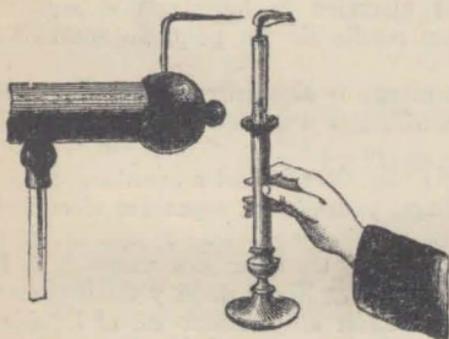


Fig. 156. — Poder de las puntas.

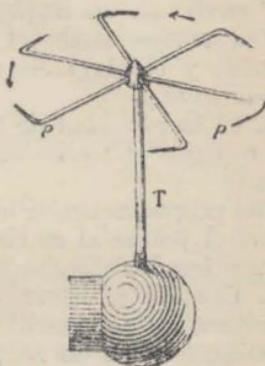


Fig. 157.
Torniquete eléctrico.

251. Nivel eléctrico o potencial.— *Sobre 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, puesta en comunicación a gran distancia, con este punto (por medio de un hilo de cobre).

El experimento prueba que el nivel así medido tiene el mismo valor en todos los puntos del conductor; se le da el nombre de *potencial* del conductor.

252. Analogías hidrostáticas.—El equilibrio de la electricidad en un conductor presenta notables analogías con el equilibrio de los líquidos en un vaso; de modo que en ambos casos se emplea la misma terminología.

1. El agua contenida en un vaso se amolda exactamente a las paredes del vaso, y el *espesor de la capa líquida* varía de un punto a otro según las formas de las paredes y el fondo; pero la superficie libre es horizontal, es decir, que el *nivel del líquido* es el mismo para todos los puntos.

Del mismo modo la electricidad, acumulada sobre un conductor

se reparte en la superficie del conductor, y el *espesor eléctrico* varía de un punto a otro según la forma de esta superficie; pero el *potencial* es constante, es decir, que el *nivel eléctrico* es el mismo en todos los puntos.

2. La profundidad del líquido en un depósito se mide por medio de una sonda; el nivel del agua en una caldera cerrada se señala por medio de un pequeño tubo comunicante.

Del mismo modo el espesor eléctrico se mide con el *plano de prueba*, y el nivel eléctrico por medio de un pequeño conductor comunicante.

3. Si la cantidad de agua aumenta o disminuye, el nivel se eleva o baja, y todas las profundidades varían de la misma cantidad.

Del propio modo, si la cantidad de electricidad aumenta o disminuye, el potencial se eleva o baja, y todos los espesores eléctricos varían igualmente.

4. Cuando se hacen comunicar por un tubo dos vasos A y B se presentan dos casos: si las superficies libres de A y de B tienen el mismo nivel, no se produce ningún movimiento en el líquido; pero si el nivel es más elevado en A que en B, el líquido va de A hacia B, hasta que las dos superficies libres tengan el mismo nivel.

Del mismo modo, cuando se hacen comunicar por medio de un hilo metálico dos conductores electrizados, A y B, se presentan dos casos: si los conductores tienen el mismo potencial, no se produce movimiento en la electricidad; pero si el potencial es más elevado en A que en B, la electricidad se dirige de A hacia B, hasta que las dos potencias se igualan.

CUESTIONARIO. — ¿Cómo se manifiesta la electricidad? — ¿A qué se llaman cuerpos malos conductores? y cuerpos buenos conductores? — ¿Pueden electrizarse estos últimos? — ¿Qué se llama cuerpo aislador? — ¿Qué es péndulo eléctrico y para qué sirve? — ¿Cómo se demuestra que hay dos clases de electricidad? — ¿Cuáles son las acciones recíprocas de estas dos electricidades? — Enúnciese la hipótesis de los dos flúidos. — ¿Qué se llama flúido neutro? — ¿Con qué instrumento se miden las acciones eléctricas? — Díganse 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 potencia de un conductor? — Indíquense las analogías hidrostáticas de la electricidad.

CAPÍTULO II

INFLUENCIA ELÉCTRICA

I. — Desarrollo de la electricidad por influencia.

253. Experimentos fundamentales.—Sea un conductor aislado A B (fig. 158) en el estado neutro, y provisto de péndulos dobles a, a', b, b' , formados de esferillas de saúco colgadas de hilos *conductores*. Si se acerca

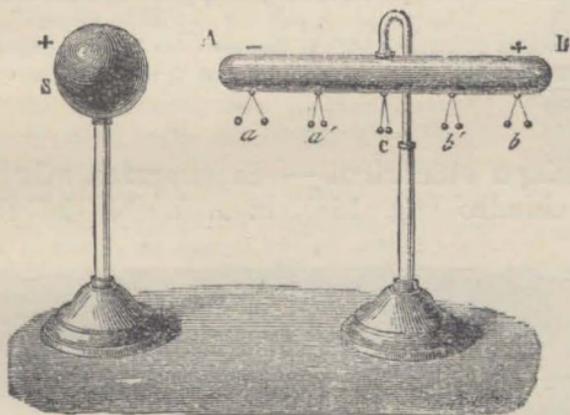


Fig. 158. — Electricidad por influencia.

a este conductor una esfera aislada S, electrizada positivamente, se pueden hacer los experimentos siguientes en los cuales se notan fenómenos de *influencia eléctrica*, muy fáciles de explicar:

1º 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 flúido positivo S descompone de lejos, por influencia, el flúido neutro de A B; atrae el flúido negativo en A, y rechaza el flúido positivo en B. El medio de A B queda en el estado neutro.

2° Si se aleja la esfera, el cilindro vuelve al estado natural.

Habiendo cesado la influencia, los dos flúidos de A B se combinan de nuevo para dar un flúido neutro.

3° Si antes de alejar la esfera se toca con el dedo el cilindro en un punto cualquiera, los péndulos b , b' caen, y a , a' divergen más.

El flúido positivo B, rechazado por el de S, ha desaparecido en el suelo, mientras que el flúido negativo de A ha sido atraído por la esfera.

4° Si después de haber retirado el dedo, se aleja la esfera, todos los péndulos divergen igualmente.

La electricidad negativa de A, siendo *libre*, se ha esparcido sobre toda la superficie del conductor A B que queda cargado de electricidad negativa.

254. Chispa eléctrica. — Si se acerca más y más la esfera al cilindro (fig. 158), la atracción del flúido po-

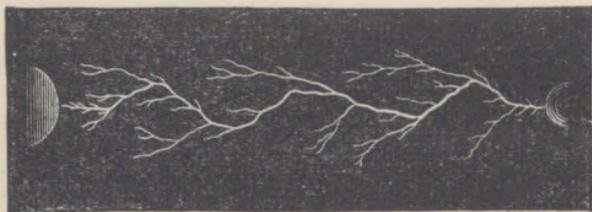


Fig. 159. — Chispa eléctrica

sitivo S y del flúido negativo A, aumenta a medida que se acerca. 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* (fig. 159).

El tubo chispeante (fig. 160), compuesto de laminillas metálicas pegadas a corta distancia una de otra, en el interior de un tubo de vidrio, nos permite obtener chispas, en apariencia muy largas.

255. Cantidad de electricidad inducida. — La esfera electrizada *S* toma el nombre de *inductor* y el cuerpo influenciado *A B* se llama *inducido* (fig. 158).

La cantidad de electricidad inducida es, por lo general, menor que la cantidad inductora; son iguales si el cuerpo inducido envuelve completamente la esfera inductora (cilindro de Faraday).

256. Atracciones y repulsiones eléctricas. — Tomemos un péndulo (fig. 161) cuya esferilla de saúco está aislada con un hilo de seda, y acerquémosla a un cuerpo cargado de electricidad positiva, v. gr., una varilla de vidrio electrizada.

El flúido positivo de la varilla de vidrio descompone por influencia el flúido neutro de la esferilla, rechaza el flúido positivo y atrae el flúido negativo. Estando éste más próximo a la varilla de vidrio que el flúido positivo, la atracción vence la repulsión, y se hace cada vez mayor al paso que la distancia disminuye.

En el momento del contacto, parte del flúido positivo de la varilla de vidrio neutraliza el flúido negativo de la bolita de saúco, la que estando entonces cargada únicamente del flúido positivo es repelida en seguida.

257. Electroscopio de hojas de oro. — El *Electroscopio de hojas de oro* es un aparato que sirve para reconocer la presencia y la naturaleza de la electricidad de un cuerpo. Compónese de una varilla metálica *t* que atraviesa la parte superior de una campana de vidrio y que lleva dos hojas de oro *l* y *l'* (fig. 162).

Se acerca a la varilla *t* el cuerpo que se quiere estudiar; si está electrizado, las hojas divergen porque el flúido neutro de las hojas de oro es descompuesto por influencia; el flúido del mismo nombre que el del cuerpo está rechazado en las hojas de oro, lo que las hace diverger.



Fig. 160.
Tubo chispeante.

Para reconocer la naturaleza de la fuente eléctrica, se cargan de electricidad conocida las hojas de oro del modo siguiente:

Se frota una varilla de resina, por ejemplo, y se acerca a la varilla del electroscopio; se toca entonces éste con el dedo; el flúido negativo rechazado en las hojas de oro se pierde en el suelo y las hojas de oro caen.

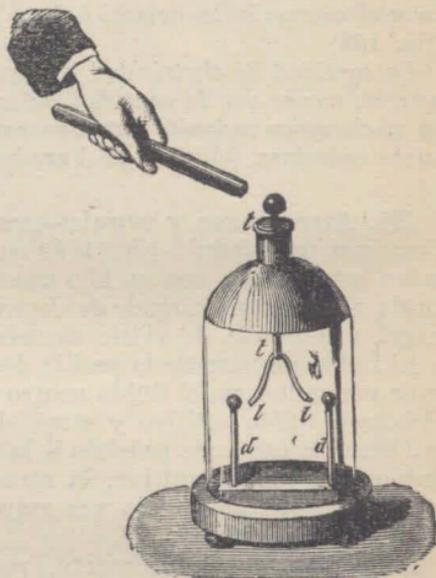
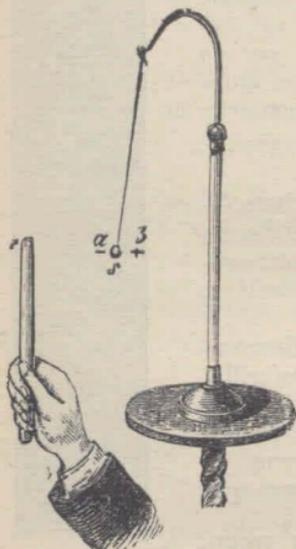


Fig. 161. — Atracción eléctrica.

Fig. 162. — Electroscopio de hojas de oro.

Luego se retira el dedo y se aleja después la varilla de resina; la electricidad positiva que se mantenía en la parte superior de la varilla del aparato llega a las hojas de oro y las hace diverger. El aparato queda preparado.

Se acerca después a la varilla el cuerpo que se quiere estudiar.

Si está cargado de electricidad positiva, rechaza la del aparato hasta las hojas de oro y éstas divergen aun más; si está cargado de electricidad negativa, atrae la de las hojas de oro, y por tanto éstas divergen menos.

Si por el efecto de una carga demasiado fuerte, la divergencia de las hojas de oro fuera demasiado grande, irían a tocar dos toques metálicos de metal d y d' que comunican con el suelo y desde luego se descargarían.

II. — Máquinas eléctricas.

258. Electrífico. — El *electrífico*, inventado por Volta (fig. 163), se compone de una torta de resina y de un disco de madera C cubierto con una hoja metálica que puede alzarse por medio de un mango aislador de vidrio.

Si se frota la torta con una piel de gato o con un pedazo caliente de franela, la resina se carga de electricidad negativa: para usar esa electricidad se hace como sigue:

1° Se coloca el disco encima de la torta de resina. La electricidad neutra del disco está descompuesta por influencia en flúido positivo que queda en la superficie inferior y en flúido negativo que está rechazado en

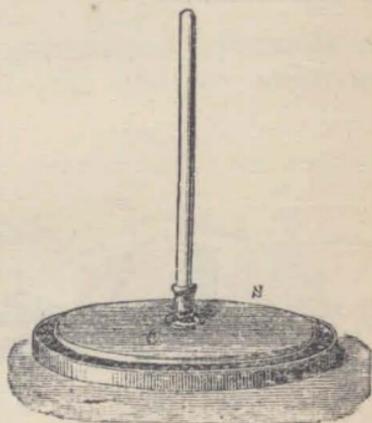


Fig. 163. — Electrífico.

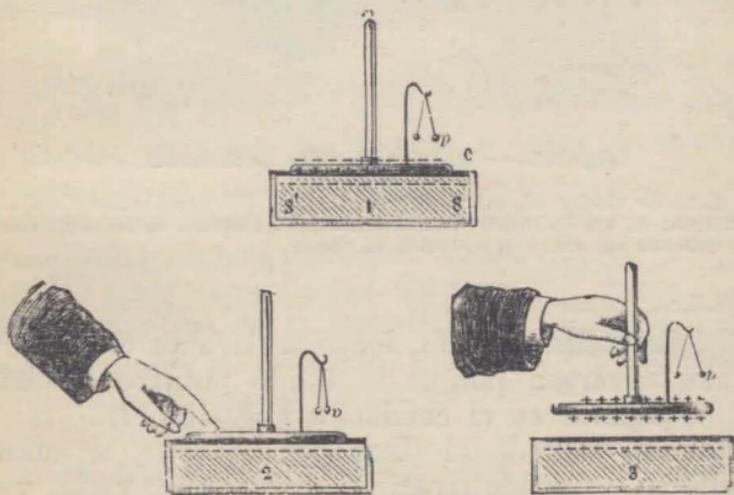


Fig. 164. — Carga del electrífico.

la parte superior, donde se pone de manifiesto por la divergencia de los péndulos p (fig. 164, 1);

2° Tocando el disco con el dedo, los péndulos caen (fig. 164, 2), porque el flúido negativo *libre* se pierde en el suelo, y el flúido positivo queda siempre en la superficie inferior por la influencia de la resina, electrizada negativamente.

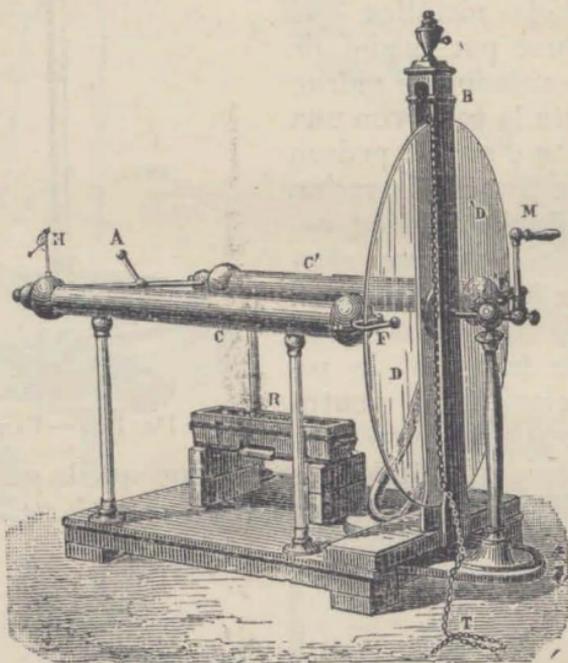


Fig. 165. — Máquina eléctrica de Ramsden.

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.

3° Se retira el dedo, luego se levanta el disco, los péndulos divergen porque el flúido positivo, quedando libre, se esparce en el conductor (fig. 164, 3).

Entonces, tocando el disco con el dedo, se obtiene una chispa. Se puede repetir el experimento varias veces sin frotar de nuevo la torta de resina.

259. Máquina eléctrica ordinaria o de Ramsden (fig. 165). — La *máquina de Ramsden* tiene por objeto producir *electricidad estática* por medio de un disco de vidrio que pasa entre *cojines* o *frotadores*; el flúido producido descompone por influencia la electricidad neutra del sistema de conductores metálicos C, C'; se utiliza el flúido libre que se acumula en esos conductores.

260. Funcionamiento de la máquina. — Pasando el disco entre los frotadores R R' (fig. 166) se electriza positivamente.

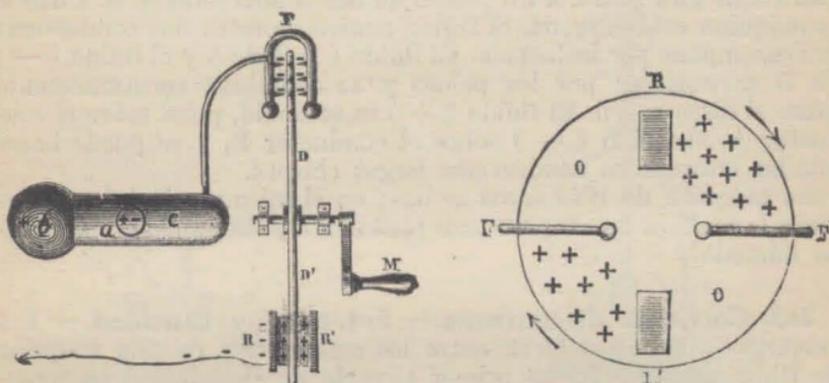
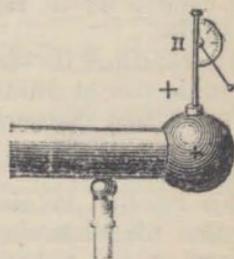


Fig. 166. — Teoría de la máquina de Ramsden.
1, fenómenos de influencia; 2, estado eléctrico de la rueda en movimiento.

Al llegar a F, F', descompone por influencia el flúido neutro de los conductores, cuya electricidad negativa es atraída, pasa por las puntas y viene a neutralizar la electricidad positiva del disco, mientras que la electricidad positiva de los conductores es rechazada hasta l. Hay, pues, acumulación de electricidad positiva en la superficie de los conductores; su presencia, y hasta cierto punto su tensión, se marca con el *electrómetro de Henley*.



El electrómetro de Henley (figura 167) es un pequeño péndulo com-
Fig. 167. Electrómetro de Henley.

puesto 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.

261. 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 electricidad. Se emplean hoy máquinas de *influencia sin frotamientos y que recogen a la vez las dos electricidades.*

La máquina de *Holtz* se compone especialmente de un disco de vidrio que gira frente a los peines de dos conductores A B. Cuando la máquina está cargada, el fluido neutro de estos dos conductores se descompone por influencia. El fluido (+) de A y el fluido (—) 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.

262. Corriente discontinua. — **Potencial y cantidad.** — Las descargas que se producen entre los conductores de una máquina de Holtz constituyen un primer ejemplo de electricidad en movimiento.

Cuando la máquina se halla en actividad, sus dos conductores se cargan incesantemente de electricidades contrarias, que ejercen una sobre otra una atracción siempre creciente, hasta el momento en que estalla una chispa. Entonces los dos flúidos se precipitan al encuentro uno de otro y se combinan produciendo una detonación acompañada de efectos luminosos.

Este movimiento de electricidad es de corta duración, porque los flúidos no se renuevan con rapidez suficiente sobre los conductores.

La cantidad de electricidad que se produce durante un segundo se mide con el número de chispas que estallan entre los conductores, a una distancia dada. Esta cantidad es siempre débil con respecto a la de un generador de electricidad dinámica (pila dínamo...).

En cambio, la diferencia de los potenciales de los conductores de una máquina electrostática es considerable. A cada chispa, la diferencia del potencial cae bruscamente a cero, para aumentar continuamente hasta la producción de una nueva chispa. Su máximo se mide con el largo de la chispa.

En resumen, las máquinas electrostáticas son fuentes de electricidad que representan un potencial muy elevado y una cantidad eléctrica débil.

Campanario eléctrico. — Se hace comunicar con los conductores de la máquina eléctrica una varilla metálica de la que cuelgan timbres A B C (fig. 168), entre los cuales cuelgan también bolas metálicas; los hilos extremos son conductores (hilos de lino), mientras que *b b c* son aisladores (hilos de seda); N une metálicamente el timbre C con el suelo. Cuando la máquina trabaja, las bolas son atraídas por los timbres A y B, y después del contacto son rechazadas contra el timbre C, donde se descargan; en seguida empieza el fenómeno.

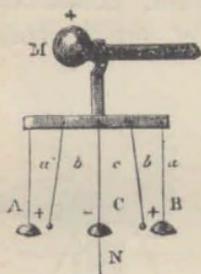


Fig. 168. — Campanario eléctrico.

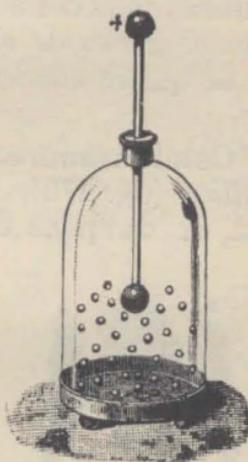


Fig. 169. — Granizo eléctrico.

Granizo eléctrico. — Sobre un disco conductor (fig. 169) 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 ve las bolas agitarse con gran velocidad; el ruido producido recuerda el del granizo.

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 es atraída cuando se le acerca un cuerpo electrizado? — ¿Por qué es rechazada después del contacto? — ¿De qué se compone el electroscopio de hojas de oro? — ¿Para qué sirve? — ¿Cómo se carga, v. g., de fluido positivo?

¿Qué es el electróforo? — ¿Cómo se sirve uno de él? — Dígase 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 el granizo eléctrico?

CAPÍTULO III

CONDENSACIÓN ELÉCTRICA

263. Condensadores.— Los *condensadores* tienen por objeto acumular la electricidad en la superficie de los conductores sometiéndolos a la influencia de otros conductores cargados de electricidad de nombre contrario a la que se quiere condensar.

264. Condensadores de platillos.— El *condensador de platillos* (fig. 170), llamado también *condensador de AEpinus*, se compone de dos platillos conductores, pa-

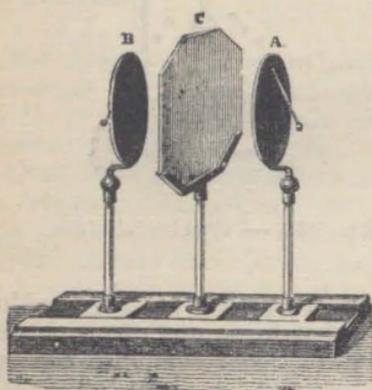


Fig. 170. — Condensador de platillos.

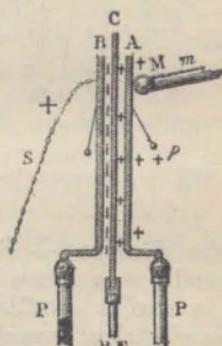


Fig. 171. — Carga del condensador.

rales y aislados A y B, que pueden acercarse o alejarse y separados por una lámina aisladora C.

265. Carga de los platillos.— El platillo A (figura 171) estando sólo en comunicación con la máquina, el péndulo *p* señala una electrización positiva. Si se acerca

el platillo B que comunica con el suelo por medio de la cadena S, el péndulo p diverge más; hay, pues, *aumento* o *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 suelo y atrae el fluido (-). Y este último, a su vez, obrando 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 electrización negativa.

El platillo A lleva el nombre de platillo *colector* y B el de platillo *condensador*.

266. Condensador de lámina de vidrio.—El *condensador de lámina de vidrio* es un condensador de platillos en algo modificado. Para construirlo (fig. 172), se toma una lámina de vidrio en

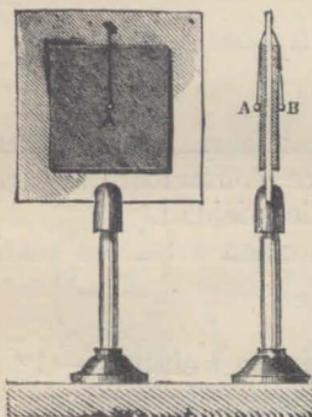


Fig. 172.
Condensador de lámina de vidrio.

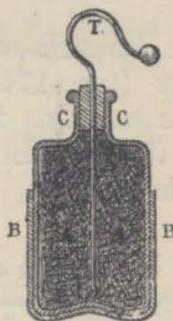


Fig. 173.
Botella de Leiden.

cuyas dos cargas se pega una hoja metálica; estas dos hojas reemplazan los platillos móviles del aparato anterior. También se le da el nombre de *cuadro fulminante*.

267. Botella de Leiden.—La *botella de Leiden* es un condensador de lámina de vidrio al que se da la forma de botella.

Compónese de un frasco de vidrio (fig. 173) que contiene hojas de oro batido (*armadura interior*). Una varilla metálica T, atravesando el cuello comunica con las hojas de oro. El frasco está envuelto hasta las $\frac{2}{3}$ partes de su altura por una hoja de papel de estaño B (*armadura exterior*).

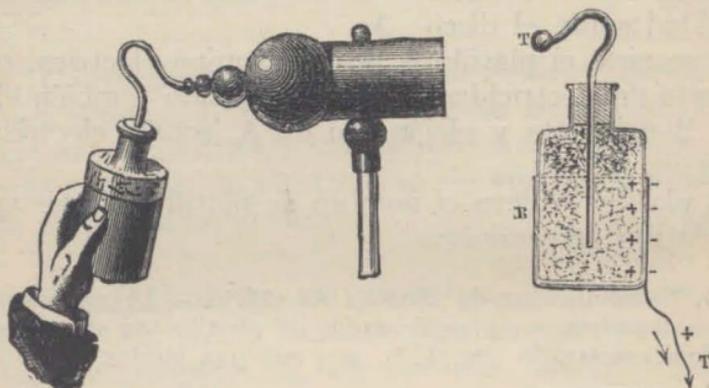


Fig. 174. — Carga de la botella de Leiden.

Para cargarla se la toma con la mano por la armadura exterior (fig. 174) y se hace comunicar la armadura interior con una fuente de electricidad.

Las dos armaduras corresponden a los dos platillos de un condensador.

268. Descarga de la botella de Leiden. — 1° *Descarga instantánea.* — Para descargar instantáneamente la botella de Leiden, con tal que tenga dimensiones reducidas, basta tomarla por la armadura exterior B y acercar la otra mano a la varilla T.

Cuando es fuerte la botella se ponen en comunicación las armaduras con el *excitador*, formado de dos piezas metálicas articuladas (fig. 175).

2° *Descargas sucesivas.* — Para descargar la botella de Leiden por medio de descargas sucesivas, se tocan alternativamente las armaduras.

También para el caso sirve el aparatito representado en la figura 176; *d* y *e* son dos timbres; el péndulo *p* de bola metálica es atraído por el timbre *d* y rechazado luego hacia el timbre *e*, donde se descargará, y el fenómeno empieza.

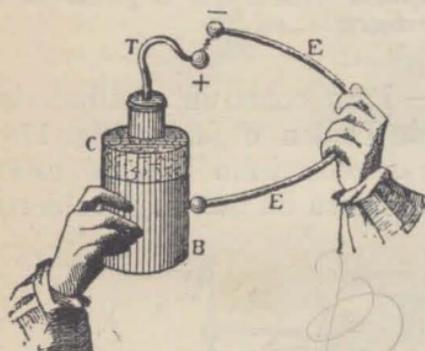


Fig. 175. Descarga instantánea.

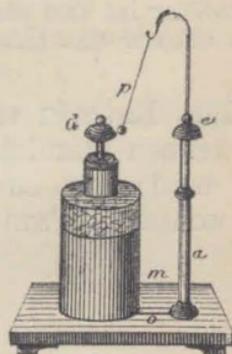


Fig. 176. — Aparato para la descarga sucesiva.

269. 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*).

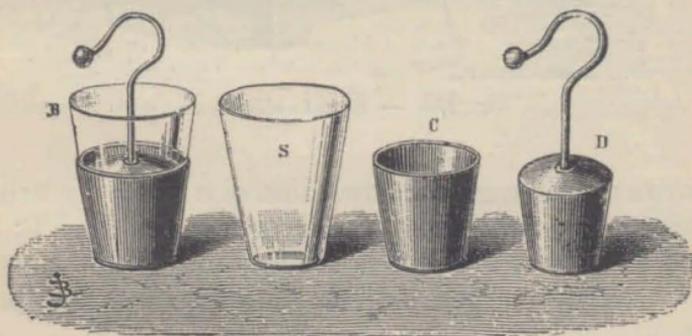


Fig. 177. — Botellas de armaduras movibles.

Esas chispas son debidas a que el flúido 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. 177) 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.

Estando colocadas las armaduras como se enseña en B, se carga la botella, luego se la coloca sobre un aislador y con la mano se levanta sucesivamente la armadura interior, el vaso de vidrio, y se toca la armadura exterior; las dos armaduras vuelven entonces al estado neutro. Si después se reconstituye la botella volviendo a colocar las tres piezas una en otra, se nota que se puede todavía obtener una chispa bastante fuerte.

270. Batería eléctrica.— Para construir una batería, se reúnen grandes botellas de Leiden o *jarras* (fig. 178) de modo que sus armaduras de mismo nombre estén en contacto. Para ello se las coloca en una caja cubierta

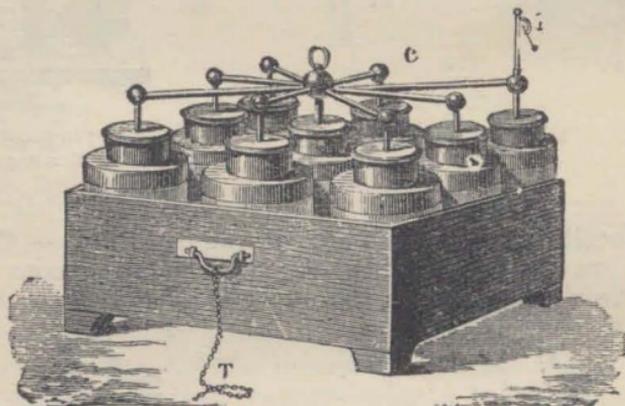


Fig. 178. — Batería eléctrica.

interiormente de una hoja metálica que reúne las armaduras externas y comunica con el asa de la caja T; unas varillas metálicas C reúnen las armaduras internas.

La descarga de una batería produce una chispa poderosa.

271. Electrómetro condensador o electroscopio de Volta (figura 179).— El *electrómetro condensador* está formado de un electroscopio de hojas de oro, provisto en su parte superior de un 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. Este aparato sirve para

estudiar 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

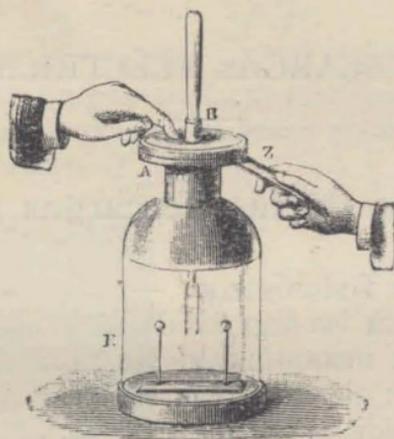


Fig. 179. — Electroscopio condensador.

retira el dedo después, luego la fuente y por fin el disco; las hojas de oro señalan si hay electrización; se determina la naturaleza de la electricidad como en el N° 257.

CUESTIONARIO. — ¿Cuál es el objeto de los condensadores? — ¿De qué se compone el condensador de platillos? — ¿Cómo se carga? — ¿Qué es el condensador de lámina de vidrio? — Describid la botella de Leiden. — ¿Cómo se carga? — ¿Cómo se 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?

CAPÍTULO IV

DESCARGAS ELÉCTRICAS

I. — Efectos de las descargas eléctricas.

272. Efectos fisiológicos. — Cuando una descarga eléctrica pasa por los órganos de los animales, los músculos se contraen instantáneamente produciendo una sensación violenta; siendo rápida la descarga resulta una excitación llamada *conmoción eléctrica*. Se siente menos el efecto de la conmoción eléctrica cuando varias personas se dan la mano, formando cadena.

El rayo no es más que una descarga eléctrica poderosa.

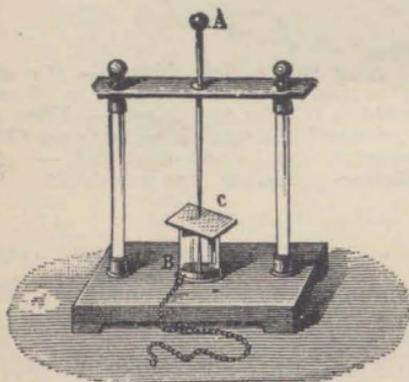


Fig. 180. — Taladra vidrios.

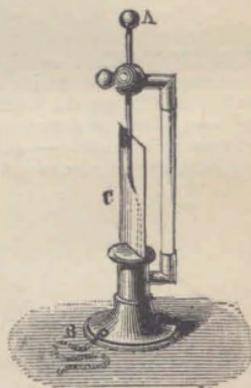


Fig. 181. — Taladra cartas.

273. Efectos mecánicos. — Las sustancias atravesadas por las descargas eléctricas generalmente se rompen y se proyectan a distancia; es así como se agujerea una placa de vidrio (*taladra vidrios*, fig. 180) o

una hoja de cartón (*taladra cartas*, fig. 181), disponiendo esos objetos entre dos puntas metálicas entre las que se produce la chispa eléctrica.

274. Efectos luminosos. — Las descargas eléctricas que se hacen en un gas rarefacto producen luces de matices variados: nótaselo con el *huevo eléctrico* (fig. 182) o los *tubos de Geissler* (fig. 183).

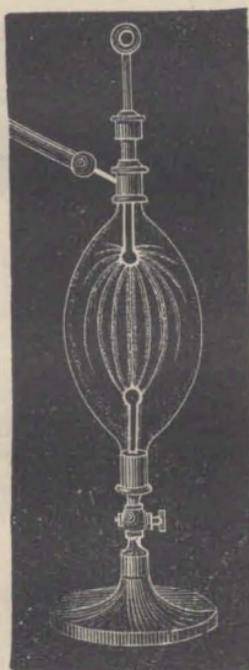


Fig. 182.
Huevo eléctrico.



Fig. 183.
Tubo de Geissler.

275. Efectos caloríficos y químicos. — La chispa eléctrica puede inflamar las substancias volátiles, como el éter (fig. 184).

Cuando la descarga atraviesa hojas metálicas muy delgadas, puede volatilizarlas y fijar las partículas metálicas sobre los objetos en contacto; es lo que se obtiene en el experimento del *retrato de Franklin*.

La chispa eléctrica puede determinar algunas acciones químicas, como las combinaciones o las descomposiciones de ciertos cuerpos; úsase, por ejemplo, en la síntesis del agua por medio del *eudiómetro de mercurio*. Se puede dar al experimento la forma que enseña la figura 185;

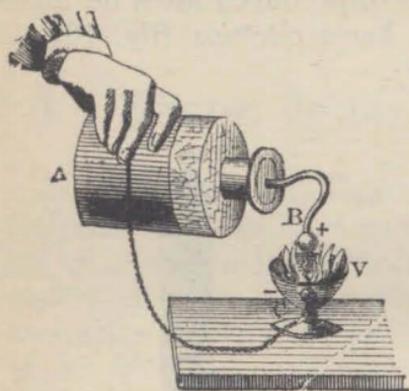


Fig. 184. — Inflamación del éter.

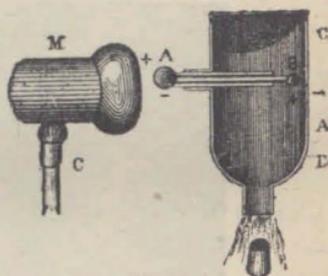


Fig. 185. — Pistola de Volta.

el aparato se denomina entonces *pistola de Volta*. Es un vaso metálico atravesado por un tubo de vidrio y una barra metálica. Se lo llena con una mezcla de oxígeno y de hidrógeno, y se cierra el vaso con un tapón de corcho que salta al estallar la chispa.

276. Paso de las chispas al través de los gases rarefactos. — Las descargas de un carrete de Ruhmkorff al través de 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 rarefacto 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 a 2 ó 3 milímetros, la co-

lumina 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. — El tubo de Crookes (fig. 186) es una ampolla de vidrio que contiene un gas en extremo rarefacto y cuya presión es inferior a un milésimo de milímetro.

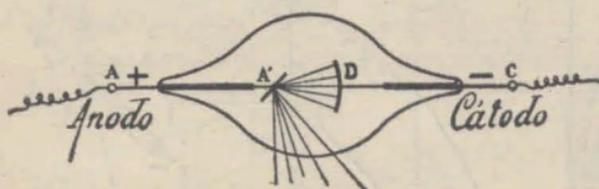


Fig. 186. — Tubo de Crookes.

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* las 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 o repelidos por los polos de un imán; pueden poner en movimiento un molinito de mica instalado en medio de la ampolla.

277. Rayos X. — *Fotografía de lo invisible.* Los rayos X, descubiertos por Roentgen en 1895, son radiaciones *invisibles* que se esparcen en el aire alrededor 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 espato 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.

278. 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 o cubierta de papel negro.

Los rayos X atraviesan las carnes, la madera, el papel y llegan a la placa sensible que impresionan, pero una parte de ellos es detenida por los huesos que, por decirlo así, sólo proyectan su sombra sobre la placa fotográfica (fig. 187).

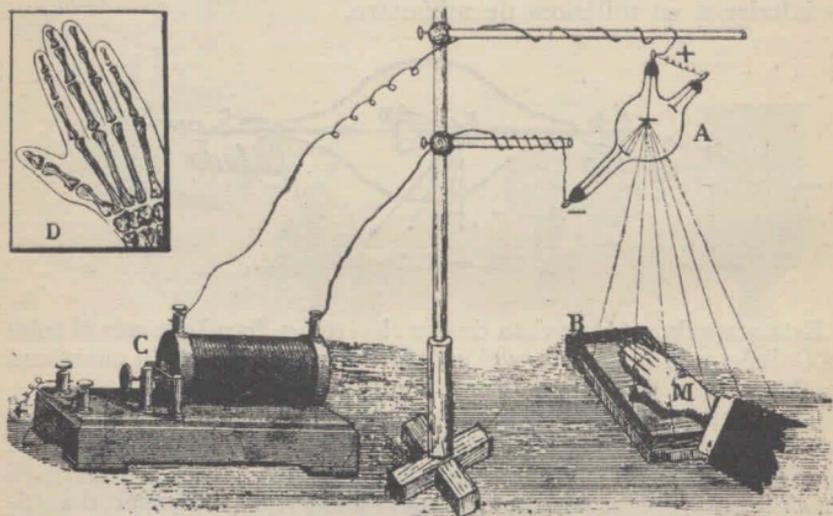


Fig. 187. — Radiografía.

A, tubo de Crookes; B, chasis cargado con una placa sensible y cerrado; C, carrrete de Ruhmkorff; D, radiografía revelada y ampliada de la mano M.

Empero no se reduce tan sólo la radiografía a 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.

279. 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 o todavía los huesos de la mano, (fig. 188), etc., etc.

Basta para esto interponer el objeto que se tiene que examinar entre la ampolla de Crookes y una pantalla barnizada con platino-cianuro 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.

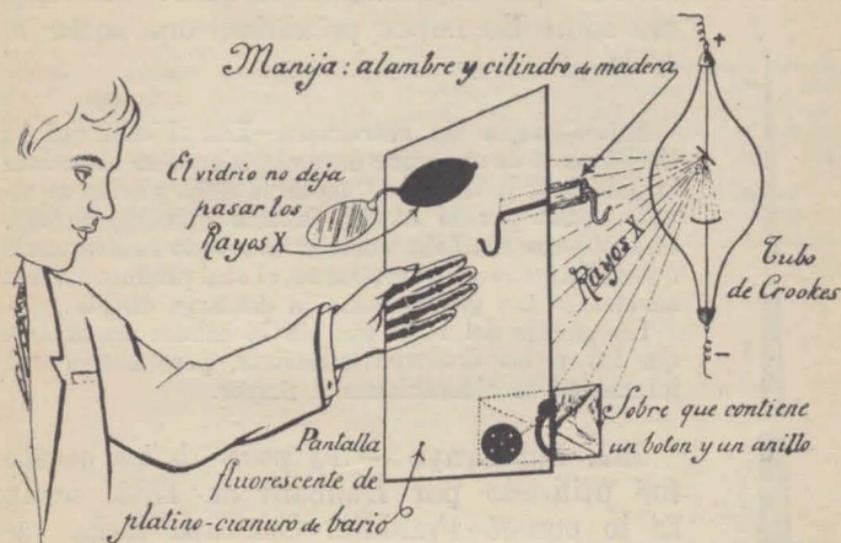


Fig. 188. — Radioscopia.

Figura que indica cómo el observador ve la mitad del sobre, de la manija, de los anteojos y de la parte de su mano colocados detrás de la pantalla.

Los aduaneros pueden, con este auxilio, explorar el fondo de los baules sin abrirlos.

II. — Electricidad atmosférica.

280. Presencia de la electricidad en la atmósfera. — Cuando está sereno el tiempo, la atmósfera está cargada de electricidad positiva y el suelo de electricidad negativa. Es lo que puso de manifiesto Franklin al lanzar en la atmósfera una cometa que detenía por medio de una cuerda inductora de la cual sacó chispas.

Las nubes están cargadas, unas de electricidad positiva y otras de electricidad negativa. Cuando dos nubes, o una nube y el suelo se hallan bastante próximos, se produce una descarga brusca que se llama rayo; la

chispa toma el nombre de *relámpago* (12 hasta 20 Km.), y el ruido es el *trueno*. El rimbombo que se oye proviene de las reflexiones que experimenta el ruido principal ora sobre las nubes próximas, ora sobre el suelo.

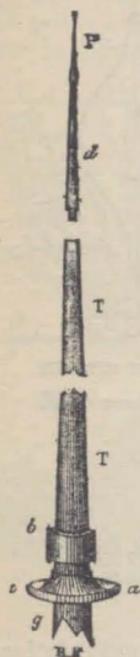


Fig. 189.
Varilla del
pararrayo.

281. Choque de retroceso.—Los objetos que se hallan cerca de una nube muy electrizada se electrizan también por influencia. Cuando la nube vuelve al estado neutro por el efecto de una descarga brusca, esos objetos también vuelven al estado neutro; es lo que se llama *choque de retroceso*, el cual produce a veces accidentes tan graves como la descarga directa.

Los efectos del rayo son de la misma naturaleza que los de las descargas eléctricas, pero tienen una intensidad considerablemente mayor.

282. Pararrayo.— El *poder de las puntas* fué utilizado por Dalibard en 1732, según se lo enseñó Franklin. Con una larga varilla aislada, pudo recoger el flúido atmosférico y combinarlo con el flúido terrestre.

Los *pararrayos* son unos aparatos que protegen los edificios contra el rayo, ya neutralizando la electricidad de las nubes tempestuosas, ya excitando las descargas eléctricas en puntos previstos.

El pararrayo (fig. 189) se compone de una larga barra de hierro T T que remata en una punta de cobre dorado P. Esa barra comunica con el suelo por medio de otra barra o de un cable metálico que penetra en el suelo donde en lo posible se pierde en el agua, y si no, se cubre el pie del conductor con brasa de panadero. Se reúnen las principales piezas del edificio por medio de barras metálicas.

Cuando una nube tempestuosa pasa cerca del pararrayo, la electricidad del suelo se escapa por la punta (*penacho*) y neutraliza la de las nubes próximas. Si la corriente es insuficiente, la punta determina las descargas y preserva del rayo los objetos cercanos.

Se admite que el aparato protege contra el rayo los objetos colocados en el círculo cuyo centro es su pie y cuyo radio es doble de la altura de la barra.

CUESTIONARIO. — ¿Cuál es el efecto de una descarga eléctrica a 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? — ¿Qué son los tubos de Geissler? — Los de Crookes? — ¿Qué son los rayos X? — ¿Quién los descubrió? — ¿Qué son la radiografía y la radioscopia? — Decid lo que sabéis de ellas.

¿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?

CAPÍTULO V

MAGNETISMO

283. Magnetismo. — Imanes. — *Dáse el nombre de magnetismo al conjunto de los fenómenos relativos a los 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 *pedra imán* o *imán natural* es el óxido magnético u óxido salino de hierro (Fe^3O^4), que se encuentra en la naturaleza. Los *imanes artificiales* son varillas de acero a las cuales se han comunicado las propiedades de los imanes naturales.

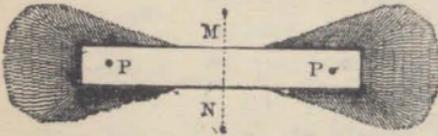


Fig. 190.

Acción de los polos de un imán.

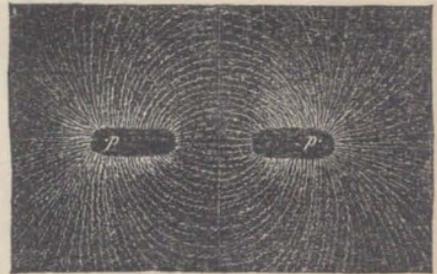


Fig. 191. — Espectro magnético.

Cuando se pone una barra imantada en limaduras de hierro, se nota que la acción magnética se manifiesta más particularmente en dos puntos, hacia las extremidades P de la barra (fig. 190); son los dos *polos* del imán. La línea media M N es neutra, es decir, sin acción magnética.

La acción magnética puede ejercerse a distancia y al través de los cuerpos. Si se coloca un imán debajo de una hoja de papel, por ejemplo, y se echan limaduras de hierro sobre esa hoja, se ve al polvo metálico orientarse bajo la acción del imán y formar líneas curvas cuyo conjunto forma el *espectro magnético* (fig. 191).

Cuando se rompe un imán, cada pedazo resulta ser un imán completo con dos polos. Así al romperse una aguja de punta imantada, se obtienen pequeños imanes completos, es decir, que tienen cada uno dos polos.

284. Aguja magnética. — *La aguja magnética es una lámina de acero imantado y móvil sobre un eje vertical, (fig. 192), o alrededor de un eje horizontal (fig. 193).*

Dirección. — Como todo imán, la aguja imantada ofrece dos polos distintos: el polo N que se dirige siempre hacia el norte geográfico y el polo S, hacia el sur geográfico.

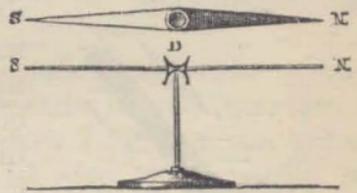


Fig. 192. — Aguja imantada.

Se deja el color azul del acero templado al polo N y se pule el polo S, para distinguirlos entre sí.

285. Atracciones y repulsiones magnéticas. — *Dos polos de mismo nombre se rechazan; dos polos de nombre contrario se atraen. Sean N y N', S y S' (fig. 193), los polos de mismo nombre de dos agujas imantadas.*

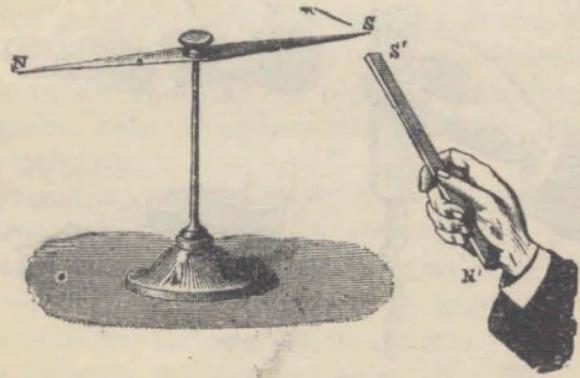


Fig. 193. — Naturaleza diferente de los polos.

La experiencia enseña que S' ejerce una *repulsión* en S . Por el contrario, si se acercan los polos N y S' se nota una *atracción*.

286. Imán terrestre. — Cuando se coloca una aguja imantada arriba de un imán fijo $N S$ (fig. 194), la aguja toma la dirección del imán de modo que sus polos de nombre contrario coincidan. Se explica, por lo tanto, la orientación de la aguja imantada bajo la acción de la tierra considerando a 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 llamará *polo boreal*. Para un imán, *polo boreal* o *polo sur* son sinónimos; *polo austral* o *polo norte* significan la extremidad vuelta al norte.

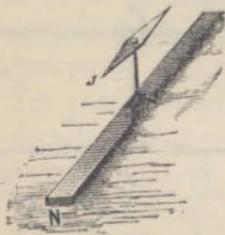


Fig. 194. — Orientación de una aguja imantada en el plano de un imán.

287. 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

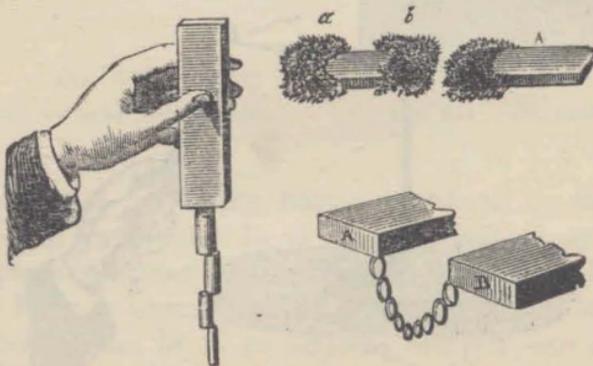


Fig. 195. — Imantación del hierro dulce por influencia.

hierro dulce se pueden formar cadenas de *imanes temporarios* (fig. 195).

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*).

288. Procedimientos de imantación. — 1° *Procedimiento de contacto simple.* — Se frota en el mismo sentido una aguja o una barra de acero, con la extremidad de una barra imantada; se obtiene así una imantación poco enérgica.

2° *Procedimiento del doble contacto separado* (figura 196). — 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 al otro y las barras N

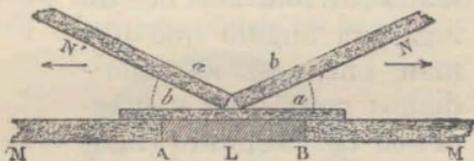


Fig. 196. — Imantación.

y 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° *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 a izquierda y de izquierda a derecha durante cierto tiempo.

4° *Imantación por las corrientes* (N.º 280).

289. Forma de los imanes.— Se da las más veces a 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 Jamín se forma de un haz de láminas imantadas reunidas con una armadura (fig. 197).

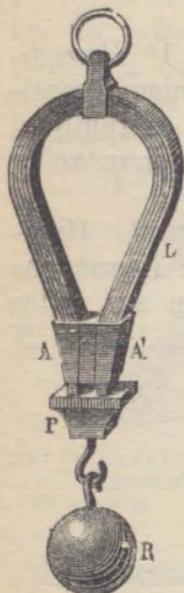


Fig. 197.
Imán de Jamín.

290. Brújulas.— Las brújulas son unos instrumentos que señalan una dirección constante, norte sur magnético; se fundan en el principio de la acción directriz del magnetismo terrestre sobre la aguja imantada. Se componen esencialmente de una aguja imantada móvil alrededor de un eje *t*.



Fig. 198. — Declinación magnética.

291. Declinación.— Se llama *declinación* de un lugar, el ángulo que forman entre sí los meridianos geográfico y magnético de ese punto (figura 198). 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 a la derecha del norte geográfico, y occidental en el caso contrario. En 1898, la declinación de Buenos Aires era oriental e igual a unos 8°, y de 8° 59' E en 1891; en La Plata, 7° 50' E (1898); en Córdoba, 12° 13' E (1882).

(1) Para dar una idea de la variación de la declinación para un mismo lugar, damos a continuación algunas observaciones hechas en París en tres siglos:

1580.....	11°,30' Este	1825.....	22°,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 —

Se obtiene la declinación con la *brújula de declinación*, formada de una aguja imantada (fig. 199), móvil alrededor de un eje vertical. Un anteojo L L' permite colocar el instrumento en el plano del meridiano astronómico y el ángulo que forma esta dirección con la aguja da el valor de la declinación.

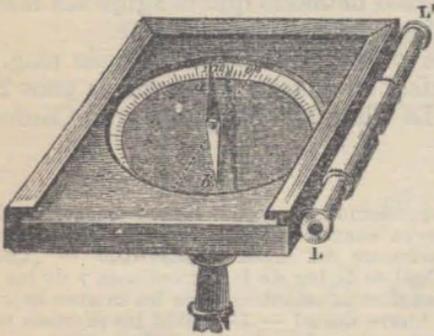


Fig. 199. — Brújula de declinación.

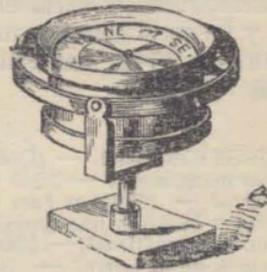


Fig. 200. — Brújula marina.

La *brújula marina* o *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. 200). Sirve para dirigir los buques.

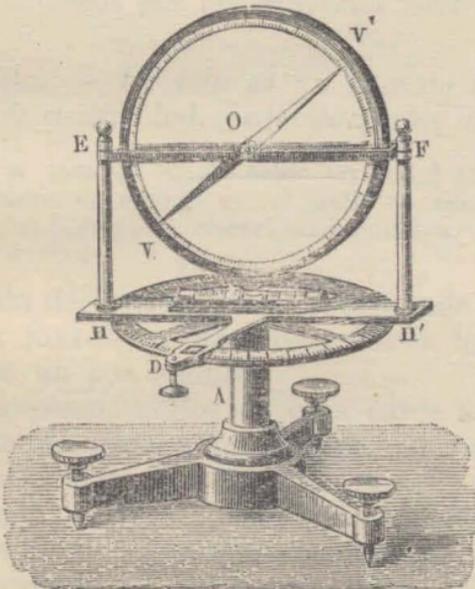


Fig. 201. — Brújula de inclinación.

VV' círculo vertical en cuyo centro está el eje horizontal de la aguja; HH' círculo horizontal fijo en el pie A.

292. 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. 201), móvil alrededor 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 Buenos Aires era de unos 29° en 1898 y $28^\circ 43'$ en 1891; en La Plata, $29^\circ 10'$ (1898) y en Córdoba $27^\circ 58'$ (1882).

CUESTIONARIO. — ¿Qué es magnetismo? — ¿Qué se llaman imanes y sustancias 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 a los imanes? — ¿Qué es una brújula? — ¿Qué son la declinación y la inclinación? — ¿Cómo se obtienen una y otra?

SEXTA PARTE

ELECTRICIDAD DINÁMICA

CAPÍTULO I

PILAS ELÉCTRICAS

293. Electricidad dinámica. — *La electricidad dinámica es la parte de la Física que tiene por objeto el estudio de la electricidad en movimiento, y también el de los efectos producidos por las corrientes eléctricas.*

294. 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 cinc p. ej., el metal se carga de electricidad negativa y el líquido de electricidad positiva.

295. Pila de Volta. — La primera pila se debe a Volta. Al soldar juntos un disco de cobre y un disco de cinc, se obtiene un *par voltaico*.

Se sobreponen varios de esos pares separándolos con ruedecitas de paño, impregnadas de agua acidulada. Si se reúnen entonces el último cinc y el primer cobre con un hilo metálico (conductor o réforo), 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 (cinc).

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 a la aguja desviarse de su dirección norte-sur.

El último cinc y el primer cobre pueden suprimirse porque sirven tan sólo de conductores por no estar en contacto con el líquido excitador.

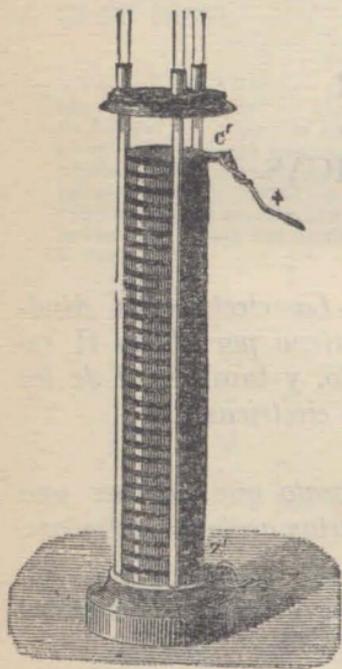


Fig. 202. — Pila de columna de Volta.

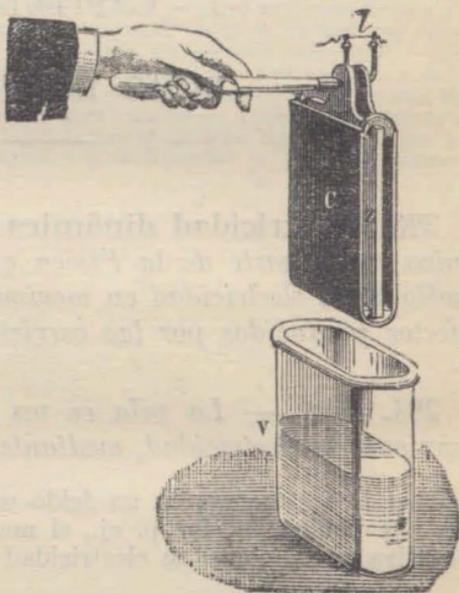


Fig. 203. — Elemento de Wollaston.

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. 202).

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 cinc porque entonces no se deja atacar por el ácido sulfúrico sino cuando está cerrado el circuito.

El cinc amalgamado es cinc cubierto de una capa de mercurio.

296. Pila de Wóllaston. — Un elemento de Wóllaston se compone de una lámina de cobre C (fig. 203) encorvada como lo enseña la figura, de manera que envuelve sin tocarla una lámina de cinc Z.

El conjunto está sumergido en un vaso V que contiene agua acidulada.

Uniendo varios elementos, se obtiene la pila de Wóllaston (fig. 204).

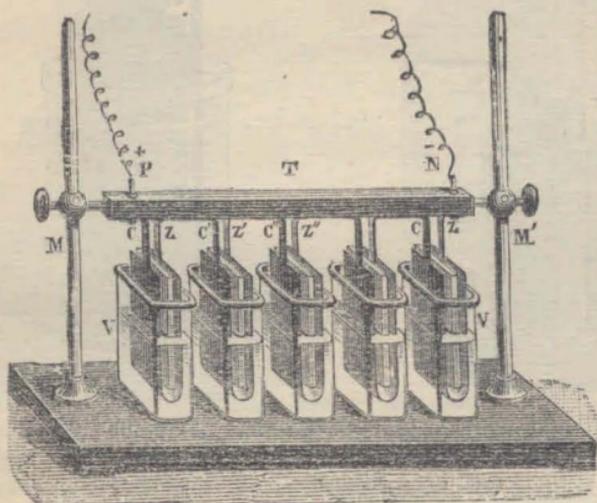


Fig. 204. — Pila de Wóllaston.

297. Pila de Daniell. — La pila de Daniell (fig. 205) se compone:

1º De un vaso exterior V que contiene ácido sulfúrico diluido, en que se sumerge una lámina de cinc Z; es el polo negativo de la pila.

2º 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 cinc y forma sulfato de cinc: el hidrógeno que proviene de la descomposición del agua atraviesa el vaso poroso, toma oxígeno al sulfato de cobre para reconstruir 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 cinc.

La pila se empobrece de sulfato de cobre; por lo cual y también por formarse *corrientes secundarias* que se oponen a la corriente principal, su intensidad disminuye: dicese entonces que la pila se *polariza*.

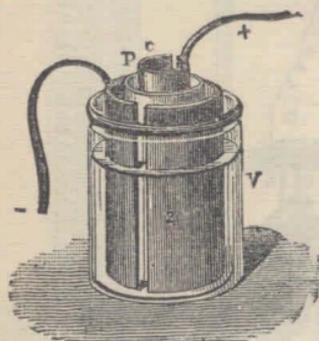


Fig. 205.
Elemento de pila de Daniell.

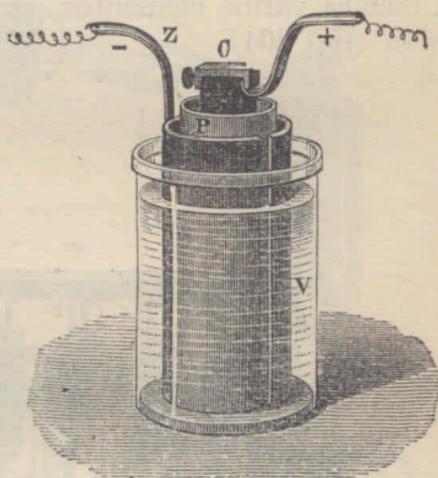


Fig. 206.
Pila de Bunsen.

298. Pila de Bunsen. — La *pila de Bunsen* (fig. 206) comprende un vaso exterior de barro cocido o de vidrio V que contiene una disolución de ácido sulfúrico en la proporción de 1 a 10 en que se sumerge un cilindro Z de cinc 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 cinc en presencia del ácido sulfúrico descompone el agua y forma sulfato de cinc; el hidrógeno se

transporta sobre el ácido nítrico para formar agua y productos nitrógenados 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 a la desaparición rápida del ácido sulfúrico.

299. Pila de bicromato de potasio (fig. 207). — La *pila de bicromato de potasio* comprende un vaso de forma de botella que contiene una disolución de cromato de potasio a la que se añade ácido sulfúrico; unas láminas de cobre C, C, y una lámina de cinc se sumergen en ese líquido.

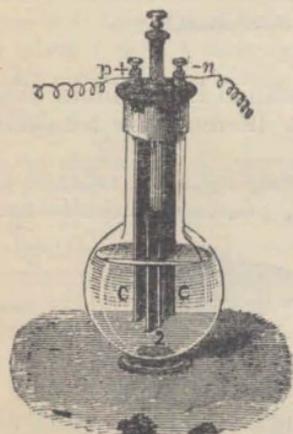


Fig. 207. — Pila de bicromato.

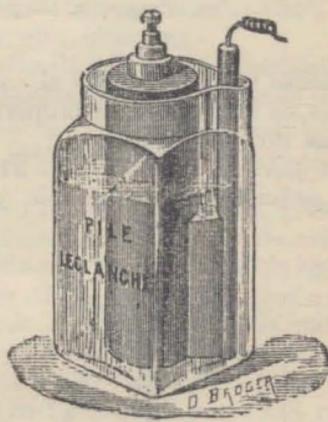


Fig. 208. — Pila de Leclanché.

300. Pila de Leclanché (fig. 208). — El polo negativo de la *pila de Leclanché* está formado por un pequeño cilindro de cinc 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.

Esa pila es constante y de larga duración; se usa generalmente en los telégrafos, teléfonos, campanas eléctricas, etc.

301. Asociación de las pilas. — Según los efectos que se quieran alcanzar, se pueden parcar los elementos de las pilas por los polos del mismo nombre (*asociación en batería*) o por los polos de nombre contrario (*asociación en serie o en tensión*).

302. Pilas termoeléctricas. — Las *pilas termoeléctricas* son pilas cuyas corrientes son debidas no a una acción química, sino a la desigualdad de calor que se desarrolla en la soldadura de los metales diferentes.

El experimento de Seebeck (fig. 209) demuestra que si se toma una lámina de cobre L L' soldada con un pequeño cilindro de bis-

muta C, y se calienta la soldadura, se produce una imantación capaz de hacer desviar una aguja imantada A B. Se nota que la

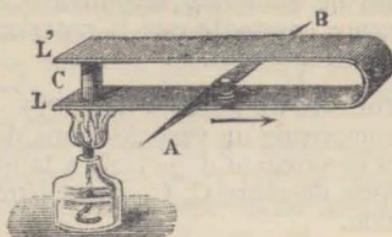


Fig. 209. — Experimento de Seebeck.

corriente va del bismuto al cobre atravesando la soldadura caliente y que su intensidad es proporcional a la diferencia de temperatura de las dos soldaduras.

La *pila de Melloni* (fig. 210) está compuesta de muchas láminas pequeñas de antimonio y bismuto, puestas alternativamente,

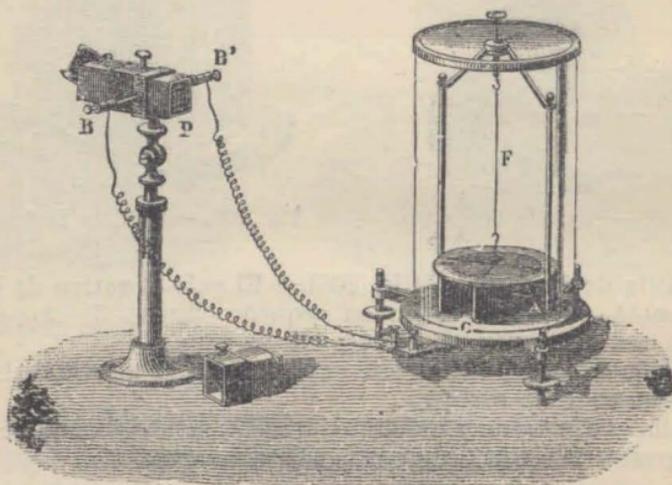


Fig. 210. — Pila de Melloni.

soldadas por sus extremidades y vueltas sobre sí de modo que las soldaduras de orden impar estén a un lado, y las soldaduras de orden par al otro lado, formando un prisma el conjunto. Las extremidades de la pila rematan en dos toques B y B' que son los dos polos de la pila.

Prodúcese una corriente cuando esas dos caras tienen diferente temperatura.

Las corrientes termoeléctricas no son fuertes, pero conservan una

intensidad constante, mientras queda constante la diferencia de temperatura.

303. Analogías hidráulicas. — 1º Una máquina hidráulica eleva el agua a cierta altura de donde puede caer a su nivel primitivo, formando una corriente líquida continua; del mismo modo una pila eleva la electricidad a cierto nivel eléctrico (a cierto potencial) de donde cae a lo largo del conductor interpolar, formando una corriente eléctrica.

Los dos polos se mantienen a niveles (a 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 de nivel, en el interior de la pila, se hace por medio del calor producido por las reacciones químicas; luego la caída a 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.

2º Si dos depósitos de agua, de niveles diferentes e 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 a la salida del agua, a causa de su longitud y de su sección más o menos angosta.

Del mismo modo, los polos de una pila se mantienen a niveles eléctricos constantes, y entre ellos se forma, a través del reóforo, una corriente continua. La cantidad de electricidad o *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.

304. 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:

$$I = \frac{E}{R} \text{ (ley de Ohmio)}$$

Para medir estos valores, se adoptan las unidades siguientes:

1º La unidad de resistencia se llama OHMIO (1899): es la

resistencia a una columna de mercurio de 1 mm. de sección y de 106 cm. de largo.

2° La unidad de *fuerza electro-motriz* se llama VOLTIO (1899) es la fuerza electro-motriz de un elemento de Volta (formado de un cobre y de un cinc, sumergidos en agua acidulada).

La fuerza electro-motriz de un par de Volta es, pues, 1 voltio; la de Bunsen es de 109; la de Leclanché, 105; la de Daniell, 101.

3° La unidad de *intensidad* se llama AMPERIO (1899); es la intensidad de la corriente dada por una pila cuya fuerza electro-motriz es de un voltio y la resistencia total de un ohmio (1899).

4° La unidad de *cantidad* se llama COULOMB: es la cantidad de electricidad dada en un segundo por una corriente cuya intensidad iguala a un amperio.

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 cinc 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 Wollaston, de Daniell y de Bunsen. — Decir, para cada una de ellas, 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 de las pilas termo-eléctricas? — ¿Cómo se repite el experimento de Seebeck? — Dar la descripción de la pila de Melloni. — Definir el ohmio, el voltio, el amperio, el coulomb.

PROBLEMAS. — 1° ¿Cuál es la intensidad de la corriente producida por un elemento de Bunsen cuya fuerza electro-motriz es 1,8 voltios y la resistencia interior 0,2 ohmios, siendo la resistencia del reóforo 0,70 ohmios?

$$I = \frac{E}{R} = \frac{1,8}{0,2 + 0,7} = 2 \text{ amperios.}$$

2° ¿Qué cantidad de electricidad produce por minuto un elemento de Leclanché cuya fuerza electro-motriz es de 1,46 voltios y la resistencia total del circuito de 8 ohmios?

$$Q = Lt = \frac{Et}{R} = \frac{1,46 \times 60}{8} = 10,95 \text{ coulombs.}$$

3° La fuerza electro-motriz de un elemento de pila es de 1,9 voltio. ¿Cuál es la resistencia interior de dicho elemento, sabiendo que da una corriente de 4 amperios cuando se reúnen sus polos por medio de un alambre de 0,275 ohmios de resistencia?

$$4 = \frac{1,9}{0,275 + x}; \text{ de donde } x = 0,2 \text{ ohmios.}$$

4° ¿Cuál es la fuerza electro-motriz de un elemento cuya resistencia es de 0,2 ohmios, sabiendo que una serie de 100 elementos semejantes da una corriente de 5 amperios, en un alambre cuya resistencia es de 8 ohmios?

$$5 = \frac{100x}{20 + 8}; \text{ de donde } x = 1,4 \text{ voltios.}$$

5° Constrúyese una serie de 10 elementos semejantes cada uno de los cuales tiene una fuerza electro-motriz de 1,5 voltios, y 0,5 ohmios de resistencia interior. El circuito exterior tiene una resistencia de 25 ohmios. ¿Cuál es la intensidad de la corriente?

$$I = \frac{1,5 \times 10}{0,5 \times 10 + 25} = 0,5 \text{ amperios.}$$

CAPÍTULO II

PRINCIPALES EFECTOS DE LAS CORRIENTES

Los efectos de la corriente eléctrica comprenden dos categorías:

1° *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° *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.

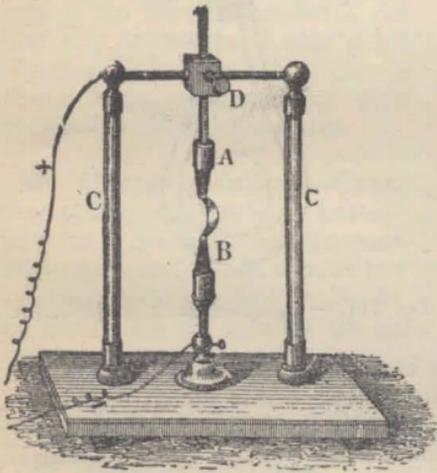


Fig. 211. — Arco voltaico.



Fig. 212. — Carbones del arco voltaico (aumentados).

305. Efectos caloríficos y luminosos.—Si se introduce en el circuito un hilo metálico muy fino, ese hilo se calienta, se enrojece, puede fundirse y aun volatilizarse.

306. Arco voltaico. — Si se hacen terminar los reóforos de una Pila poderosa en dos lápices de carbón de retorta A y B (fig. 211 y 212) que se acerquen 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 voltaico*.

Ese arco es a 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 a 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 voltaico se reemplazan ventajosamente por las *bujías de Jablochhoff* (fig. 213).

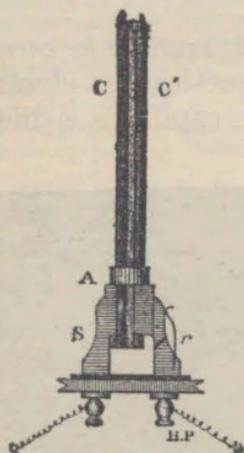


Fig. 213. — Bujía de Jablochhoff.

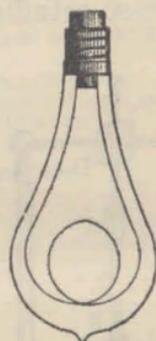


Fig. 214. — Lámpara de incandescencia.

Esas bujías se forman con dos lápices de carbón separados por una lámina de yeso; el arco voltaico sale entre sus extremidades y volatiza el yeso a medida que se usan los carbones. Para hacer la luz más suave, se coloca el arco voltaico 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. 214).

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 atra-

vesar ese hilo, lo calienta y lo lleva a 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.

307. 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.

308. 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 a 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 cinc, se inserta la extremidad del cobre junto a los nervios lumbares del animal, y se acerca el cinc a los músculos de la pata (fig. 215); se nota a cada contacto una viva contracción de los músculos.

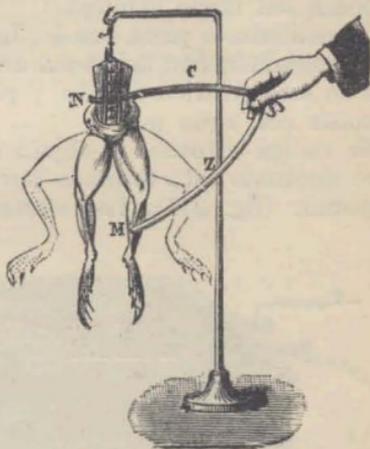


Fig. 215. — Experimento de Galvani.

309. Efectos químicos.— Cuando se obliga una corriente bastante fuerte a que atraviese 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 llaman *electrodos*.

Entre los productos de la electrolisis, se llaman electro-positivo los que se dirigen al electrodo negativo y electro-negativos a los que van 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.

310. 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 a la que ha descompuesto el agua. El oxígeno y el hidrógeno desaparecen poco a 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 a la primera.

Los *acumuladores* industriales se basan precisamente en este mismo principio.

311. Galvanoplastia. — 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 segundos en ácido nítrico diluído, y por fin en ácido concentrado; se lava después con 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. 216). Los electrodos están sumergidos en una di-

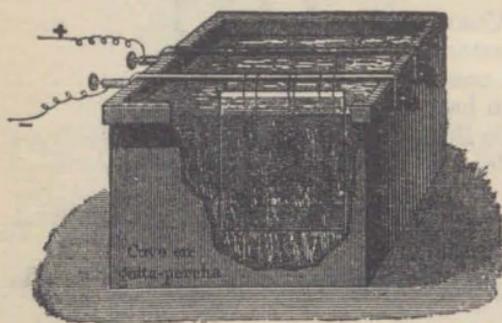


Fig. 216. — Aparato compuesto para la galvanoplastia.

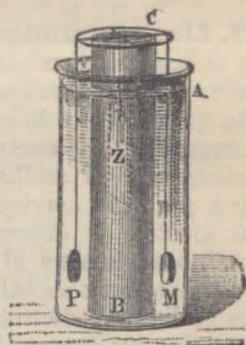


Fig. 217. — Aparato simple para la galvanoplastia.

solución de sulfato de cobre para el bronceado, de cianuro doble de oro y de potasio para el dorado, de plata y de potasio para el platingo, de sulfato doble de níquel y de amonio para el níquelado.

Si no es metálico el objeto, hay que hacerlo conductor; para

metalizar un objeto no conductor, piedra, madera, yeso, se lo cubre de plombagina, 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. En ese molde, siendo metalizado, la galvanoplastia produce una o 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 cinc (fig. 217) 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 cinc 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 inconveniente tiene el alumbrado con el arco voltaico? — ¿En qué consisten las bujías 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 electropositivos? — ¿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

ELECTROMAGNETISMO

I. — Acción de las corrientes sobre los imanes.

312. Experimento de Ørsted (fig. 218). Ley de Ampère. — Si un hilo recorrido por una corriente está cerca de una aguja imantada y paralelamente colocada con ella:

1º La aguja procura tomar una dirección perpendicular a la del hilo, es decir, a ponerse en cruz con la corriente.

2º El polo austral de la aguja (punta norte) se desvía hacia la izquierda de la corriente.

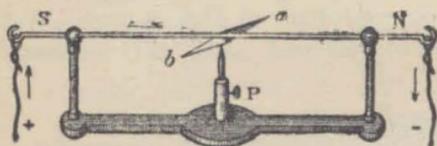


Fig. 218. — Experimento de Ørsted.

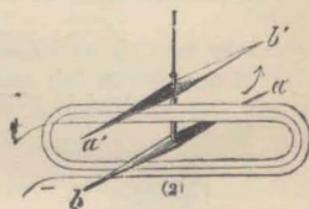


Fig. 219. — Agujas astáticas.

Se llama *izquierda de la corriente* la izquierda de un observador que mirara la aguja y colocado de modo que la corriente le entrara por los pies y saliera por la cabeza.

313. 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 enrolla el hilo atravesado por la corriente. Se coloca la aguja en el centro del marco y de su plano.

314. Agujas astáticas. — Se llaman *agujas astáticas* el conjunto de dos agujas imantadas e idénticas, fijas en el mismo eje, de modo que sus polos de nombre contrario se correspondan (figura 219). 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: es esta diferencia la que el multiplicador debe vencer para orientar el sistema.

315. Galvanómetro (fig. 220). — El galvanómetro es un aparato que indica la presencia de las corrientes, y compara su intensidad; se funda en el experimento de CErsted.

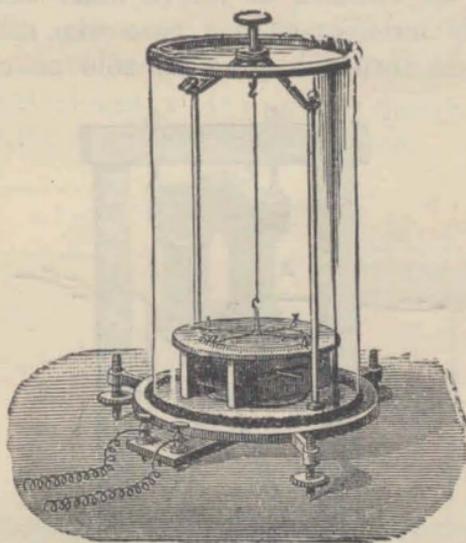


Fig. 220. — Galvanómetro.

El galvanómetro comprende:

- 1º Un sistema *astático* de dos agujas imantadas.
- 2º 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.

316. Imantación de las corrientes. — Se enrosca un hilo metálico en espiral alrededor de un tubo de vidrio, en cuyo interior se coloca una aguja de acero (fig. 221).

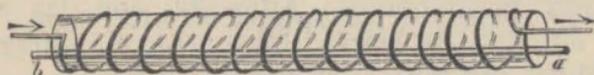


Fig. 221. — Acción de una corriente sobre un alambre de acero.

Si se hace 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.

217. Electroimán. — El *electroimán* (fig. 222) está formado por un cilindro de hierro dulce envuelto por un carrete de hilo metálico en que pasa una corriente. En el electroimán de forma herradura, sólo se envuelven las

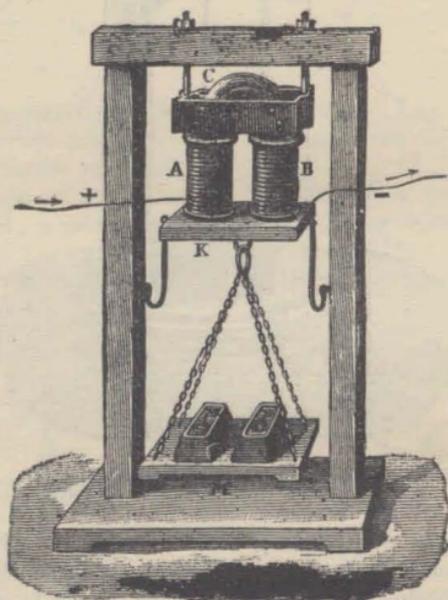


Fig. 222. — Electroimán.

extremidades, y el enroscamiento ha de ser tal que el hilo de un carrete sea la continuación del hilo del otro, de modo que la corriente vaya de derecha a izquierda en un carrete y de izquierda a derecha en otro.

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.

318. Aparatos telegráficos. — La telegrafía tiene por objeto transmitir a lo lejos el pensamiento por medio de signos convencionales.

La telegrafía eléctrica comprende (fig. 223): 1° El *manipulador*; 2° el *receptor*; 3° un *circuito metálico* que reúne las dos estaciones, y 4° una *pila* que da la corriente que debe circular entre dichas estaciones.

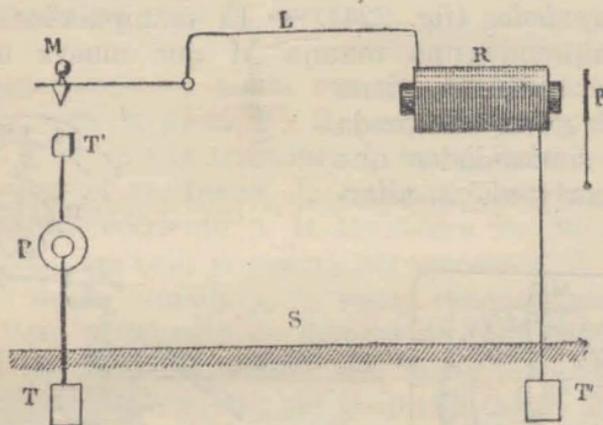


Fig. 223. — Principio del telégrafo.

M, manipulador; R, receptor; L, hilo de línea que forma el circuito; P, pila; TT', placas metálicas que aseguran el retroceso de la corriente por el suelo S.

El *manipulador* M permite establecer o interrumpir el paso de la corriente en el circuito.

El *receptor* R 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 F.

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 o 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 sólo la corriente de la estación expedidora pase por el circuito.

319. Telégrafo de Breguet o telégrafo de cuadrante.

— *Manipulador* (fig. 224). — 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 alter-

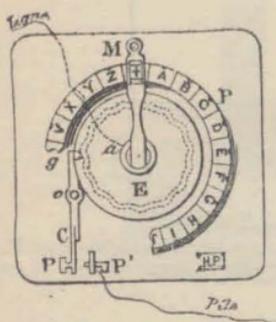


Fig. 224. — Manipulador del telégrafo de Breguet.

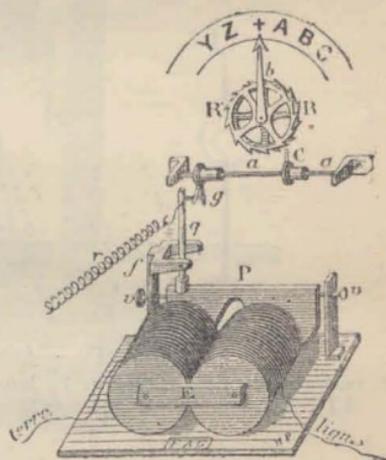


Fig. 225. — Receptor del telégrafo de cuadrante.

nativamente del centro del disco. Cuando se da vuelta al disco, la extremidad de la palanca *g* *C*, móvil alrededor del punto *O*, sigue las sinuosidades de la garganta de modo que la otra extremidad *C* viene alternativamente a tocar las piezas *P* y *P'*. Cuando la palanca toca la pieza *P'*, la corriente 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.

En una vuelta entera, la manija produce, pues, 26 alternativas de abrir y cerrar el circuito.

Receptor (fig. 225). — 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 es atraída. Cuando por el contrario, la palanca toca la pieza P, deja pasar la corriente, y la armadura vuelve a 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 a la manija, queda evidente que para conservar la concordancia de los movimientos entre el manipulador y el receptor, hay siempre que dar vuelta a la manija, en el mismo sentido sin volver nunca para atrás.

320. Telégrafo de Morse. — *Manipulador* (fig. 226).
 — El manipulador del telégrafo de Morse se compone de una palanca móvil alrededor de un eje A. Cuando

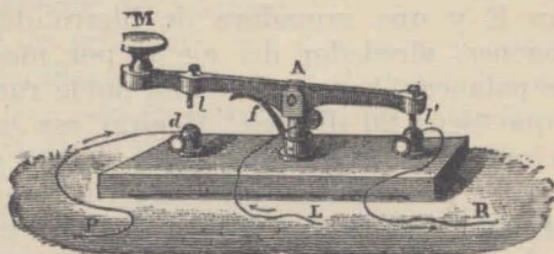


Fig. 226. — Manipulador Morse.

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

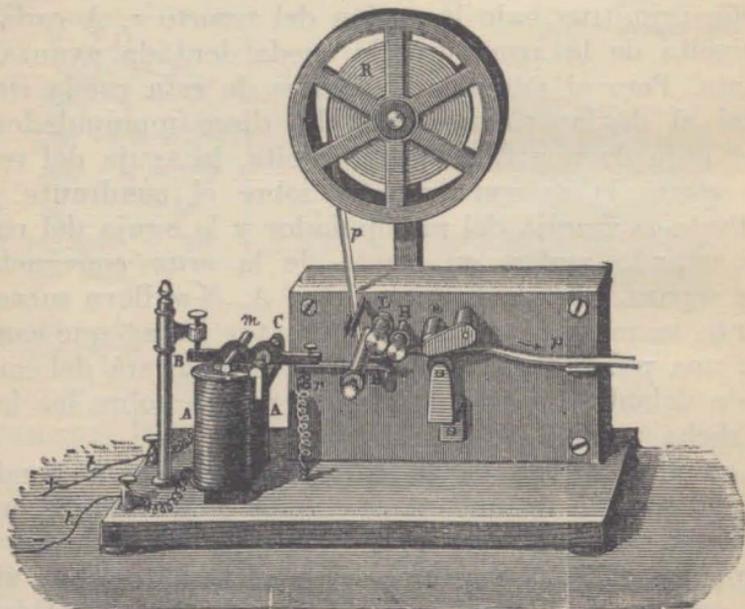


Fig. 227. — Receptor Morse.

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.

si se apoya en M , se establece en d la corriente que pasa mientras dura el contacto.

Receptor (fig. 227). — El receptor del telégrafo de Morse comprende un electroimán A que puede atraer un pequeño cilindro de hierro dulce m cuando pasa la

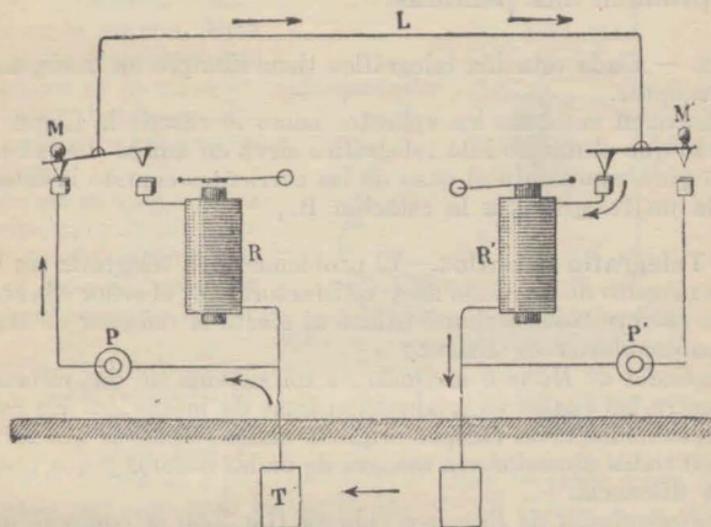


Fig. 228. — Disposición de los aparatos para dos estaciones telegráficas, M , M' , manipuladores; R , R' , receptores; P , P' , pilas; L , hilo de línea.

corriente. Ese cilindro hace mover una palanca B , cuya extremidad lleva una púa para escribir o 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 a 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 manipulador, 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 o corto el contacto de la palanca del manipulador con la pieza *d*, se obtendrá puntos o trazos sobre la faja de papel del receptor. Admitiendo una combinación especial de puntos y trazos para representar cada letra del alfabeto, se podrán producir las palabras.

NOTA. — Cada estación telegráfica tiene siempre un manipulador y un receptor.

Se disponen entonces los aparatos como lo enseña la figura 207, del modo que el mismo hilo teleográfico sirva en ambas direcciones.

Esa figura representa el paso de las corrientes cuando la estación A envía un telegrama a la estación B.

321. Telegrafía sin hilos.—El problema de la telegrafía sin hilos 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 *radioconductor* de BRANLY.

El *radiador de Hertz* o *excitador* 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 a manera de ondas sonoras y que pueden obrar a distancia.

El *radioconductor de Branly* o *cohesor* (fig. 229) se compone de un tubo de vidrio que contiene un poco de *limadura de 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 cohesión conveniente y un pequeño choque basta también para hacérsela perder.

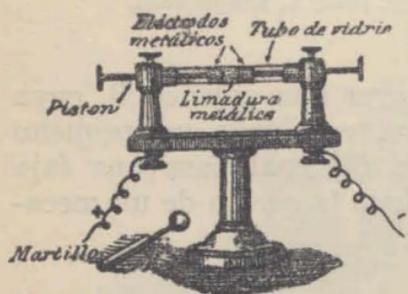


Fig. 229. — Radioconductor de Branly.

Sistema Marconi. — El telégrafo Marconi consta de un manipulador expedidor y de un receptor.

Estación transmisora. — Dicha estación se compone esencialmente de un *excitador de Hertz*, cuyas esferas *a* y *b* están en comunicación con las extremidades del inducido de un carrete de inducción B (fig. 230).

La corriente de una *pila* P es lanzada al primario por medio de

un *manipulador* M. Además, una de las bolas *b* del excitador comunica con la tierra, mientras la otra *a* está reunida con un largo conductor metálico a la *antena*, aislada en lo alto de un mástil.

Cada vez que se pone en acción el carrete, apoyando sobre el manipulador M, se producen corrientes alternativas en la antena. Esta emite *ondas hertzianas* que se propagan en la atmósfera y pueden *afectar un cohesor* situado a centenares de kilómetros.

Conforme se apoya sobre el manipulador N durante un tiempo muy corto o más largo, se lanzan series de ondas, ya breves, ya largas.

Estación receptora (figura 231). — Se compone de un *circuito* que comprende un *cohesor* C, una *pila* P, un *receptor Morse* R y un *temblador* O cuyo martillo hiere el cohesor cada vez que pasa la corriente.

Los pistones metálicos del cohesor comunican uno con la tierra y el otro con la antena receptora A.

Considerando la figura 231 se ve que el circuito está completo; sin embargo, la corriente de la pila no pasa, porque la limadura del cohesor está en estado de *dispersión*; pero cuando pasa una onda hertziana, ésta *coherirá* la limadura del cohesor y así queda cerrada la corriente de la pila P. Inmediatamente el receptor Morse funciona, pero el temblador, puesto también en acción por la mis-

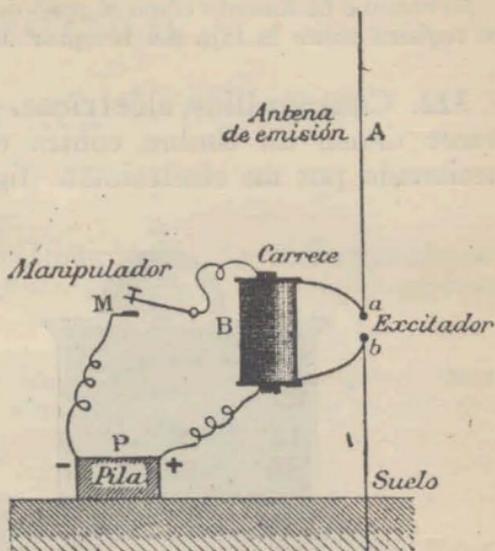


Fig. 230.
Telegrafía sin hilos. (Estación transmisora).

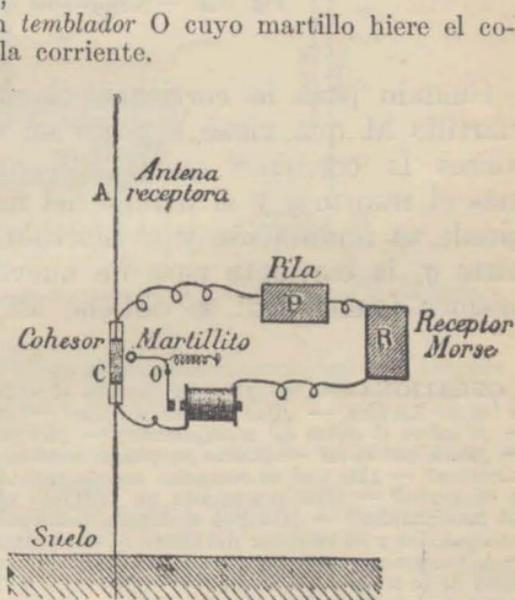


Fig. 231.
Telegrafía sin hilos. (Estación receptora).

ma corriente, hiere el cohesor cuya limadura se *dispersa* y se interrumpe la corriente de la pila.

Se concibe fácilmente cómo el paso de cada nueva serie de ondas se registra sobre la faja del receptor Morse.

322. Campanillas eléctricas. — Las *campanillas eléctricas* tienen un timbre contra el cual da un martillo accionado por un electroimán (fig. 232).

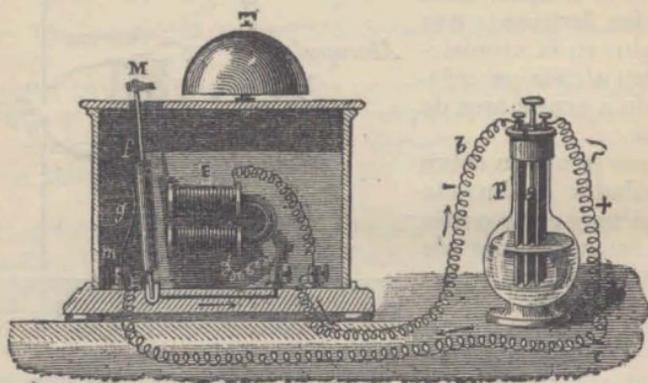


Fig. 232. — Campanilla eléctrica.

Cuando pasa la corriente, el electroimán E atrae el martillo M que viene a pegar en el timbre T; pero entonces la corriente queda interrumpida por no tocar más el resorte *g* y el mango del martillo; el electroimán pierde su imantación y el martillo vuelve a tocar el resorte *g*, la corriente pasa de nuevo y se reproducen los mismos fenómenos: se obtiene así un *timbre temblador*.

CUESTIONARIO. — ¿En qué consiste el experimento de *Ersted*? — Decid la ley de *Ampère*. — ¿Qué es 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 el papel del manipulador? — ¿Cuál es el órgano principal del receptor? — Describid el manipulador y el receptor del telégrafo de cuadrante y explicad cómo funcionan. — Las mismas preguntas para el telégrafo de Morse. — ¿Quién resolvió el problema de la telegrafía sin hilos? — ¿Qué es el radiador de *Hertz*? — ¿De qué se compone el radioconductor de *Branly*? — Explicad el sistema de telegrafía sin hilos de *Marconi*. — ¿De qué se compone una campanilla eléctrica? — Explicad su funcionamiento.

CAPÍTULO IV

ELECTRODINÁMICA. — INDUCCIÓN

323. Objeto de la electrodinámica. — *La electrodinámica es el estudio de las acciones recíprocas que ejercen las corrientes unas sobre otras.*

324. Leyes generales. — Las corrientes eléctricas ejercen unas sobre otras ciertas acciones que dependen del sentido en que cir-

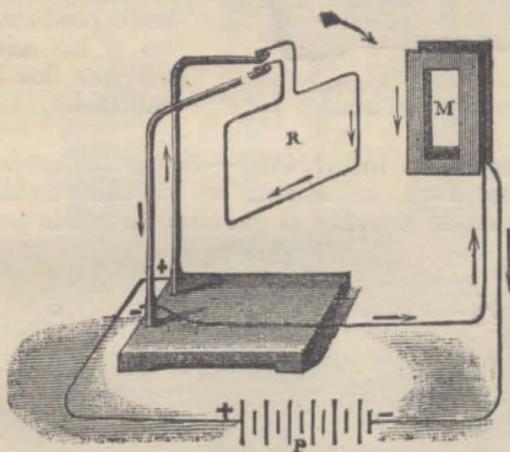


Fig. 233. — Acción recíproca de dos corrientes paralelas de mismo sentido.

culan y que obedecen a las leyes siguientes formuladas por Ampère:

1° *Dos corrientes paralelas del mismo sentido se atraen. Dos corrientes de sentido contrario se repelen.*

2° *Dos corrientes cruzadas se atraen cuando se acercan o se alejan juntas del punto de encuentro.*

3° *Dos corrientes cruzadas se repelen cuando una se acerca y otra se aleja del punto de encuentro.*

4° *Dos porciones consecutivas de una sola corriente rectilínea se repelen.*

5° *Una corriente sinuosa tiene la misma acción que una corriente rectilínea terminada en los mismos puntos.*

325. Solenoides. — Un *solenoides* se forma de un conjunto de corrientes circulares iguales cuyos planos son perpendiculares a un solo eje que pasa por sus centros.

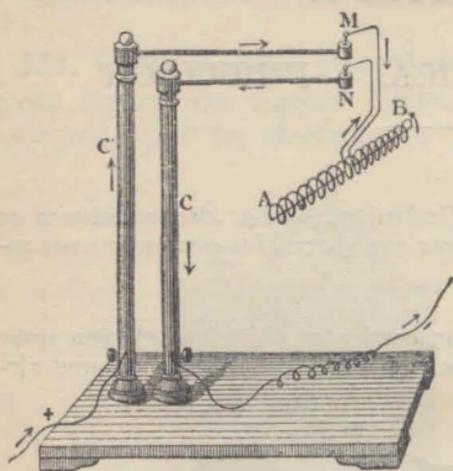


Fig. 234. — Solenoides.

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 a 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 solenoides y un imán producen además entre sí los mismos fenómenos que dos imanes o dos solenoides.

326. 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 mani-

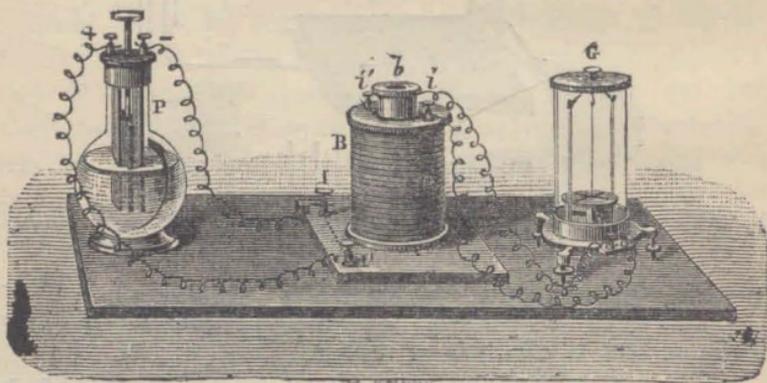


Fig. 235. — Producción de las corrientes inducidas.

fiesto la producción de las corrientes de inducción por medio del aparato que sigue (fig. 235).

1° Siendo B un carrete que comunica por los dos toques 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 topes 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 a la primera.

Estando separados 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 a la precedente.

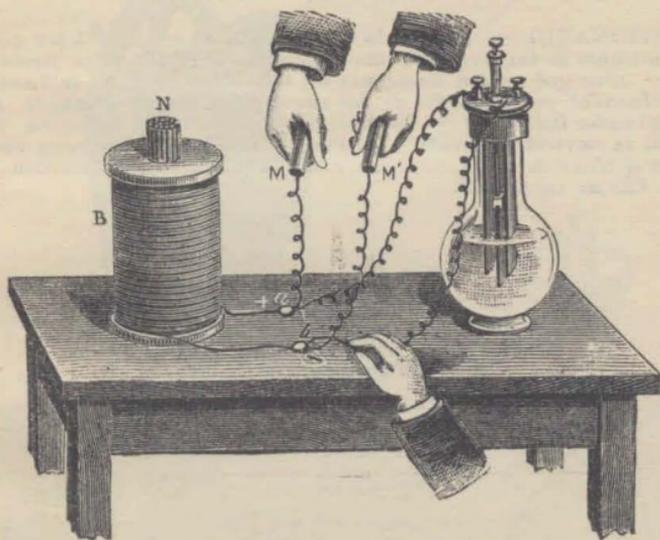


Fig. 236. — Producción de las corrientes al abrir y cerrar el circuito.

La corriente inducida es de sentido contrario a la corriente inductora: 1° cuando se *cierra el circuito B*; 2° cuando se *introduce el carrete b en el carrete B*; 3° cuando se *aumenta la intensidad de la corriente inductora*.

Se produce una corriente inducida de mismo sentido que la corriente inductora: 1° cuando se *abre el circuito B*; 2° cuando se *saca el carrete b del carrete B*; 3° cuando se *disminuye la intensidad inductora*.

Las corrientes inducidas duran poco, pero son generalmente muy intensas.

2° 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, o solamente cuando se le acerca. Se obtiene una nueva corriente inducida de sentido contrario a la anterior cuando se saca el imán o 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 abre el circuito en b.

CUESTIONARIO. — *¿Qué es la electrodinámica? — ¿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 dos carretes, ¿cómo se enseña la producción de las corrientes inducidas? — Con relación a la corriente inductora, ¿cuál es el sentido de la corriente inducida? — ¿Puedese 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

MÁQUINA DE INDUCCIÓN

327. 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*.

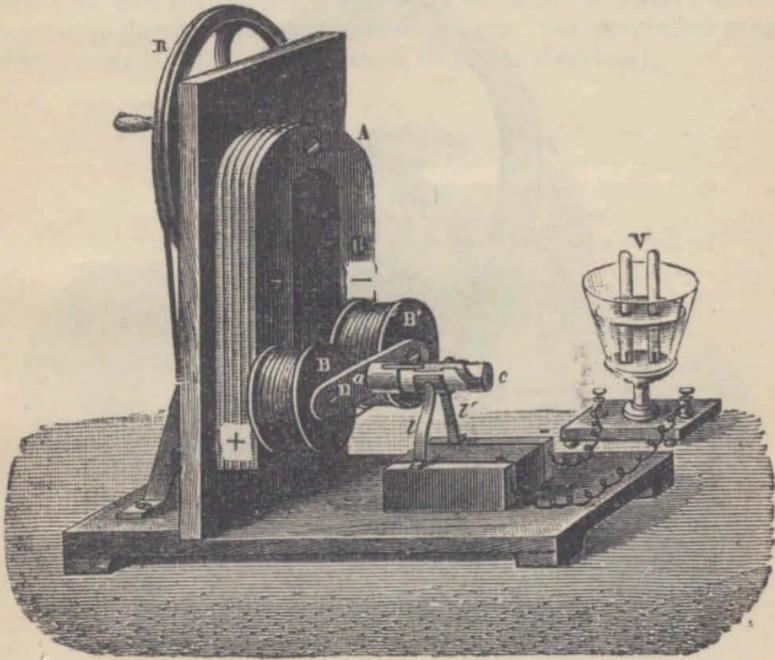


Fig. 237. — Máquina de Clarke.

A, imán; B, B', carretes móviles; D, varilla de hierro que une sus núcleos; a c, eje de rotación; l, l', resortes que recogen la corriente; R, rueda con manubrio y correa.

328. **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 *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'*.

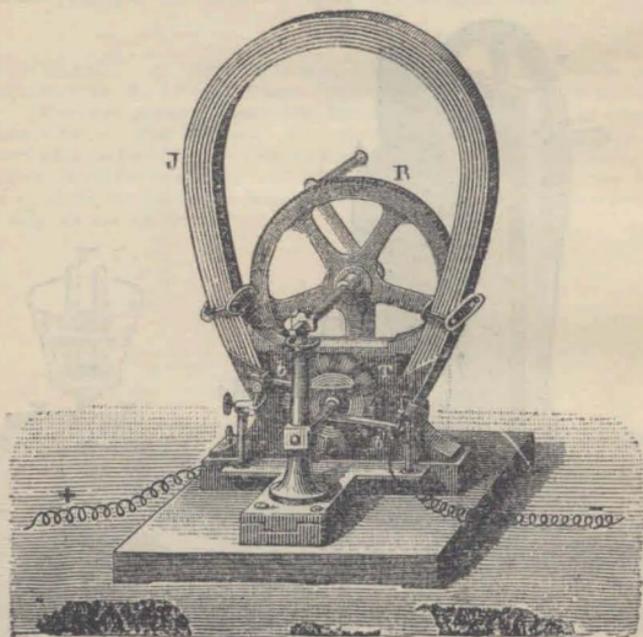


Fig. 238. — Máquina de Gramme.

J, imán de Jamín; T, sus armaduras; A, anillo de Gramme; *b*, *b'*, escobas
R, grande rueda dentada y su manija.

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*.

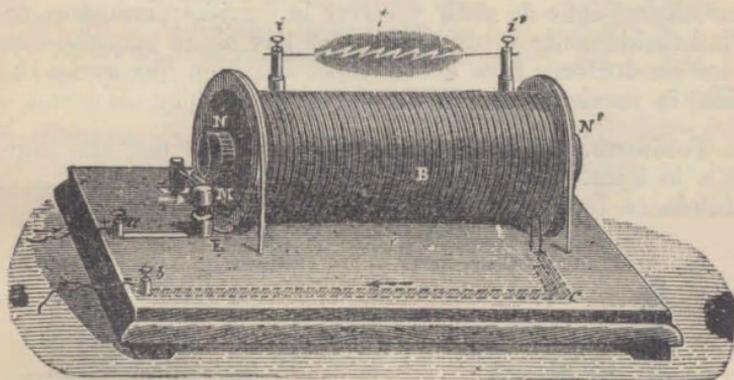
El anillo de Gramme se compone de una corona de alambres de

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 o inversas.

4 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.

329. Máquinas dinamoeléctricas. — En las máquinas *dinamoeléctricas*, o *dínamos*, 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 producida 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 a su vez: esta propiedad permite transportar las fuerzas a distancia (*tranvías eléctricos*).



(2)

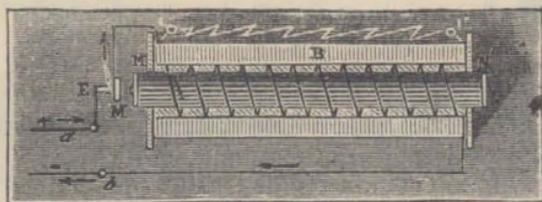


Fig. 239. — Carrete de Ruhmkorff.

1. Disposición del aparato; B, carrete de dos hilos; N N', núcleo de hierro dulce; a, b, topes de hilo inductor; i, i', topes del hilo inducido; L, martillo; E, yunque; b c, una extremidad del hilo grueso.
2. Marcha de la corriente en el carrete y juego del interruptor M.

330. Carrete de Ruhmkorff (fig. 239). — El *Carrete de Ruhmkorff* es una máquina de inducción formada por un carrete doble; en el circuito interior de alambre grueso y corto pasa la corriente 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 a funcionar la máquina, la corriente inductora llega por el alambre *a*, pasa por el martillo *M* e 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. Habiendo acabado la imantación del hierro dulce por interrumpirse en el circuito inductor, el martillo vuelve a su primera posición, y el circuito inductor quedando interrumpido de nuevo, empieza el fenómeno.

Estas alternativas de abrir y cerrar la corriente inductora se repiten indefinidamente y con rapidez. Si hay algún pequeño espacio entre los conductores fijos en los toques *i* e *i'* en que acaba el hilo inducido, la corriente directa sólo pasa y produce chispas.

331. Teléfono. — El *teléfono* es un aparato que transmite el sonido a lo lejos.

Se funda en fenómenos de inducción.

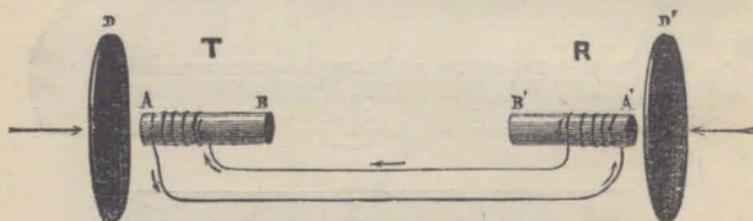


Fig. 240. — Principio del teléfono.

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.

Si se habla delante de la placa *D*, ésta vibra, se acerca o se aleja del imán *A* y así modifica el estado magnético de esa barra; se

(1) Las palabras *carrete* y *bobina* son sinónimas, pero la primera es genuina de la lengua de Cervantes.

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 producen, pues, en D'.

La placa vibrante y el aparato de inducción están fijos en un estuche de madera o 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).

332. Micrófono. (fig. 242). — Se llama *micrófono* un aparato inventado por Hughes cuyo objeto es modificar la intensidad de la corriente, introduciendo en el circuito algunas resistencias producidas por piezas que vibran bajo la acción de los sonidos.

Se compone del circuito de un pila en que se interpone un teléfono T y un lápiz de carbón C.

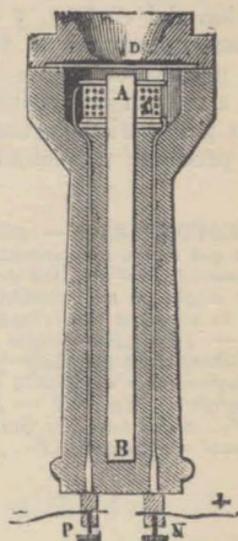


Fig. 241. — Teléfono.

AB, barra de hierro dulce; C, carrete de hilo conductor que comunica con los polos de una pila por los toques P y N; D, placa vibrante.

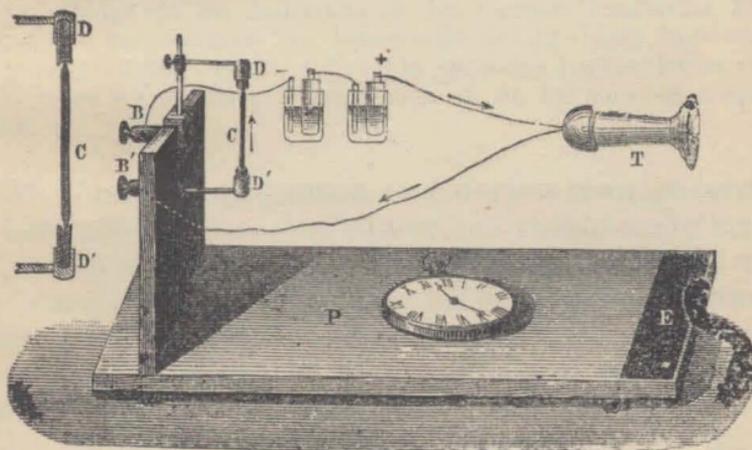


Fig. 242. — Micrófono de Hughes.

C, lámina de carbón que descansa libremente en D D'; T, teléfono; P, tabla en que se pone el cuerpo sonoro.

Este queda vertical entre las cavidades D y D' que reciben sus dos extremidades agudas aunque le dejan cierta movilidad.

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 micrófono reemplazando el carbón único por varios carbonos: los efectos de cada carbón se suman para producir vibraciones mayores en la intensidad de la corriente.

CUESTIONARIO. — *¿Con qué se forman las máquinas magnetoeléctricas? — ¿Para qué sirven los conmutadores? — ¿Cuáles son las principales máquinas magnetoeléctricas? — Dad de ellos una breve reseña. — ¿Qué se toma por inductor en las máquinas magnetoeléctricas? — ¿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 radioconductor 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?*

SÉPTIMA PARTE

ÓPTICA

CAPÍTULO I

PROPAGACIÓN Y REFLEXIÓN DE LA LUZ

333. Óptica. — Luz. — *La Óptica es el estudio de 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 es producida por vibraciones sumamente rápidas de las moléculas de los cuerpos luminosos. Estas vibraciones se propagan por intermedio de un flúido imponderable y muy elástico, el *éter* difundido en todas partes, hasta en el vacío y en los espacios intermoleculares de los cuerpos transparentes.

334. Cuerpos luminosos. — Cuerpos transparentes. — Cuerpos 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; o 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* o *diáfanos* son los que se dejan atravesar por la luz, como el aire, el agua, el vidrio. Los cuerpos *opacos* son los que detienen la luz, como la madera, los metales, el papel.

335. 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 toda recta que une un foco luminoso con cualquier punto que él alumbró.

336. Velocidad de la luz.— *La luz recorre unos 300.000 kilómetros por segundo.* A pesar de esta velocidad prodigiosa la luz emplea 8 minutos 13 segundos para llegar del Sol a la Tierra, y varios años para llegar de la estrella más cercana.

337. Sombra y penumbra. — Cuando un haz luminoso encuentra un cuerpo opaco no puede pasar y la parte situada atrás del cuerpo no recibe luz: se dice que está en la *sombra*.

Cuando el foco luminoso se reduce a un punto, la parte que está en la sombra está separada de la parte alumbrada por una superficie cónica engendrada por

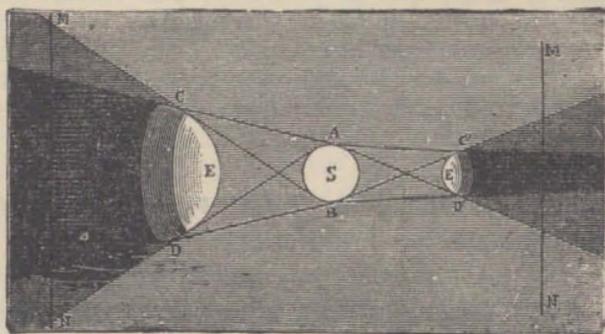


Fig. 243. — Sombra y penumbra circulares.

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. 243), 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.

338. 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 a diferentes distancias es inversamente proporcional a 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 a distancias tales de esa varilla que las sombras proyectadas sobre la pantalla sean igualmente oscuras. Las intensidades de las dos luces son entonces proporcionales a los cuadrados de sus distancias, a la pantalla.

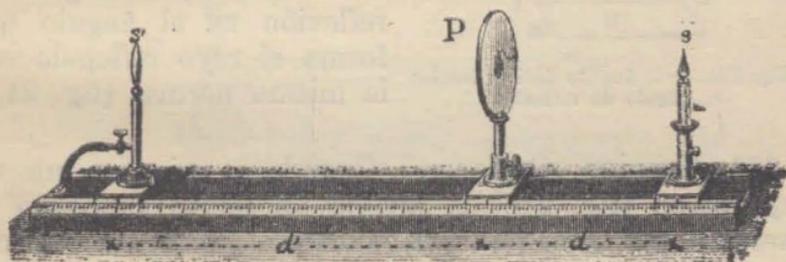


Fig. 244. — Fotómetro de Bunsen.

El *fotómetro de Bunsen* (fig. 244) 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 igual-

mente alumbrada de cada lado. Se miden las distancias de las fuentes hasta la pantalla: *sus intensidades son proporcionales a los cuadrados de esas distancias.*

339. 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. 222).*

Cuando un rayo luminoso $A B$ encuentra una superficie plana $M N$ toma la dirección $B C$.

La reflexión sigue las leyes siguientes:

1ª Ley. — *El rayo reflejado queda en el plano de incidencia.*

2ª 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 $B P$; el ángulo de reflexión es el ángulo que forma el rayo reflejado con la misma normal (fig. 245).

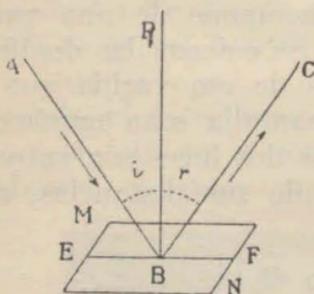


Fig. 245. — i , ángulo de incidencia; r , ángulo de reflexión.

340. Espejos planos. — Cuando se mira en un espejo plano (fig. 246) la luz de un punto luminoso A parece llegar a un punto A' , simétrico de A con respecto al espejo. Se cree, pues, ver *detrás del espejo* los objetos luminosos que están colocados delante. La imagen dada por un espejo plano es *recta, igual al objeto y simétrica con él con relación al plano del espejo* (fig. 245). Al inclinar convenientemente dos espejos planos, se pueden obtener varias imágenes del mismo objeto: es el principio del *kaleidoscopio*.

341. 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*.

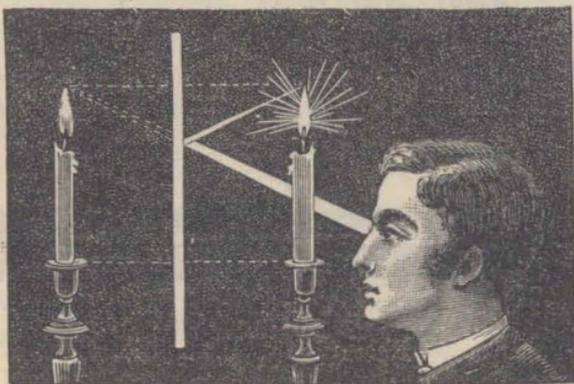


Fig. 246. — Imagen vista sobre un espejo plano.

Se llama *centro de curvatura* (fig. 247) 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.

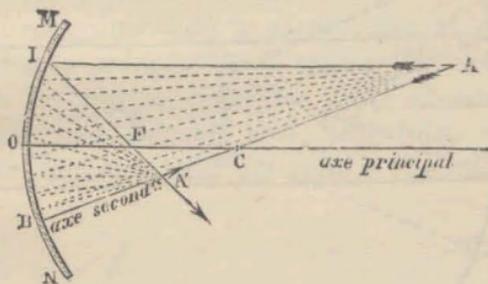


Fig. 247. — Elementos de los espejos.

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 a pasar después de su reflexión por un solo punto F colocado sensiblemente en el medio de OC y que se llama *foco principal*.

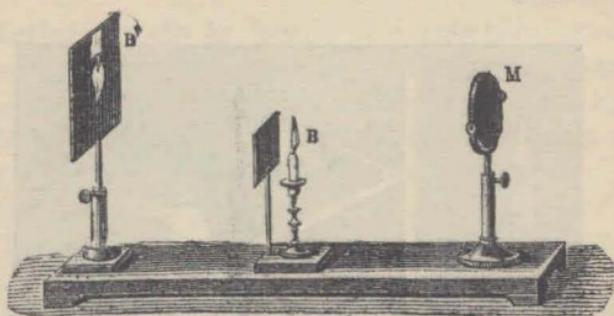


Fig. 248. — Imagen real formada por un espejo cóncavo.

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'

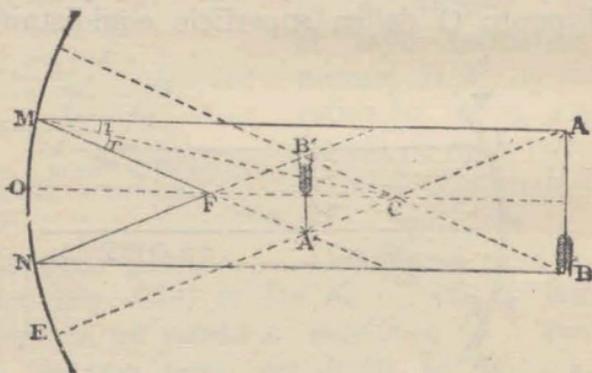


Fig. 249. — Imagen real formada por un espejo cóncavo.

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. 248); se llama *virtual* en el caso contrario.

342. Formación de las imágenes en los espejos.

Para encontrar la imagen de un punto A en un espejo cóncavo (fig. 249), 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 M F; el segundo se refleja sobre sí mismo según E C. La intersección de esos dos rayos da el punto A', imagen del punto A.

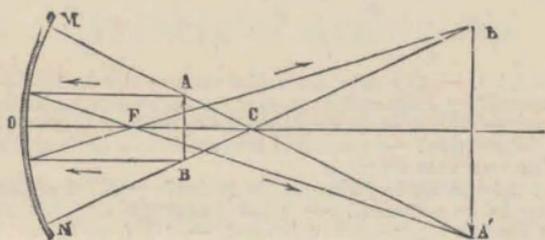


Fig. 250. — Imagen real formada por un espejo cóncavo.

Del mismo modo se obtendría la imagen de los otros puntos del objeto.

Aplicando las reglas a varios objetos colocados delante de un espejo cóncavo, se nota:

1º 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. 249).

2º 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. 250).

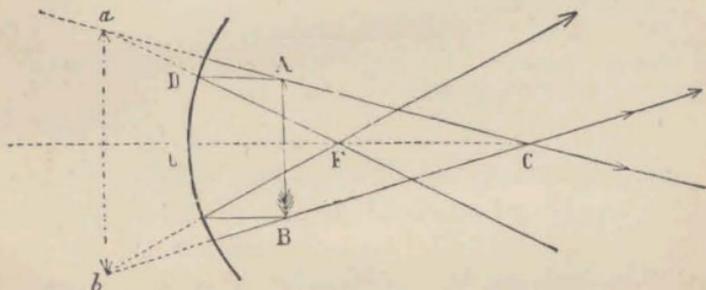


Fig. 251. — Imágenes virtuales de los espejos cóncavos.

3º 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. 251).

343. Fórmula de los espejos esféricos. — La distancia focal f de un espejo esférico y las distancias p , p' de este espejo a un objeto cualquiera y a 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 Rumford 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 cómo se busca la imagen en un punto. — Buscar la imagen de un objeto colocado: 1º más allá del centro del espejo; 2º entre el foco y el espejo — Decir en cada caso si la imagen es real o virtual.

EJERCICIOS. — 1. ¿Cuánto tiempo pondría para dar la vuelta a la tierra un rayo luminoso que recorre 300.000 Km. por segundo?

2. En 8 minutos 13 segundos la luz recorre la distancia que nos separa del Sol. Buscar esa distancia.

3. ¿Cuál es la distancia que separa un punto luminoso de su imagen formada en un espejo plano?

4. Construir las imágenes formadas por dos espejos inclinados de 72º o de 120º.

CAPÍTULO II

REFRACCIÓN DE LA LUZ

I. — Principios generales.

344. Refracción de un rayo luminoso. — *La refracción es el cambio de dirección que experimentan los rayos luminosos al pasar de un medio a otro medio.*

Cuando un rayo oblicuo $S I$ pasa de un medio transparente a otro también transparente pero más denso, v. gr., del aire al agua (fig. 252), se desvía de su dirección $S I''$ para acercarse a la normal $A B$ tomando la dirección $I S'$.

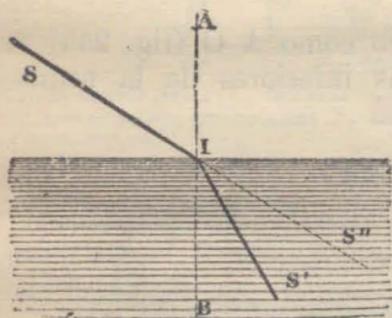


Fig. 252. — Fenómeno de refracción.

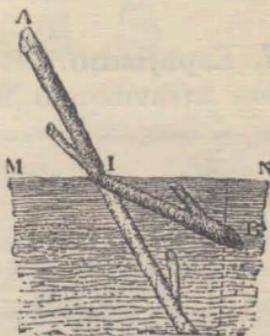


Fig. 253. — Rotura aparente de los objetos vistos con refracción.

El rayo refractario 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° un objeto en parte sumergido en el agua parece roto (fig. 253); 2° el fondo

de un vaso lleno de agua se nos aparece como levantado, lo que permite ver objetos que quedarían invisibles si el vaso estuviera vacío.

345. Láminas de caras paralelas. — Cuando un rayo luminoso atraviesa oblicuamente una lámina de caras paralelas, experimenta, a la entrada y a la salida, dos desviaciones iguales y en sentido contrario. El rayo no está, pues, desviado, pero sale de la lámina en una dirección paralela a la que tenía antes.

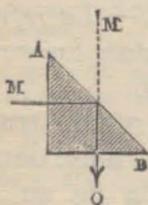


Fig. 254. — Prisma de reflexión total. M, rayo incidente; O, rayo reflejado.

346. 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. 254).

347. Espejismo. — Un rayo como A O (fig. 255) se refracta atravesando las capas inferiores de la atmós-

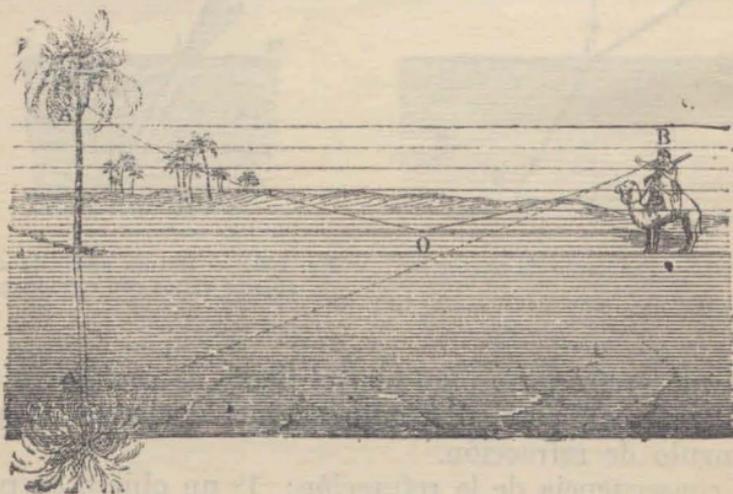


Fig. 255. — Espejismo.

fera 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.

348. Forma de las lentes. — Las *lentes esféricas* son unos cuerpos transparentes (vidrio, cristal) que terminan en superficies esféricas.

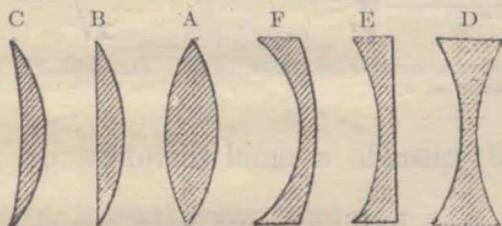


Fig. 256. — Lentes.

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* aquéllas que, al contrario, son más delgadas en el medio que en los bordes.

Las lentes convergentes acercan los unos a los otros, y las divergentes alejan los rayos paralelos que las atraviesan.

349. 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. 257).

En cualquier lente esférica, hay un punto llamado *centro óptico* y es tal que todo rayo luminoso que atraviesa la lente pasando por ese 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

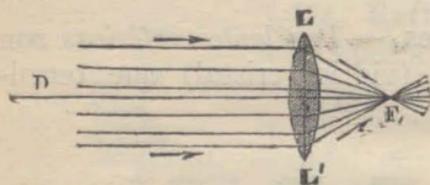


Fig. 257. — Convergencia de los rayos paralelos al eje.

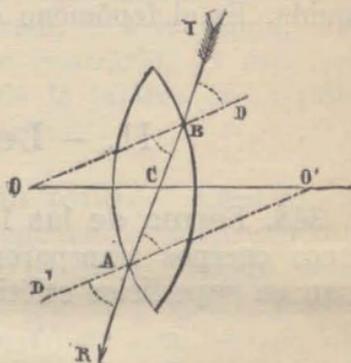


Fig. 258. — Centro óptico.

eje (fig. 258) situado a igual distancia de las dos superficies.

Cualquier rayo luminoso que pasa por el centro óptico toma el nombre de *eje secundario*.

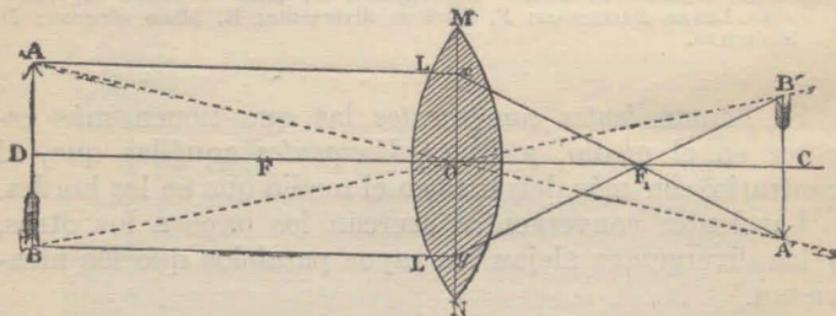


Fig. 259. — Marcha de los rayos luminosos en una lente biconvexa. DC , eje principal; O , centro óptico; $F F_1$, focos principales.

350. Construcción de las imágenes en las lentes convergentes. — Para construir la imagen de un punto A (fig. 259), se traza el rayo AL , paralelo al eje princi-

pal; debe pasar por F después de la refracción; luego se traza el rayo $A O$ del centro óptico; se lo considera como no refractándose. El encuentro de $x F_1$ y de $A O$ da A' , imagen de A .

Repitiendo la misma construcción para los diferentes puntos del objeto $A B$, se obtendrá la imagen $A' B'$.

En general, en las lentes convergentes:

Un objeto colocado más allá de los focos principales da una imagen real, invertida y menor que el objeto (figura 259).

Un objeto colocado entre los focos principales $F F'$ (figura 260) da una imagen virtual, recta y mayor que el objeto.

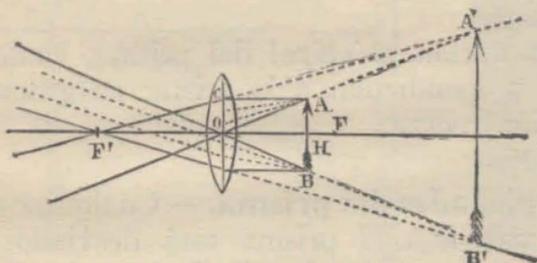


Fig. 260. — Formación de la imagen virtual en las lentes convergentes.

Las lentes divergentes dan siempre imágenes virtuales, rectas y más pequeñas que el objeto (fig. 261).

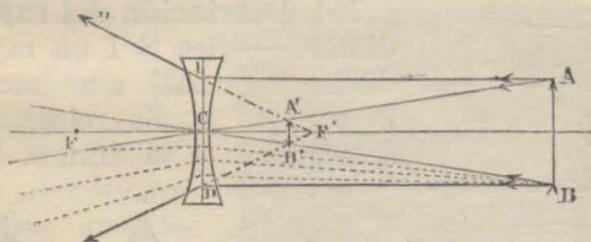


Fig. 261. — Construcción de la imagen en una lente divergente.

351. Fórmula de las lentes. — Si se designa por f la distancia focal de una lente y por p , p' , las distancias de esta lente a un objeto cualquiera y a su imagen, se obtendrá:

$$1^{\circ} \text{ Con una lente convergente } \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

$$2^{\circ} \text{ Con una lente divergente } \frac{1}{p'} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$$

III. - Prismas.

352. Definición. — El *prisma* (fig. 262), en óptica, es un sólido transparente comprendido entre caras planas inclinadas una sobre la otra; la intersección de las caras forma la *arista* del prisma; la *base* es la superficie opuesta a la arista.

Se llama *sección principal* del prisma, cualquiera sección plana perpendicular a la arista; en geometría se la llama sección recta.

353. 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. 262. — Prisma.

354. Desviación del rayo incidente. — Sea $S I$ un rayo incidente (fig. 263) que cae sobre la cara $C A$. Se refracta en I , acercándose a la normal $N F$ al

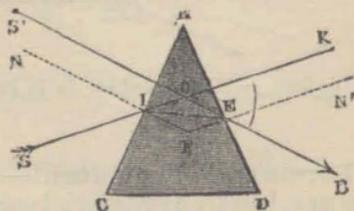


Fig. 263. — Refracción al través de un prisma.

entrar en el prisma, y toma la dirección I E. Cuando sale al aire, en E, se aleja de la normal N' F y toma la dirección E B. El ángulo K O B es el *ángulo de la desviación*.

355. Descomposición de la luz blanca.—Si se hace llegar convenientemente un haz de luz solar (fig. 264) sobre un prisma, y se recibe ese *haz refractado* en una

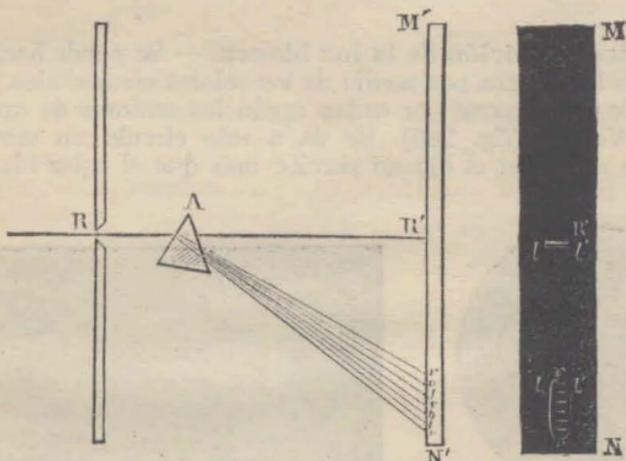


Fig. 264. — Descomposición de la luz.

pantalla, se obtiene una serie de siete colores en el orden siguiente: *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*.

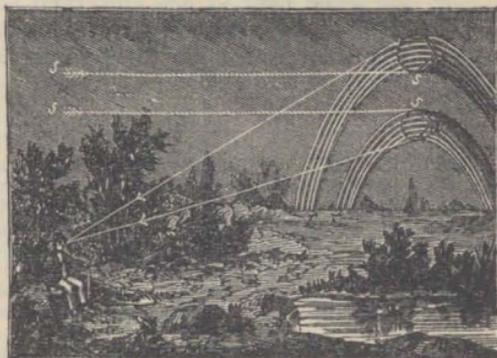


Fig. 265. — Arco iris.

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. 265). Para ver el arco iris, hay que dar la espalda al Sol y tener en frente nubes de lluvia.

Se llaman *halos* los círculos irisados que se notan a 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 o de la luna.

356. Recomposición de la luz blanca. — Se puede hacer la síntesis de la luz blanca por medio de los colores elementales.

1° Se los dispone por orden según los sectores de un círculo, *disco de Newton* (fig. 266). Se da a este círculo un movimiento rápido de rotación: el ojo no percibe más que el color blanco.

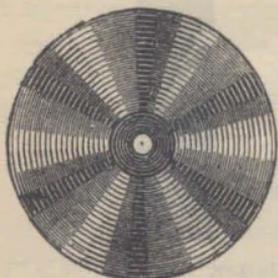


Fig. 266
Disco de Newton.

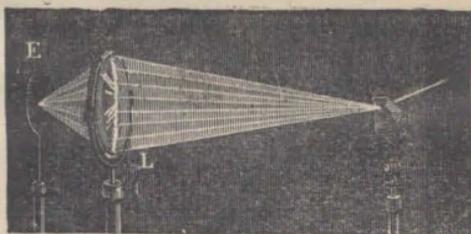


Fig. 267. — Síntesis de la luz blanca con una lente.

2° Se hace caer el *haz coloreado* sobre una lente convergente (fig. 267); se nota entonces que la imagen formada sobre una pantalla E, por la reunión de los colores del espectro, es una imagen blanca.

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? 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° más allá de uno de los centros de curvatura; 2° 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?

EJERCICIOS. — 1. ¿Cuál es la relación de las superficies de un objeto y de su imagen cuando sus distancias al centro óptico de la lente son respectivamente 4m,80 y 0m,90?

2. ¿Qué ángulo forma la segunda cara del prisma con el rayo luminoso que ha caído normalmente sobre la primera cara cuando el ángulo del vértice del prisma es 45° — 50° — 60° ?

3. Demostrar que el ángulo del vértice de un prisma es igual a la suma de los dos ángulos de refracción interior de un rayo luminoso cualquiera que atraviesa el **prisma**.

4. El ángulo del vértice de un prisma es de 69° , uno de los ángulos de refracción interior igual a 30° . Demostrar que el ángulo de incidencia y de emergencia son iguales.

CAPÍTULO III

PRINCIPALES INSTRUMENTOS DE ÓPTICA

357. Cámara oscura. (fig. 268). — Si en un aposento absolutamente obscuro (*cámara oscura*), se hace una pequeña abertura en una pared, se notará en una pantalla convenientemente colocada la imagen invertida de los objetos exteriores.

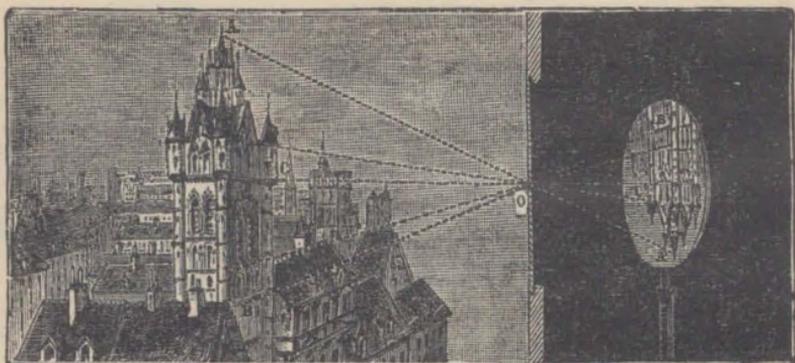


Fig. 268. — Construcción de la imagen en una cámara oscura.

La imagen será mucho más clara si en la abertura se pone una lente convergente.

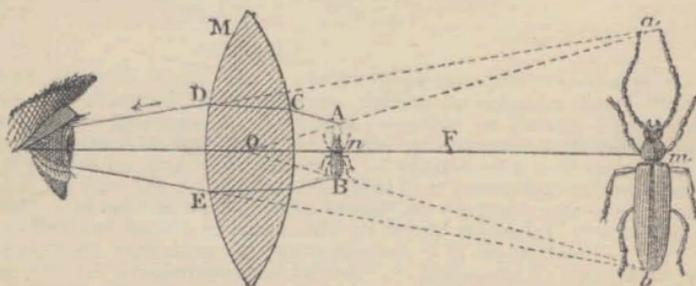


Fig. 269. — Lente.

358. Lente. — La *lente o microscopio simple* (fig. 269) 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.

359. Microscopio. — El *microscopio* (fig. 270) 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.

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 a menudo la existencia de numerosísimos microbios que son gérmenes de enfermedades contagiosas.

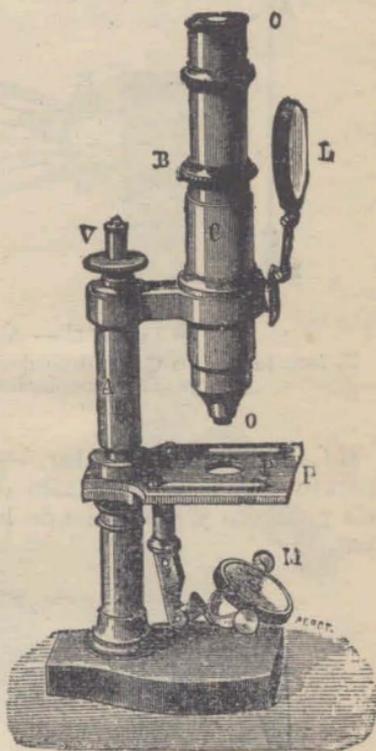


Fig. 270. — Microscopio.

B, cuerpo del aparato; *O*, ocular; *O'*, objetivo; *V*, tornillo; *P*, Platina; *L*, lente; *M*, espejo.

360. Aparato de proyección.

— El *aparato de proyección* (figura 271) tiene por objeto aumentar las imágenes y proyectarlas sobre una pantalla para hacerlas visibles para muchos observadores a 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 que los concentra y alumbró el objetivo *AB*. El objetivo *O* da entonces una imagen *A'B'* que se recibe en la pantalla.

La *linterna mágica* (fig. 272) 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.

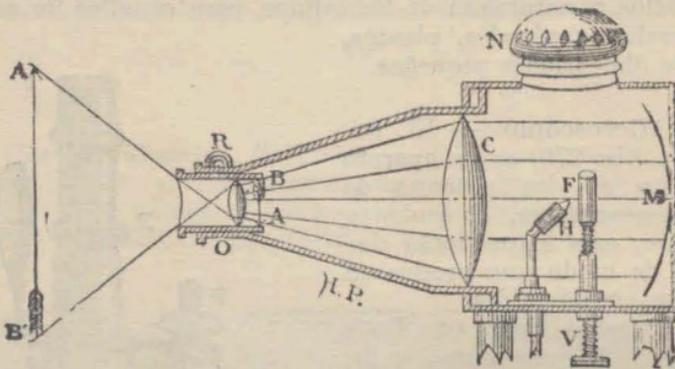


Fig. 271. — Aparato de proyección.

F, foco luminoso; C, condensador de la luz; A B, objeto que se proyecta; O, objetivo amplificador; R, tornillo; A' B', imagen.

361. Microscopio solar. — El *microscopio solar* es análogo al aparato de proyección; sólo difiere de él por el objetivo que es más poderoso y por el fondo luminoso formado por un haz de luz solar.

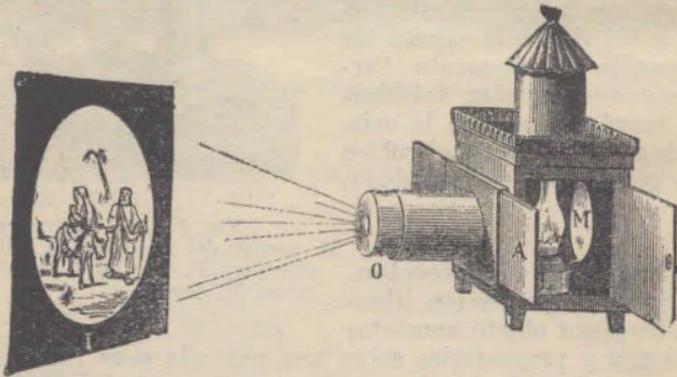


Fig. 272. — Linterna mágica.

O, objetivo; A, objeto; L, foco luminoso; I, imagen; M, reflector.

362. Telescopio. — El *telescopio* (fig. 273) 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.

363. Anteojo astronómico. — El *anteojo astronómico* (fig. 274) 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; este anteojo da una imagen invertida, lo que no trae consecuencias para la observación de los astros.

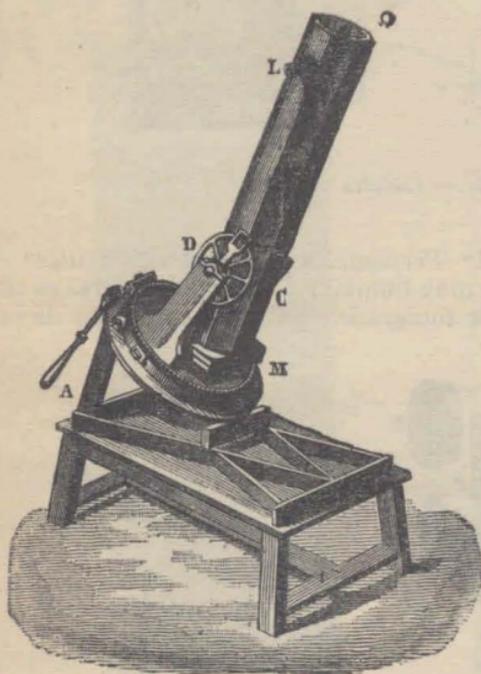


Fig. 273. — Telescopio de Foucault. O, abertura del telescopio; O C, tubo del telescopio de madera o de metal; M, puesto del espejo; L, ocular.

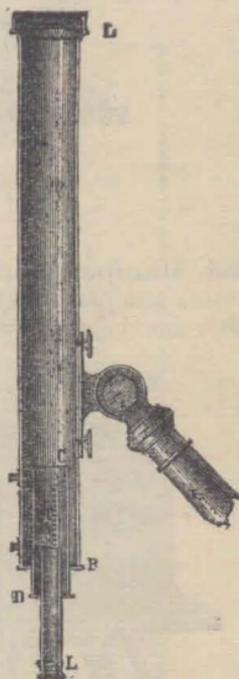


Fig. 274. — Anteojo astronómico. L, ocular; L', objetivo; B L, porta-objetivo; F I', porta-ocular.

El *anteojo terrestre* o 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.

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.

364. Cámara oscura fotográfica. — Cuando se coloca una lente convergente en la abertura de la cámara oscura (fig. 275), se obtiene sobre la pared opuesta una imagen muy clara de los objetos que están a una *cierta distancia* de la lente. *La fotografía permite fijar y reproducir la imagen de la cámara oscura.*

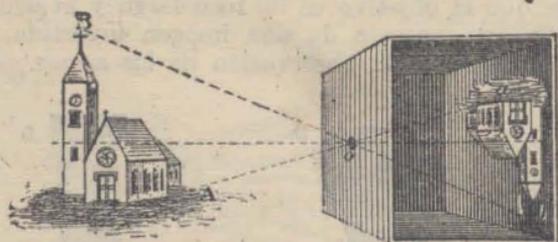


Fig. 275. — Cámara oscura.

365. Manipulación. — 1º *Preparación de la placa sensible.* — Se toma una placa de vidrio muy limpia; en una de sus caras se deposita una capa de *colodión* fotográfico que contiene yoduro de po-

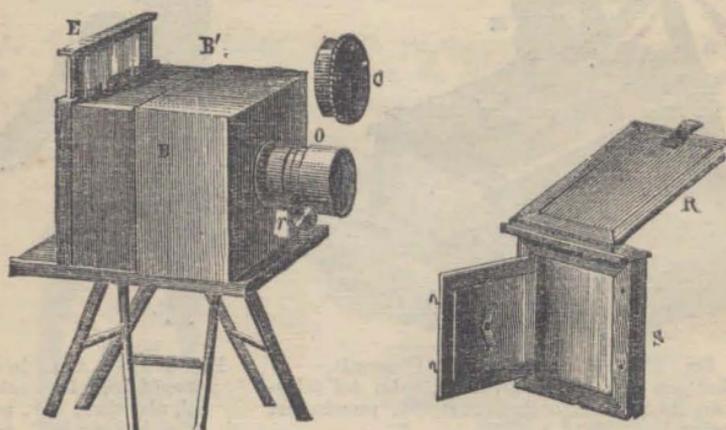


Fig. 276. — Cámara oscura del fotógrafo.

1. 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. Cuadro S con su tablilla de bisagra R, destinado a recibir la placa sensible.

tasio en disolución, después de lo cual se vierte encima de esa placa una disolución de nitrato de plata. Fómase yoduro de plata muy alterable a la luz, por lo cual la manipulación ha de verificarse en un cuarto oscuro, alumbrado sólo por un vidrio de color

amarillo, por no tener acción alguna este color sobre la sal de plata así preparada. A partir de ese momento se debe conservar la capa al abrigo de la luz.

2° *Exposición de la placa a la impresión luminosa.* — Para someter la placa a la impresión luminosa, se usa la *cámara obscura del fotógrafo* (fig. 276); 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 acción

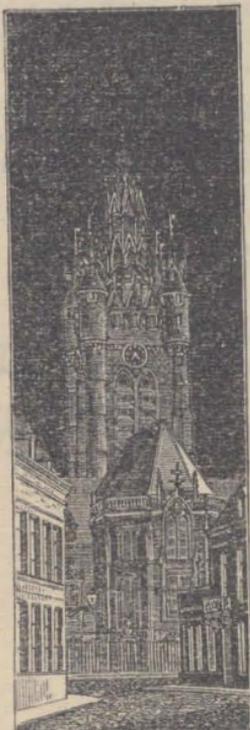


Fig. 277. — Imagen negativa. Fig. 278. — Imagen positiva.

de la luz. Estando el objetivo cerrado con un obturador, se levanta la pantalla E para descubrir la placa del lado de la cámara obscura, se saca el obturador durante un instante, luego se baja la pantalla, y se lleva el bastidor a la cámara obscura para revelar la imagen.

3° *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

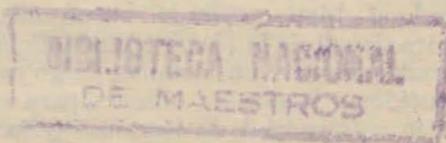
sal de plata que no haya sido atacada por la luz, por medio de una disolución de hiposulfito de sodio. Así se obtiene una *imagen negativa* (fig. 277).

4° *Imagen positiva*. — Se coloca la imagen negativa sobre una hoja de papel hecha sensible a la luz por medio de cloruro de plata y se la expone después a la luz del día. El papel ennegrece más o menos según que la luz atraviesa las partes más o menos claras de la imagen negativa, y así se obtiene después de algunos instantes una *imagen positiva* (fig. 278) en el papel, es decir, una imagen cuyos blancos y sombreados corresponde a los sombreados y blancos del modelo. Basta fijarla sacando el exceso de sal de plata con un lavado al hiposulfito de sodio.

366. 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 caber 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?





CABAUTY & CO.
EDITORES
BUENOS AIRES