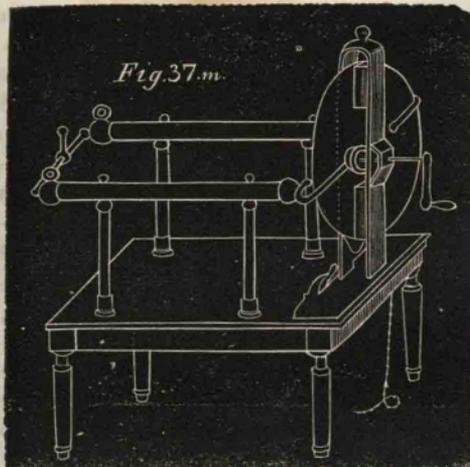


7. Aplicaciones de la electricidad por influencia.—Máquina eléctrica.



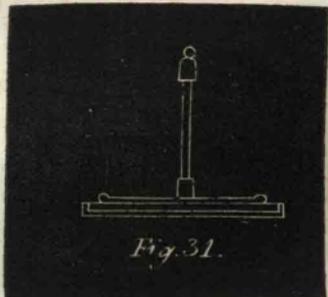
La máquina eléctrica (fig. 37 m) se compone de un disco de vidrio, que se hace girar por medio de una manivela al rededor de un eje que pasa por su centro. En su rotacion se frota contra dos pares de cogines de cuero llenos de cerda, y fijos á los dos extremos de un mismo diámetro, y se desarrolla en él la electricidad positiva, que se acumula en el conductor de la máquina.— Este conductor se compone generalmente de dos cilindros huecos de laton sostenidos por dos pies de vidrio aisladores, y cubiertos de un barniz de goma laca.

—Estos dos cilindros, que comunican entre sí, estan terminados por dos cabos en forma de herradura, que abrazan de cada lado toda la anchura del disco que electriza el frote de los cogines: estos dos cabos estan generalmente armados de puntas metálicas colocadas enfrente del disco.—Entonces la electricidad positiva, desarrollada en este, descompone por influencia el flúido natural del conductor, repele el flúido positivo, y atrae el negativo, que acumulándose en las puntas, vence la resistencia del aire y se lanza sobre el disco, neutralizando en él el flúido positivo que el movimiento de rotacion desarrolla.—Los cogines deben comunicar por medio de una cadena metálica con el depósito comun á fin de que el flúido negativo no se acumule en ellos y disminuya el poder descomponente del frote.

8. Para aumentar el poder de la máquina conviene frotar los cogines con oro musino (deuto sulfuro de estaño), ó con una amalgama de zinc y estaño, y cubrir el disco en sus dos mitades con tafetan engomado.

9. Efectos de la máquina. Presentando á cierta distancia del conductor de la máquina que acabamos de describir un cuerpo metálico en comunicacion con el depósito comun, se sacan *chispas* muy vivas, y hasta verdaderas *láminas de fuego*.—Las esperiencias del *campanario eléctrico*, *granizo eléctrico*..... etc. pueden comprobarse con esta máquina.

10. **Electróforo.** Este aparato ha sido imaginado por Volta. Compó-



nese de una *torta de resina* (fig. 31) derretida en un molde de metal, donde despues del enfriamiento queda formada.—Sobre su superficie se coloca un disco metálico sostenido por una manga de cristal, cuyo diámetro debe ser algo menor que el de la torta. Para cargar el electróforo se electriza la torta de resina frotándola con una piel de gato. Si se coloca entonces sobre ella el disco metálico, la no conductibilidad de la resina se opondrá á que su electricidad se

trasmita al metal; pero descompondrá por influencia su flúido natural, atraerá el flúido positivo á la cara inferior, rechazará el positivo á la superior, que tocada con el dedo se perderá en el depósito comun, y el disco se cargará de electricidad positiva.—Separándole y aproximándole el dedo, se sacarán de él chispas bastante vivas.—Este instrumento se emplea á menudo en la química.

11. **Electrósopos.** Llámanse asi ciertos instrumentos destinados á comprobar la existencia de una pequeña porcion de electricidad sobre un cuerpo y la naturaleza de aquella.

Estos aparatos se componen de un frasco de cristal, en cuya parte superior está colocado un conductor metálico, terminado por la parte exterior por una bola, y por la interior en dos ganchitos móviles, de los cuales se suspenden dos pajas ó dos bolas de medula de sauco. Tambien suelen terminar interiormente en una palanqueta, á cuyos dos extremos se suspenden dos *hojas de oro*, que caen paralelamente en el interior de la campana.

12. **Uso del electróscopo.** Se acerca á su boton el cuerpo electrizado, que descomponiendo por influencia el flúido natural del conductor, el flúido del mismo nombre, rechazado á las *pajillas, bolitas de sauco* ú *hojillas de oro*, se separan entre sí tanto mas cuanto mayor es la intensidad de la electricidad que se le comunica.—Para saber la clase de electricidad de que está dotado un cuerpo, es necesario cargar antes el conductor de una electricidad conocida: ensayado luego el cuerpo electrizado, si este posee la misma especie de electricidad del aparato, las *pajillas, bolitas* ú *hojillas* se separaran mas; si la electricidad es distinta, tendrá lugar el fenómeno inverso.

§. IV. De la electricidad latente ó disimulada.

1. A qué se llama electricidad latente ó disimulada?—2. Qué son condensadores?—3. Explicar la teoría del condensador?—4. De cuántos modos puede descargarse el condensador?—5. Explicar la descarga lenta.—6. Explicar la instantánea.—7. En qué consiste el escitador?—8. Qué es un electrómetro condensador?—9. Cómo se usa este electrómetro?—10. Describir la botella de Leyde.—11. Cuál es la teoría de la botella de Leyde?—12. Explicar la batería eléctrica?—13. Cuál es la teoría de este aparato?—14. Cuál es la velocidad de la electricidad y quién la halló?—15. En cuántas clases pueden dividirse los efectos de la chispa eléctrica?—16. Mencionar algunos efectos fisiológicos.—17. Mencionar algunos efectos físicos, á saber: 1.º caloríficos; 2.º mecánicos; 3.º luminosos: primero en el vacío; segundo al aire libre.—Mencionar algunos efectos químicos.

1. Si dos discos conductores separados por una lámina no conductora de cristal reciben, el uno electricidad positiva y el otro negativa, estas dos electricidades se atraerán por medio de la lámina no conductora y ocuparán las caras de los dos discos que tocan la lámina: la electricidad colocada en este estado se llama *latente ó disimulada*, porque no es percibida por los instrumentos en cada uno de los discos.

Si uno de los discos se pone únicamente en contacto con un manantial eléctrico se cargará de electricidad, y descompondrá por influencia una parte del fluido natural del disco opuesto; la electricidad así producida será también *latente ó disimulada*, esto es, no se percibirá.

2. **Condensadores.** Llámense así instrumentos destinados á acumular la electricidad disimulada. Consisten generalmente en dos discos conductores separados por otro no conductor.

3. **Teoría del condensador.** Supongamos el conductor de una máquina eléctrica en contacto con el disco C de un condensador (fig. 38 n): este disco se cargará de electricidad positiva, descompondrá por influencia parte del fluido natural del disco C', repelerá al depósito comun el fluido positivo, y atraerá el negativo, que á su vez hará latente parte del fluido positivo del disco C, que podrá recibir parte del conductor de la máquina otra porción de electricidad; pero esta renovará la misma serie de fenómenos en el disco C', que ejercerá de nuevo la acción sobre C, aumentándose así sucesivamente flúidos contrarios en ambos discos.



4. **Descarga del condensador.** El condensador puede descargarse *lentamente ó instantáneamente*.

5. **Descarga lenta.** Aunque la electricidad de ambos discos es *latente ó disimulada*, es decir, que no da señales de su existencia,

el disco que comunica con el conductor de la máquina posee siempre un exceso de electricidad libre: tocando, pues, este disco, se obtendrá una chispa.—Entonces el disco opuesto dejará libre una parte de su electricidad disimulada, y aplicando á él la mano sacaremos otra chispa, pudiendo así por una serie alternada de estas descargar *lentamente* ambos discos.

6. Descarga instantánea. La obtendremos tocando á la de ambos discos con las manos ó con otro cuerpo conductor, con lo cual se reunirán instantáneamente ambos flúidos. Al efecto puede emplearse el

7. Excitador. Especie de compás metálico, cuyos brazos terminan en unas esferitas, y estan provistos cada uno de su mango formado por un mal conductor.

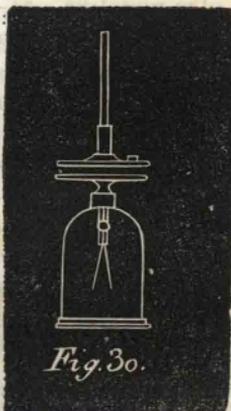


Fig. 30.

8. Electrómetro condensador. Consiste en un electrómetro comun de hojillas de oro, y terminado por su parte exterior en un disco de metal horizontal cubierto con una ligerísima capa de barniz de goma laca. Sobre este disco se coloca otro disco de igual diámetro, aislado por un mango de cristal (fig. 30).

9. Uso del electrómetro condensador. Tócase el disco inferior con el dedo, y se pone luego en contacto con el disco superior, sobre el cual se coloca el cuerpo cuyo estado eléctrico se quiere comprobar.

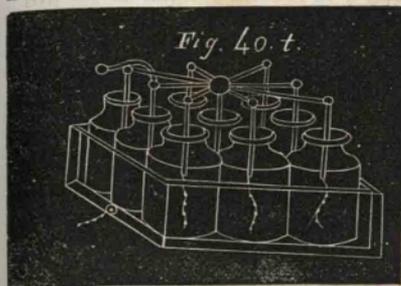
10. Botella de Leyde. Es un mero condensador, en el cual la lámina de cristal es curva en vez de ser plana. Consiste en una botella de vidrio delgado, cubierta exteriormente con una hoja de estaño, llamada *armadura exterior*, y que se estiende hasta cierta distancia del cuello, cuya parte escedente está cubierta con una capa de barniz de goma laca. La parte interior de la botella está llena de hojas de oro ó bricho, que forman la *armadura interior*. Una barilla metálica encorvada á manera de gancho, y terminada en un botoncito esférico, está sellada en el tapon que cierra la boca y comunica con la armadura interior (fig. 39 s).



Fig. 39 s.

11. Teoría de la botella de Leyde. Es idéntica á la del condensa-

dor, pues las dos armaduras equivalen á los dos discos y las paredes de la botella al disco de cristal intermedio.



12. Batería eléctrica (fig. 40 t). Llámase así una reunión de botellas de Leyde que se comunican entre sí: su armadura interior por medio de las barrillas metálicas, y su armadura exterior por medio de una lámina de estaño que cubre el fondo de la caja donde están colocadas las botellas.

13. Teoría de la batería eléctrica. Igual á la de la botella de Leyde, puesto que la batería es un mero condensador de gran superficie.

14. Velocidad de la electricidad. Según las esperiencias de M. Weststone, es de mas de 446400000 metros por segundo (1).

15. Efectos de la chispa eléctrica. Pueden dividirse en tres clases: fisiológicos, físicos y químicos.

16. 1.º Efectos fisiológicos. Cuando una persona presenta la jun-tura de un dedo al conductor electrizado de una máquina, saca una chispa que le hace experimentar una conmocion mas ó menos viva acompañada de una sensacion de picazon. Colocado un hombre en un banquillo con pies de cristal, y puesto en comunicacion con el conductor de la máquina eléctrica, todo el cuerpo se electriza, los cabellos se erizan y dejan salir la electricidad como todos los cuerpos terminados en punta, y todas las partes del cuerpo despiden chispas aproximándoles sustancias conductoras. La conmocion que se siente al descargar la botella de Leyde, cuando se tiene cogida la arma-dura exterior con la una mano y se toca con la otra el boton que comuni-ca con la exterior, es mucho más fuerte que la de las máquinas. Si varias personas forman la *cadena* y tocan las de los dos extremos cada una su arma-dura, todas experimentan simultáneamente la conmocion. Finalmente, la producida por la descarga de una batería eléctrica es siempre peligrosa y suficiente para matar varios animales; y multiplicando las botellas podria hacerse bastante fuerte para dar la muerte á un hombre.

17. 2.º Efectos físicos. Los efectos físicos de la chispa eléctrica pueden clasificarse en *caloríficos*, *mecánicos* y *luminosos*.

1.º Efectos caloríficos. Citaremos entre ellos la inflamacion del éter, de alcohol y de la resina. La detonacion de una mezcla de gas hidrógeno y de oxígeno. La volatilizacion de hilos metálicos muy finos. Un tubo de seda cubierto de oro ó de plata permanece intacto, aunque los metales que le cubren se quemen y desaparezcan.

(1) Los límites de esta obra no nos permiten mencionar el procedimiento ingenioso que sirvió á M. Weststone para resolver este problema.

2.º **Efectos mecánicos.** La expansion súbita del aire, la ruptura de las sustancias no conductoras que se oponen á la recomposicion de los flúidos. La traslacion y trasporte de varias sustancias. Unas placas metálicas que sufren la descarga de una batería, presentan manchas muy curiosas formadas de varios anillos concéntricos de diversos matices.

3.º **Efectos luminosos.** Son muy variados, y se observan en el vacío y en el aire libre.

1.º **En el vacío.** La experiencia del *huevo eléctrico*, que consiste en un vaso de cristal de forma ovoidea, cuyas dos estremidades guarnecidas de birolas de metal estan, la una en comunicacion con el suelo y la otra con la máquina, toda la campana en que se hace el vacío aparece surcada de dardos luminosos, que forman penachos y arcos de diversas curvas, y matizados de diferentes colores. Dejando entrar algun aire, la luz eléctrica se concentra y aparece mas brillante.

2.º **En el aire.** Todos los juegos de luz eléctrica en el aire estriban en un mismo principio, que consiste en multiplicar las chispas, haciendo recorrer al flúido eléctrico una serie de conductores descontinuos, formando dibujos mas ó menos variados.

El color de la *chispa eléctrica* en el aire parece depende de su presion, su humedad, de la naturaleza de los cuerpos entre que parte la chispa y de la carga eléctrica de los que la producen. La chispa de las baterías es siempre de una blancura deslumbradora.

18. 3.º **Efectos químicos.** Aunque no tan poderosos como los de la electricidad dinámica, produce varias combinaciones y descomposiciones. Cuando una larga serie de chispas atraviesa el aire atmosférico, disminuye su volúmen y se forma una corta cantidad de ácido nítrico: á esta causa se atribuye la presencia de este ácido en las lluvias de tempestad.

§. V. Galvanismo.—Pila de Volta.

1. Cuáles son las esperiencias fundamentales que han dado origen al galvanismo y á la pila de Volta?—2. Quién fue Galvani y cómo esplicaba el fenómeno del galvanismo?—3. Quién fué Volta y cómo esplicó el mismo fenómeno descubierto por Galvani?—4. Cuáles son las pruebas directas del desarrollo de la electricidad por contacto suministradas por Volta?—5. Explicar el sistema de Volta.—6. Qué sugirió á Volta el instrumento de su célebre pila?—7. Cómo se construye la pila de Volta?—8. Cuál es el estado de la pila en sus diversas posiciones?—9. Cómo se denomina la pila inventada por Volta?—10. Describir la pila de pilon ú horizontal.—11. Describir la pila de Wollaston —12. Explicar la accion química de la pila, y su teoria como pretenden algunos físicos.—13. En cuántas clases pueden dividirse los efectos de la pila?—14. Mencionar algunos efectos fisiológicos de la pila.—15. Mencionar algunos efectos físicos de la pila.—16. Cuáles son los principales efectos químicos?—17. Tiene muchas aplicaciones la pila.

1. **Esperiencias fundamentales.** El descubrimiento del

galvanismo y de la pila de Volta es de fines del siglo XVIII. Hé aquí las experiencias fundamentales que les han dado origen.

Se corta por mitad del cuerpo una rana viva, se le despoja rápidamente de los miembros posteriores, dejando desnudos los dos nervios lumbales. Tomando entonces un arco metálico compuesto de una lámina de cobre y de otra de zinc, móviles al rededor de su punto de union, se pone en contacto uno de los metales con los nervios lumbales, y se tocan sus músculos crurales con el otro metal. A cada contacto los miembros del animal



experimentarían vivas convulsiones, movimientos que pueden reproducirse por mucho tiempo después de la muerte del animal (figura 41 a).

2. **Galvani.** Este fenómeno notable fue descubierto por Galvani, médico y profesor de anatomía en Bolonia, en 1789. Para explicarle admitía en la rana la existencia y desarrollo espontáneo de dos flúidos eléctricos, y asimilaba el animal á una botella de Leyde, siempre en disposición de ser descargada.

3. **Volta.** Volta, profesor de física en Pavia, repitiendo las experiencias de Galvani, fue conducido por sus investigaciones á una explicación muy diferente. Comprobó desde luego que las convulsiones de la rana son infalibles y muy pronunciadas cuando el arco conductor que establece la comunicación entre los músculos y los nervios está compuesto de *dos metales eterogéneos*, mientras que empleando un solo metal es muy difícil obtener conmociones sensibles. Volta creyó, pues, poder sentar que las conmociones eran en efecto producidas por la electricidad, pero que la rana hacía simplemente el papel de un electrómetro, mientras que la causa generatriz de la electricidad existía únicamente en el *contacto de los dos metales eterogéneos*; uno de los cuales (el zinc) se cargaba de electricidad positiva, y el otro (el cobre) de electricidad negativa, cuyos dos flúidos contrarios, neutralizándose en los órganos de la rana, y reproduciéndose incansablemente, son la verdadera y única causa de las conmociones.

4. **Pruebas directas del desarrollo de la electricidad por contacto.** Espondremos aquí las en que Volta apoyó su teoría, tan fecunda en resultados. Sirvióse al efecto del *electrómetro condensador*.

1.^a Tocó el platillo inferior, que es de cobre, con una lámina de zinc

comunicando con el suelo, y el disco superior con los dedos mojados, y levantando este en seguida observó que las láminas de oro se separaban, conociendo además que esta divergencia era producida por la electricidad negativa. Sustituyendo á la placa de zinc una de cobre como la del disco del condensador, este no daba la menor señal de electricidad.

2.^a Volta formó una placa doble formada con una lámina de zinc soldada con otra de cobre: puso en comunicacion la parte cobre con el suelo y la parte zinc con el platillo del condensador; pero como el contacto fue inmediato, la placa zinc se halló colocada entre dos metales de la misma naturaleza, en los dos puntos de contacto se desarrollaron fuerzas iguales y contrarias, y el condensador no dió muestras de electricidad como debía suceder. Pero Volta, á fin de hacer pasar al disco inferior del condensador la electricidad positiva del zinc, interpuso entre ambos un cuerpo conductor que por el contacto con los dos metales no desarrollase cantidad sensible de electricidad, eligiendo por tal un pedazo de paño mojado en agua, y al momento el electrómetro dió señales de haberse electrizado positivamente (1).

3. **Sistema de Volta.** Volta estableció, apoyado en los hechos referidos, el siguiente sistema. Llamó *fuerza electro-motriz* á la que nace del contacto de dos cuerpos eterogéneos, que reside en la superficie de su punto de union, y que descomponiendo continuamente el flúido natural, hace pasar el flúido positivo sobre uno de los cuerpos, y el negativo sobre el otro. Esta fuerza tiene dos efectos: 1.^o descompone los dos flúidos naturales; 2.^o se opone á su recomposicion. Mientras obra para descomponer las dos electricidades, es instantánea y permanente, pues solo necesita un momento inapreciable para desarrollarse, y su accion persiste todo el tiempo que dura el contacto. Sin embargo, mientras se opone á la recomposicion de los dos flúidos tiene un límite, dando á cada uno de los metales en contacto una tension máxima, de tal manera que: 1.^o si los dos metales estan aislados, el uno de ellos tendrá una tension máxima de $+e$ de electricidad positiva, y el otro una tension de $-e$ de electricidad negativa; 2.^o si uno de los metales comunica con el suelo, su tension eléctrica desaparece; pero el otro metal la adquiere doble, $+2e$ ó $-2e$, segun que el metal negativo ó el positivo esté en comunicacion con el depósito comun. Segun Volta, la fuerza electro-motriz conserva su accion aunque el sistema de los dos metales en contacto esté artificialmente electrizado; por manera que si se les comunica una cantidad $2P$ de electricidad positiva, el zinc poseerá siempre una carga $P+e$ de flúido positivo, y el cobre únicamente carga $P-e$, y la diferencia de las dos tensiones será constante é igual á

(1) Estas esperiencias variadas de distintos modos dieron siempre iguales resultados con todos los metales, variando únicamente la intensidad de las electricidades producidas por el contacto.

2e. Si los dos metales estuviesen en comunicacion con un manantial de electricidad negativa, el exceso de $-e$ estaria en favor del metal negativo. Finalmente, la tension de los cuerpos en contacto no es igual. Los metales son, segun Volta, *buenos electrómotores*; pero los demas cuerpos, como el agua y los ácidos, tienen esta propiedad en grado muy débil.

6. **Pila de Volta.** Este instrumento, que ejerció tanta influencia en los progresos de la física y de la química, fue sugerido á Volta, su célebre inventor, por los principios sentados: sin embargo, su teoría es aun inexacta.

7. **Construccion de la pila.** Colocando sobre un disco de cobre en



comunicacion con el suelo un disco de zinc, sobre este una rodajita de paño humedecida con agua salada ó acidulada, y volviendo á colocar por el mismo orden unos sobre otros, y cuantas veces queramos, el disco de cobre, el de zinc y la rodajita de paño, construiremos una *pila voltaica* (fig. 42 a). Cada disco metálico es un *elemento* de la pila, que terminará por consiguiente por un lado en su elemento cobre, y por otro en uno zinc. Los elementos zinc y cobre estan generalmente soldados entre sí, formando lo que se llama *un par* de la pila.

8. **Estado de la pila en sus diversas posiciones.** La pila puede estar aislada ó comunicar con el suelo:

1.º Si la pila de Volta comunica con el suelo por la estremidad cobre, la teoría de Volta indica, y la *esperiencia prueba*, que toda la pila se halla cargada de *fluido positivo*, y que la tension eléctrica aumenta desde la base donde es cero hasta la cúspide zinc, donde está en su máximo. Unicamente que, segun la teoría de Volta, la tension deberia crecer proporcionalmente al número de *páres*, lo que no sucede.

2. Si la estremidad zinc es la que comunica con el suelo, toda la pila se cargará de *electricidad negativa*, y la tension seguirá la misma ley que en el caso anterior.

3. Finalmente, si la pila estuviese completamente *aislada* contendria simultáneamente las dos electricidades, positiva y negativa: toda la mitad correspondiente á la estremidad zinc estaria electrizada positivamente, y la otra mitad negativamente. En el centro la tension eléctrica seria cero, y creceria á partir de este punto hasta las dos estremidades.—El estado de la pila aislada estará, pues, bastante bien representado por la union de dos pilas de igual número de pares, comunicando con el suelo, montadas en orden inverso, y de que se hubiese formado una sola pila, poniéndolas base á base, y separando los elementos en contacto por una rodajita húmeda.—Estas dos pilas asi reunidas conservarian cada una el estado eléctrico que poseian

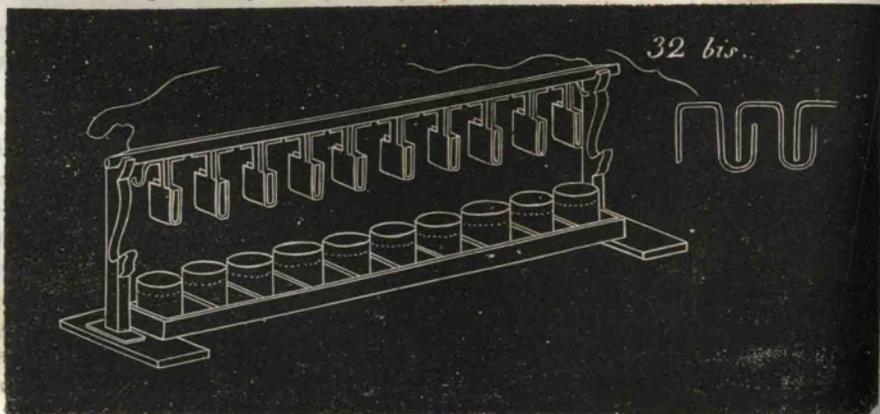
separadamente antes de su union. — Se llama polo positivo de la pila aislada la estremidad zinc, y polo negativo la estremidad cobre.

Pila en actividad. Si se reunen los dos polos por un hilo conductor, los dos flúidos contrarios acumulados á las estremidades de la pila se recompondrán por medio de este cuerpo: el equilibrio eléctrico del aparato se destruirá; pero á cada instante la fuerza electro-motriz tenderá á reproducirlo, y el hilo conjuntivo será incesantemente atravesado por dos corrientes contrarias, la una de electricidad positiva y la otra de negativa. — Desde este momento la electricidad deja de estar en estado de tension en la pila, pues no es sensible ni aun á los electróscopos mas delicados. — Antes de la reunion de los polos, la pila aislada obra por atraccion ó repulsion sobre los cuerpos electrizados que se le presentan, despide chispas y carga instantáneamente la botella de Leyde; pero despues de la reunion de los polos todos estos fenómenos desaparecen. — Pero entonces los flúidos eléctricos adquieren propiedades nuevas, dando lugar al estudio de la electricidad dinámica.

9. Pila de columna. Tal es la que acabamos de describir y la inventada por Volta.

10. Pila de pilon á horizontal. Está formada por una caja rectangular de madera, sobre cuyas caras interiores y opuestas estan practicadas ranuras paralelas y verticales, en las cuales se colocan pares rectangulares, formados cada uno de una placa de cobre soldada con otra de zinc, y sujetas por medio de un betun aislador. El intervalo que separa dos pares es un cubito, y todos estos intervalos se llenan de un líquido acidulado que sirve de conductor, y que reemplaza las rodajitas de paño humedecidas de la pila de columna. Para hacer comunicar los dos polos, se ponen en los dos últimos piloncitos dos placas de cobre armadas de hilos metálicos, que se denominan *reóforos* ó *eléctrodos*.

11. Pila de Wollaston. En esta pila las placas de cobre y zinc, soldadas entre sí por una prolongacion recta, como lo indica la fig. 32 bis, estan



lijas á un travesaño de madera, que permite sumergirlas inmediatamente en una serie de vasos de cristal separados, de manera que cada par se sumerge en un vaso que contiene el líquido acidulado.—El par que se introduce en el mismo vaso se compone del cobre de uno de los elementos y del zinc del elemento siguiente. Estos dos metales deben estar contorneados de manera que no se toquen.

12. Accion química de la pila. Si bien no está comprobado como pretenden MM. Becquerel y Delarive que la teoria de la pila pueda esplicarse esclusivamente por la accion química, está fuera de toda duda que esta accion ejerce una influencia muy marcada y grande en los fenómenos de la pila, imposible de explicar, segun pretendia Volta, por el simple contacto de los dos metales.

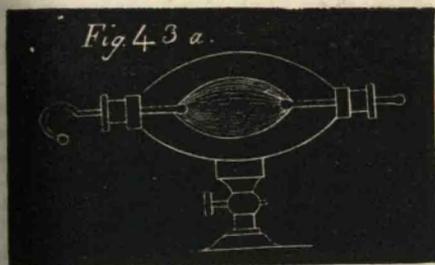
13. Efectos de la pila. Pueden dividirse en tres clases: *fisiológicos, físicos y químicos.*

14. Efectos fisiológicos. 1.º Si se tocan con las manos mojadas los dos polos de una pila aislada, se experimenta una conmocion que dura tanto como el contacto, y que se hace insoportable por su continuidad; 2.º poniendo los reóforos de la pila en contacto con las sienes, se siente una picadura mas ó menos viva, y á cada contacto un resplandor muy vivo é instantáneo pasa por delante de los ojos; 3.º sometiendo á la accion de la corriente voltaica algunos animales, como conejos, cochinitos de Indias asfixiados, desde cerca ya de una hora, se ha conseguido volverles á la vida; 4.º en los cuerpos organizados, recientemente privados de vida, esta misma corriente excita contracciones y movimientos extraordinarios.—La conmocion voltaica aumenta con el número de elementos de la pila.

15. Efectos físicos. Son muy variados, y solo mencionaremos algunos relativos al *calor y luz* que la electricidad voltaica puede producir.

Si se reunen los dos polos de la pila de Wollaston por un hilo metálico, suficientemente corto y delgado, se enrojece, y segun su naturaleza puede fundirse y arder. Asi, por ejemplo, las hojas de oro, plata y cobre..... arden y producen unas chispas visisimas diversamente coloreadas.

El fenómeno mas notable y brillante es el de la experiencia de Davy. En



lo interior de un globo de cristal semejante al de la fig. 43 a, y en que se puede hacer el vacío, se hacen pasar por medio de cajas de cuero, dos cilindros de cobre á cuyos extremos estan fijos dos conos de carbon, muy calcinados en un crisol y al fuego de fragua, y haciendo comunicar los cilindros de cobre con los polos de una

buena pila, se ve brillar entre los conos de carbon una luz deslumbradora semejante á la del sol. Aunque los polos de carbon se vuelven incandes-

centes, no se conmueven ni sufren la menor alteracion. Apartando de sí ambos conos el espacio que les separa, se llena de arcos luminosos de una intensidad notable. Esta luz es atraible al iman. Divide con la luz solar la propiedad de hacer detener una mezcla de volúmenes iguales de cloro é hidrógeno.

16. Efectos quimicos. Son muy numerosos y notables, y solo mencionaré, aunque sin describirlos, los mas principales y comunes. Descuella entre estos la *descomposicion del agua* (1), la descomposicion de los *óxidos* y de los *ácidos*, y la de las *sales*.

17. Aplicaciones. Es de sumo interés la *galvanoplástica* y otras muchas imposibles de enumerar (2).

§. VI. *Electro-dinámica* (3).

1. A quién se debe el hecho fundamental que ha dado origen á los fenómenos electro-dinámicos, y cuándo?—2. Qué se entiende por corrientes?—3. Qué convenciones se han hecho acerca del estudio de las corrientes?—4. Qué se entiende por corrientes fijas?—5. Y por corrientes móviles?—6. Principio fundamental de la accion de las corrientes sobre las corrientes: 1.º en las corrientes paralelas; 2.º en las sinuosas; 3.º en las no paralelas.—7. Qué consecuencias se deducen de estos principios?—8. Qué se entiende por solenoide y cómo se realiza esta disposicion?—9. Principales acciones de las corrientes sobre los solenoides.—10. Accion mutua de los solenoides.—11. Rotacion de las corrientes por las corrientes.

1. El hecho fundamental que ha dado origen al descubrimiento de los fenómenos *electro-dinámicos* se debe á Oersted y data desde 1820 (4).

2. La esperiencia demuestra que cuando una pila voltaica está aislada, hay un esceso de electricidad positiva libre en el polo zinc, y un esceso igual de electricidad negativa libre en el polo cobre; por manera que reuniendo los dos polos por un hilo metálico, los dos flúidos

(1) Véanse las nociones de quimica.

(2) Véase quimica.

(3) Seria salir de los limites que nos hemos trazado en esta obra el dar, no toda la estension de que es susceptible esta parte de la ciencia, hija de los descubrimientos modernos, sino el explicar y demostrar los pocos principios que sentaremos, con el objeto filosófico de dar á conocer la identidad demostrable de los flúidos eléctrico y magnético: por eso nos hemos ceñido á lo que comprenderá este párrafo, que no suprimimos del todo á fin de dar á conocer la altura á que ha llegado la ciencia fisica en nuestros días: lo que por igual motivo nos resta que decir en el vasto ramo de la electricidad será tratado con el mismo laconismo.

(4) Pero desde entonces los descubrimientos se han multiplicado tanto, que la *electro-dinámica* constituye hoy uno de los ramos mas vastos de la ciencia. Solo espondremos los principios fundamentales y mas sencillos á fin de dar una idea de esta parte tan dilatada del estudio del flúido eléctrico.

contrarios se recompondrán por medio del conductor; pero la fuerza electro-motriz, reproduciendo constantemente los dos flúidos, surcarán el *hilo conjuntivo*, formando lo que se llama *dos corrientes* contrarias, la una de electricidad positiva, yendo del polo zinc al polo cobre, y la otra de electricidad negativa, yendo del polo cobre al polo zinc, cuyo movimiento, comunicándose á la pila, las dos corrientes contrarias formarán en cierto modo un círculo con la pila y el conductor.

3. Convenciones. 1.º Se ha convenido en considerar únicamente en la pila en actividad el movimiento de la electricidad positiva; 2.º en llamar corriente *rectilínea, sinuosa, circular, vertical, etc.*, según que el hilo conductor sea rectilíneo, sinuoso, *circular, vertical, etc.*

4. Corrientes fijas. Llámense así las que se obtienen reuniendo los dos polos de una pila, ó de un solo par de Wollaston.

5. Corrientes móviles. Llámense así las que se obtienen haciendo flotar en un baño de agua acidulada un par voltaico, de manera que la corriente positiva pasando por el intermedio del líquido atravesase el hilo conductor que le sirve de vehículo.

6. Accion de las corrientes sobre las corrientes.— Principios fundamentales. La esperiencia, por medio de aparatos sencillos, ha demostrado las leyes ó principios siguientes:

1.º Corrientes paralelas. 1.ª Dos corrientes paralelas y de un mismo sentido se atraen.

2.ª Dos corrientes paralelas y de sentido contrario se repelen.

3.ª La atraccion y la repulsion son tanto mayores cuanto menor es la distancia.

2.º Corrientes sinuosas. 1.º La accion de una corriente rectilínea es idénticamente la misma que la de una corriente sinuosa, que se separa poco de la primera, y que concluye en las mismas estremidades.

3.º Corrientes no paralelas. 1.ª Dos corrientes rectilíneas que forman entre sí un ángulo cualquiera, se atraen si estan dirigidas ambas hácia el vértice del ángulo, ó si ambas se separan de él.

2.ª Al contrario, se repelen si una de ellas marcha hácia el vértice del ángulo, y si la otra se separa de él.

7. Consecuencias. De los principios ó leyes sentadas se deducen como consecuencias:

1.º La accion directiva de una corriente rectilínea horizontal sobre un corriente vertical móvil al rededor de un eje vertical; 2.º la accion de dos

corrientes verticales; 3.º la accion sobre una corriente rectangular ó circular, móvil al rededor de un eje vertical.

8. **Solenoides.** Llámense asi una reunion de corrientes circulares juxta-positas, situadas en planos paralelos, y móviles al rededor de un mismo eje vertical.

Para realizar esta disposicion se enroscará en *hélice* un largo hilo de cobre, porque entonces si hacemos, volver la corriente sobre sí misma replegando los dos cabos del hilo paralelamente al eje de la hélice, la corriente total se compondrá de tres partes, á saber: 1.º de una corriente rectilínea en un sentido *ab*; 2.º de otra corriente rectilínea en sentido contrario *ba*, que destruirá la primera; y 3.º de una serie de círculos paralelos, recorridos todos en un mismo sentido.

9. **Accion de las corrientes sobre los solenoides.** 1.º Si una corriente rectilínea y bien enérgica está tendida horizontal y paralelamente encima de un *solenoides* móvil, este gira sobre sí mismo y *tiende* á fijarse en un plano perpendicular á la corriente fija; 2.º las corrientes ejercen una accion atractiva y repulsiva sobre los solenoides; 3.º los *solenoides fijos* ejercen á su vez una accion igual sobre las corrientes móviles rectilíneas, observándose siempre las atracciones cuando las corrientes se dirigen en un mismo sentido, y las repulsiones cuando en sentido inverso.

10. **Accion mutua de los solenoides.** La esperiencia demuestra que en dos solenoides los polos del mismo nombre se repelen, y los polos de nombre contrario se atraen.

11. **Rotacion de las corrientes por las corrientes.** La esperiencia y el racionio demuestran: 1.º una corriente horizontal circular imprime un movimiento de rotacion á una corriente móvil en un plano horizontal paralelo y poco lejano; 2.º una corriente circular fija ejerce una accion igual sobre una corriente vertical móvil al rededor de un eje vertical que pase por el centro de la primera.

§. VII. *Electro-magnetismo.*

1. Qué accion ejerce la tierra sobre una corriente móvil al rededor de un eje vertical?—
2. Qué consecuencia se deduce de aqui?—
3. Qué accion ejerce la tierra sobre una corriente móvil al rededor de un eje perpendicular al meridiano magnético?—
4. Qué consecuencia se deduce de aqui?—
5. Que son corrientes estáticas?—
6. Qué accion ejerce la tierra sobre un solenoides móvil?—
7. Qué consecuencia se deduce de aqui?—
8. Manifestar la accion mutua de los imanes sobre los solenoides.—
- 9.Cuál es la ley de la accion directiva de las corrientes sobre los imanes?—
10. Qué consecuencia se deduce de aqui?—
11. Accion de las corrientes sobre la aguja estática?—
12. Qué otras acciones ejercen las corrientes sobre los imanes?—
13. Qué acciones ejercen los imanes sobre las corrientes?—
14. Qué accion ejercen las corrientes sobre el hierro dulce? Esperiencias.—
15. A qué se llaman electro-imanos?—
16. En qué estan fundadas las tentativas de aplicacion de los electro-imanos como fuerza motriz?—
17. Qué se entiende por hélice dextrorsum y sinistrorsum?—
18. Accion de las corrientes sobre el acero y procedimientos de

imantacion por medio de la hélice dextrorsum y senistrorsum? — 19. Cómo puede imantarse el acero por medio de la descarga de la botella de Leyde. — 20. A qué se llaman corrientes por induccion, y cómo se dividen? — 21. Proposicion general de la induccion. — 22. A qué se llama multiplicador ó galvanometro? — 23. Descripcion del galvanometro. — 24. Qué resultados obtuvo M. Poullait por medio del galvanometro diferencial y la brújula de seno? — 25. Esponer la teoría de Ampero.

1. Accion de la tierra sobre las corrientes. — Sobre una corriente móvil al rededor de un eje vertical. Una corriente rectangular ó circular de esta especie, abandonada á sí misma, se coloca espontáneamente despues de algunas oscilaciones en una posicion fija, cuyo plano es exactamente perpendicular al meridiano magnético, ó sea á la aguja de declinacion, y ademas la electricidad se mueve en el hilo conductor de este á oeste. Si se varia el sentido de la corriente, el aparato hace una semi-revolucion, y vuelve á colocarse en la misma posicion.

2. Consecuencia. De la esperiencia anterior se deduce que la tierra obra sobre la corriente móvil exactamente como si estuviese surcada en su superficie por una corriente eléctrica dirigida de este á oeste, perpendicularmente al meridiano magnético, en el sentido del movimiento diurno del sol.

3. Accion de la tierra sobre una corriente móvil al rededor de un eje perpendicular al meridiano magnético. Una corriente de esta especie se detendrá desde luego en una posicion fija cuyo plano sea perpendicular á la aguja de inclinacion.

4. Consecuencia. Dedúcese de esta esperiencia que el globo terrestre puede ser asimilado á una vasta corriente que atraviesa su superficie de este á oeste en un plano perpendicular á la aguja de inclinacion.

5. Corrientes estáticas. Llámense asi las que no sufren ninguna influencia del globo terrestre.

6. Accion de la tierra sobre un solenoide. Un solenoide móvil al rededor de un eje vertical, despues de algunas oscilaciones, se fija en una posicion tal, que los planos de los círculos que le constituyen son perpendiculares al meridiano magnético; y es evidente entonces que el eje del solenoide estará situado en el mismo meridiano, ó bien que será paralelo á la aguja de declinacion. Si se varia el sentido de las corrientes, el solenoide hará una semi-revolucion y volverá á la misma posicion.

7. Consecuencia. Dedúcese de esta esperiencia que un solenoide móvil al rededor de un eje vertical se comporta bajo la influencia de la tierra como una aguja imantada.

8. Accion de las corrientes sobre los imanes. —

Accion mutua de los imanes sobre los solenoides.

Presentando los polos de un iman fijo á un solenoide móvil, ó bien uno de los polos del solenoide (1) fijo á un iman móvil reconoceremos:

1.º Que los polos de un iman repelen los polos de un mismo nombre de un solenoide y atraen los polos de nombre contrario.

2.º Que los polos de un solenoide repelen los polos de un mismo nombre de un iman y atraen los polos de nombre contrario.

Consecuencia. *Dedúcese de aquí que un solenoide y un iman obran uno sobre otro, como un iman sobre otro iman, ó como un solenoide sobre un solenoide.*

9. **Accion directiva de las corrientes sobre los imanes.** Hé aquí la que dió origen al eléctrico-magnetismo, y que debemos á Oersted:

1.º Si la corriente va de *Sur* á *Norte*, y pasa por encima y horizontalmente en la direccion de la aguja imantada, el polo austral de esta se desviará hácia el *oeste*. Si la corriente pasa por debajo de la aguja, el polo austral de esta se desviará hácia el *este*.

2.º Si la corriente va de *Norte* á *Sur*, el polo austral de la aguja se desviará hácia el *este* cuando la corriente pase por *encima*, y al *oeste* cuando pase por debajo.

10. **Consecuencia.** *Dedúcese naturalmente de esta doble esperiencia que la aguja imantada está sometida á la accion simultánea de dos fuerzas, á saber: la fuerza electro-magnética de la corriente y la fuerza magnética del globo.*

11. **Accion de las corrientes sobre una aguja estática.** En este caso la accion de la corriente fuerza siempre á la aguja á colocarse en *cruz* con ella, esto es, á fijarse en una direccion perpendicular á la suya.

12. **Otras acciones de las corrientes sobre los imanes.** 1.ª Las corrientes ejercen tambien sobre los imanes acciones atractivas y repulsivas; 2.ª las corrientes eléctricas pueden imprimir á los imanes un movimiento de rotacion continuo.

13. **Acciones de los imanes sobre las corrientes.** 1.ª La accion directiva de un iman sobre una corriente estática es idéntica á la de esta sobre aquel, esto es, la corriente móvil y estática se pondrá en *cruz* en la aguja imantada; 2.ª los imanes ejercen tambien acciones atractivas y repulsivas sobre las corrientes idénticas á las que estas ejercen sobre aquellos; 3.ª los imanes pueden imprimir á las corrientes eléctricas móviles un movimiento de rotacion continua. Efectivamente, si encima ó debajo de una corriente eléctrica móvil se coloca verticalmente un hacecillo magnético, al instante el aparato móvil se pondrá á girar uniformemente.

(1) Son idénticos á los de una aguja imantada, segun hemos visto, y tienen las mismas propiedades.

Observacion. La influencia del globo terrestre puede tambien imprimir á una corriente eléctrica móvil un movimiento de rotacion idéntico.

14. Imantacion por las corrientes voltaicas. — Accion de las corrientes sobre el hierro dulce. — Esperiencia. 1.^a Si á un hilo de cobre atravesado por una corriente eléctrica se presentan varias limaduras de hierro, se observará que estas, atraidas con fuerza, se enroscan al redor del hilo; pero asi que la corriente cesa, caen al instante.

2.^a Si perpendicularmente á una barra de hierro dulce, y hácia su centro, se hace pasar una corriente rectilínea, la barra se imantará por influencia, y adquirirá un polo austral á la izquierda de la corriente y su polo boreal á la derecha.

15. Electro-ímanes. Llámense asi las barras de hierro dulce imantadas por la influencia de las corrientes. Las de forma de estribo ó herradura, revestidas con un hilo de cobre cubierto de seda, son los mas poderosos. En efecto, colocando uno sobre otro dos electro-ímanes de forma de herradura, cuyos polos contrarios esten enfrente suspendiendo pesos del iman inferior, se obtendrá una fuerza de mas de 1000 ó 1200 libras.

16. Tentativas de aplicacion de los electro-ímanes como fuerza motriz. La facilidad con que los electro-ímanes adquieren ó pierden la polaridad magnética ha hecho nacer la idea de hacerles servir para engendrar movimientos de rotacion continua, con el objeto de utilizarles en la industria como fuerza motriz. Aunque no se ha realizado aun esta idea, parece llena de porvenir.

17. Accion de las corrientes sobre el acero. — Aparato. Sobre un tubo de cristal se enrosca en forma de hélice un hilo de cobre. Si se enrosca de derecha á izquierda, la hélice se llama de *dextrorsum*; si de izquierda á derecha, de *senistrorsum*.

18. Esperiencias. 1.^a Si en el eje de una hélice *dextrorsum* cuyos extremos comuniquen un solo instante con los polos de una pila se coloca una aguja de hacer media de acero en estado natural, se hallará instantáneamente imantada á saturacion, y el polo boreal estará á la entrada y el austral á la salida de la corriente; 2.^a con una hélice *senistrorsum* obtendremos el mismo fenómeno, solo que los polos estarán en sentido opuesto.

Por este mismo medio pueden imantarse gruesas barras de acero.

19. Imantacion por la descarga de la botella de Leyde. Comunicando la armadura interior de una botella de Leyde con el extremo de una hélice, y la armadura exterior con el otro extremo, puede lograrse tambien la imantacion de las agujas de acero.

20. Corrientes por induccion. Llámense asi á las corrientes desarrolladas en un conductor metálico por la influencia de una corriente boltaica próxima, ó por la de un iman.—Esta denominacion se ha inventado por M. Faraday.

Las corrientes por induccion pueden subdividirse en corrientes *electro-eléc-*

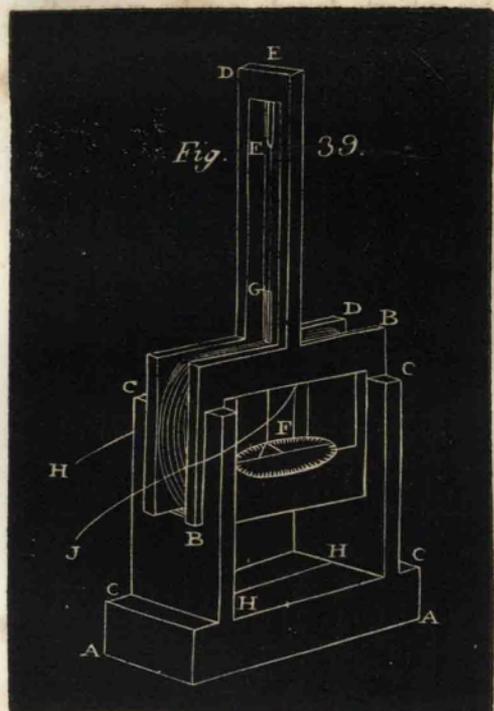
tricas y magneto-eléctricas, según que sean producidas por la influencia de la electricidad voltaica, ó por la de un imán.

21. Proposición general de la inducción. Cuando un conductor cerrado recibe en alguno de sus puntos la acción de una corriente, es atravesado por una corriente inversa: cuando cesa de recibir esta acción, es atravesado por una corriente directa; y finalmente, no experimenta ninguna modificación sensible, no es atravesado por ninguna corriente, cuando la acción que se ejerce sobre él es constante.

Esta proposición ha sido demostrada por la experiencia.

22. Multiplicador ó galvanómetro. Llámase así un aparato propio para comprobar la existencia de una corriente en un conductor metálico y á medir su energía.

23. Descripción del galvanómetro. En el centro de una caja de



madera está colocada verticalmente en el plano del meridiano magnético, y libremente suspendida por su centro de gravedad, una aguja imantada horizontal. — Sobre el cuadro de madera está arrollado un hilo de cobre cubierto de seda, destinado á conducir una corriente eléctrica. — Las dos extremidades del hilo están libres. — La fig. 39 representa un multiplicador.

24. Con el auxilio del galvanómetro diferencial y de la *brújula de seno*, M. Pouillet obtuvo los resultados siguientes:

1.º La intensidad de una corriente es igual en todos los puntos del circuito que atraviesa.

2.º La intensidad de una corriente está en razón inversa de la longitud total del circuito, y en razón directa de la sección del hilo que la trasmite y de su conducti-

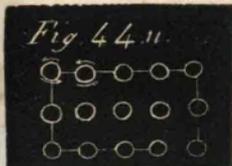
bilidad.

3.º El órden de conductibilidad de los metales para la electricidad voltaica es el siguiente: *paladio, plata, oro, cobre, platino, latón, hierro, mercurio*.

25. Teoría de Ampere sobre el magnetismo. A pesar de lo incompleta que ha sido la exposición de los fenómenos electro-dinámicos y

electro-magnéticos que acabamos de mencionar, son en sí suficientes para justificar la hipótesis de Ampero de la identidad del fluido magnético y eléctrico, cuyos fenómenos pueden considerarse como hijos de una sola y única causa.

M. Ampero considera, pues, el globo terrestre como una reunion de corrientes eléctricas; y un imán, según el, está compuesto de varias corrientes eléctricas que giran, no solo al rededor de la superficie, sino al rededor de cada una de sus moléculas. Cada sección de un imán, perpendicular al eje, presentaría por consiguiente una reunion de corrientes moleculares, dirigidas en un mismo sentido próximamente, como lo indica la fig. 44 n. Por lo demás, todas estas corrientes elementales obrarían exteriormente como una corriente única cerrada, cuya intensidad se compondría de la suma de todas sus intensidades parciales. Tal es la hipótesis y teoría de Ampero, que presenta todos los grados posibles de probabilidad.



§. VIII. Corrientes termo-eléctricas.

1. Es el calórico causa de electricidad? Qué puede demostrar el estudio de las relaciones mutuas de estos dos agentes?—2. Cómo se comprueba la existencia de las corrientes termo-eléctricas en un circuito de un solo metal?—3. Cómo se comprueba la existencia de las corrientes termo-eléctricas en un circuito compuesto de varios metales y qué particularidades presentan?—4. A qué se llama poder termo-eléctrico de un metal?—5. Cuál es el objeto de los termo-multiplicadores y cuáles el mas perfecto de estos aparatos?—6. De qué partes esenciales consta el termo-multiplicador de M. Meloni.

1. El calórico es tambien una causa de electricidad, así como á veces es efecto de esta.—Las relaciones mutuas de estos dos agentes podrán demostrar un dia su identidad.

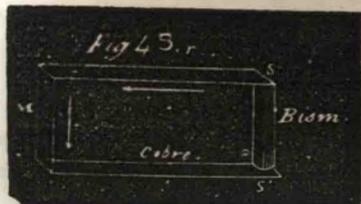
2. **Corrientes termo-eléctricas en un circuito compuesto de un solo metal.** Enroscando en hélice una parte de un hilo de platino, y calentando alternativamente uno de sus extremos ó el centro de este hilo, observaremos por medio de un galvanómetro:

1.º Que se establece una corriente eléctrica que va desde el extremo caliente al frio.

2.º Que no hay muestras de electricidad cuando el punto caliente está en el centro.

Consecuencia. La desigual temperatura de un conductor es pues lo que desarrolla estas corrientes, que por eso son llamadas *termo-eléctricas*, puesto que en el segundo caso, siendo todo simétrico al rededor del punto caliente, el calor se propaga igualmente por ambos lados, y los dos fluidos eléctricos permanecen en equilibrio.

3. Corrientes termo-eléctricas en un circuito compuesto de varios metales. Soldando un cilindro de bismuto con una lámina de cobre en forma de herradura, y calentando alternativamente las dos soldaduras ó entrambas á la vez, observaremos:



1.º Que calentando la soldadura S (figura 43 r) se establece una corriente termo-eléctrica en el sentido SMS'.

2.º Que calentando la soldadura S', se establece otra corriente en el sentido S'MS.

3.º Que calentando igualmente y á la vez las dos soldaduras SS', no hay signo sensible de electricidad.

Si sustituimos al cilindro de bismuto uno de antimonio, observaremos iguales fenómenos en orden inverso, esto es, variará la dirección de las corrientes.

4. Poderes termo-eléctricos. La energía de la corriente producida por la propagación del calor en un metal homogéneo constituye el *poder termo-eléctrico* de este metal.

El *poder termo-eléctrico* aumenta con la temperatura, pero no, según la misma ley, en todos los metales.

5. Termo-multiplicadores. Llámense así ciertos aparatos termométricos fundados sobre los poderes termo-eléctricos de los metales. El más perfecto es el de M. Meloni.

6. Termo-multiplicador de M. Meloni. Las partes esenciales de este aparato son: 1.º Una pila termo-eléctrica formada por unas cincuenta barritas de antimonio y bismuto, soldadas entre sí, que constituyen el verdadero cuerpo termoscópico; 2.º de su galvanómetro con dos agujas que sirve de indicador.

§. IX. *Electro-química.—Pilas de corriente constante.—Galvanoplástica.*

1. Cuál es el objeto de la electro-química?—2. Mencionar los principios de la electricidad desarrollada en las combinaciones químicas.—3. Mencionar el principio de la construcción de las pilas de corriente constante y cuáles son las principales que se conocen.—4. Mencionar los efectos de las pilas de corriente constante y sus aplicaciones.—5. Qué se entiende por galvanoplástica.

1. La *electro-química* tiene por objeto estudiar: 1.º el desarrollo de la electricidad en las acciones químicas; 2.º y recíprocamente el poder que tiene la electricidad de destruir ó producir combinaciones.



2. Electricidad desarrollada en las combinaciones químicas. La experiencia ha acreditado los principios siguientes (1):

Combustion.—Primer principio. En la combinacion del oxígeno con otro cuerpo hay desarrollo de electricidad: el oxígeno toma la *electricidad positiva*, y el cuerpo combustible la *negativa*.

Accion mutua de los ácidos y de los álcalis.—Segundo principio. En la combinacion de los ácidos con las bases hay desarrollo de electricidad: el ácido adquiere siempre flúido positivo, y la base negativo.

Accion del agua sobre los ácidos ó los álcalis.—Tercer principio. En la accion del agua destilada sobre un ácido ó un álcali, hay desarrollo de electricidad: con un ácido el agua hace el papel de base, y adquiere la electricidad positiva; con un álcali, el de ácido, y adquiere la negativa.

Accion de las disoluciones sobre los metales.—4.º Principio. En la accion química de un ácido sobre un metal hay desarrollo de electricidad: el metal adquiere la electricidad negativa y el ácido la positiva.

3. Pilas de corriente constante. Consisten estos instrumentos en introducir los metales destinados á trasmitir ó á engendrar y trasmitir la corriente eléctrica en dos disoluciones diferentes y separadas por un diafragma poroso. La pila de *M. Becquerel* fue la primera de esta clase, y estos instrumentos fueron variados por otros físicos, entre ellos por *Daniel* y *Grove*. *M. Bunsen* inventó la pila llamada de *carbon*.

4. Efectos de la pila.—Aplicaciones. Los efectos de las pilas de corriente constante son, aunque generalmente mas enérgicos, los mismos que hemos enunciado al hablar de las pilas en general. Entre los efectos químicos debe citarse la precipitacion de los metales sobre otros metales, una de las mas útiles y hermosas conquistas industriales de la ciencia moderna, conocida con el nombre de

5. Galvanoplástica. Llámase asi el arte de dorar, platear, platar, en una palabra, precipitar una capa simple y muy tenue de un metal sobre otro por medio de la electricidad desarrollada en las pilas de corriente constante (2).

(1) Algunas palabras que vamos á usar forzosamente en este párrafo tienen su natural esplicacion en las nociones de química.

(2) En las nociones de química esplanaremos algo mas estas ideas.

SECCION IV.—DEL LUMÍNICO.—ÓPTICA.

§. I. *Propagacion de la luz. — Medida de su velocidad é intensidad.*

1. A qué se llama luminico?—2. Cuáles son los manantiales de la luz?—3. Cómo pueden dividirse todos los cuerpos de la naturaleza considerados con relacion á sus propiedades ópticas.—4. De qué manera emiten la luz los cuerpos luminosos, y á que se llama punto luminoso?—5. Cómo se subdividen los cuerpos que no son luminosos por sí mismos?—6. Demostrar que en un medio homogéneo la luz se propaga en linea recta.—7. A qué se llama rayo luminoso?—8. Cómo se llama una reunion de rayos luminosos?—9. En qué ocasion un rayo luminoso permanece rectilíneo, se refleja ó refracta?—10. A qué se llama sombra?—Cómo se determina la sombra que proyecta un cuerpo iluminado por un solo punto luminoso?—11. Determinar la sombra y la penumbra de un cuerpo opaco iluminado por otro cuerpo luminoso.—12. En qué está fundada la teoría de los eclipses?—13. Qué efectos produce la luz al penetrar por un orificio estrecho en una cámara oscura?—14. Cuál es la velocidad en la luz, y cómo se halló?—15. Qué consecuencias se deducen de la velocidad de la luz?—16. Cuáles son las leyes de la intensidad de la luz?—17. Qué es fotometria y qué fotómetro?

1. Llámase *luminico* la causa desconocida de la visibilidad.

2. La luz se produce de una infinidad de maneras; pero las principales son: el frote, el choque, la electricidad y las acciones químicas. Casi todos los cuerpos ponderables se vuelven luminosos cuando se eleva mucho su temperatura.

3. **Cuerpos luminosos.** Todos los cuerpos de la naturaleza, considerados con relacion á sus propiedades ópticas, pueden dividirse en dos clases: 1.^a cuerpos luminosos por sí mismos; 2.^a cuerpos que no lo son, pero que se hacen visibles enviándonos la luz que reciben de los primeros.

4. Los cuerpos luminosos emiten por sí mismos la luz en todos sentidos, y aunque se les divida en pequeños fragmentos, cada una de las moléculas emite del mismo modo la luz y constituye un *punto luminoso*.

5. Todos los cuerpos que no son luminosos por sí mismos se subdividen en tres grupos: 1.^o Cuerpos *opacos*, que son impermeables á la luz; 2.^o cuerpos *diáfanos* ó *transparentes*, que se dejan atravesar por la luz, y al través de los cuales se distinguen claramente los objetos; 3.^o cuerpos *traslúcidos* ó dotados solamente de una semi-traspacidad, que aunque dejan atravesar parte de de la luz, no permiten distin-

guir al través suyo los colores, las distancias y las formas de los objetos.

6. Propagacion de la luz en un medio homogéneo. En un medio homogéneo la luz se propaga en línea recta.

Demostracion. Colocando unas detrás de otras varias pantallas perforadas en su centro de manera que coincidan en línea recta, percibiremos por medio de los centros perforados en una misma línea la llama de una luz colocada á larga distancia; pero si el centro perforado de una sola pantalla sale de la línea recta, ya no se percibirá la llama.

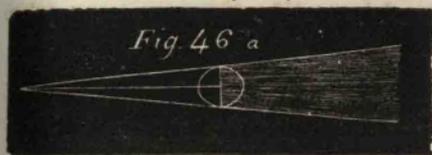
7. Llámase *rayo luminoso* á cualquier direccion en que se propaga la luz.

8. Una reunion de rayos luminosos se llama *hacecillo luminoso*, que puede componerse de rayos *paralelos*, *convergentes* ó *divergentes*.

9. Un rayo de luz permanece *rectilíneo* cuando se propaga en línea recta. Si en el camino halla una superficie pulimentada, se *refleja* y sigue una línea quebrada. Si pasa de un medio diáfano á otro, se *refracta* y sigue tambien una línea quebrada. Y cuando el medio que atraviesa se compone de capas cuya densidad aumenta ó disminuye, el rayo de luz que cae sobre la primera se dobla mas y mas al atravesar las siguientes, resultando de la continuidad de estas inflexiones que la luz describe en realidad una *trayectoria* curvínea.

10. **Sombra y penumbra.** Un cuerpo opaco solo puede ser iluminado en parte.—El espacio privado de luz se llama *sombra*.

Cuando un cuerpo opaco está iluminado por un solo punto luminoso,

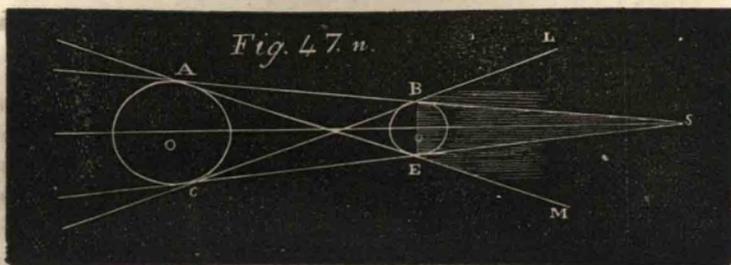


la forma de la sombra que el cuerpo proyecta detrás de sí se obtiene tirando desde el punto luminoso una tangente al cuerpo opaco, y haciéndola girar al rededor suyo (fig 46 a).

11. Cuando un cuerpo opaco no está iluminado por un solo punto, sino por otro cuerpo luminoso, debe distinguirse la *sombra* y la *penumbra*.

Supongamos, que el cuerpo que ilumina y el cuerpo iluminado sean dos esferas OO' , y cortémoslas por un plano cualquiera, segun la línea de los centros. Tiremos á los dos círculos de intercepcion la tangente comun AB , que corta en S la línea de los centros. Si concebimos que esta línea gira al rededor del punto S apoyándose siempre sobre las superficies de las dos esferas, describirá un cono, cuya parte BSE , situada detrás del cuerpo opaco, estará

en sombra (fig. 47 n). Tirando ahora á los dos círculos A y B otras dos tangentes que se crucen entre estos círculos, todos los puntos situados sobre la



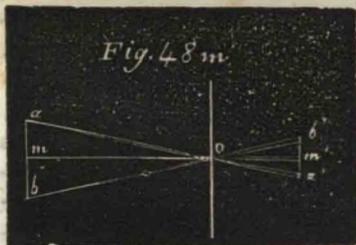
primera CL recibirán luz del globo luminoso O, sucediendo lo mismo con todos los puntos situados debajo de la segunda tangente AM; pero en el intervalo comprendido entre las líneas BL y BS se hallarán puntos que no recibirán la luz sino de una parte del cuerpo que ilumina, y de una parte tanto menor cuanto mas cerca estén situados de la línea BS. Lo mismo diremos del espacio comprendido entre las líneas EM y ES.—Estas porciones del espacio, que ofrecen una degradacion de tintes, constituyen la *penumbra*.

12. **Observacion.** La teoría de los eclipses está fundada en lo que acabamos de esponer.

13. **Efectos de la luz al penetrar por un orificio estrecho en una cámara oscura.** 1.º Si los rayos solares que penetran por este orificio se reciben en un cuadro blanco colocado á distancia, obtendremos una pequeña superficie iluminada en igual forma que el orificio.

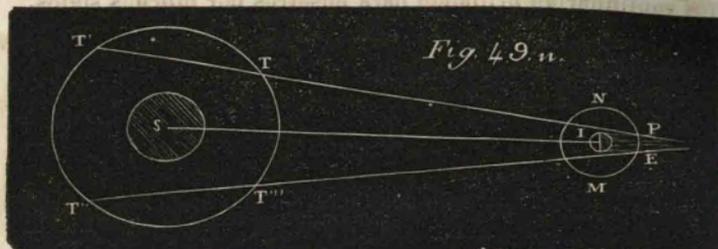
2.º Los cuerpos iluminados colocados delante del orificio presentan sobre el cuadro su imagen inversa.

Para concebir esto último figurémonos (fig. 48 m) el orificio *o* muy pequeño, y que sea *amb* el cuerpo iluminado. El punto *a* envia un pequeño hacecillo de luz, y viene á formar en *a'* su imagen; el punto *m* forma la suya en *m'* y el punto *b* en *b'*.—Y quedará formada la imagen *a'm'b'* inversamente.



14. **Velocidad de la luz.** La luz tiene una velocidad de propagación en el vacío de cerca de 80,000 leguas por segundo, y recorre en 8' y 13" la distancia del sol á la tierra.—Roemer hizo tan útil descubrimiento observando los eclipses

ses del primer satélite de Júpiter. En efecto, sea en una época del año (figura 49 n) *S* el lugar del sol, *T* la posición de la tierra en la eclíptica que recorre



en el sentido $TT'T''$; en fin, *Y* el centro de Júpiter y *MN* el círculo que describe al rededor suyo su primer satélite. — En la primer mitad de la órbita celeste podremos observar los instantes precisos en que el primer satélite se eclipsa, y en la segunda mitad será fácil notar los momentos exactos en que sale del cono de la sombra. — Podremos, pues, obtener fácilmente el intervalo trascurrido entre dos *inmersiones*, y en el segundo entre dos *emersiones* consecutivas. — Ahora bien: se halló que este tiempo era invariablemente igual á 42 horas 28' 35". — Una vez determinado este período, es fácil calcular cuántas inmersiones habrá durante el tiempo que tardará la tierra en trasportarse del punto *T* al punto T'' de su órbita, y si hay 100, por ejemplo, sabremos cuál debe ser el momento exacto de la centésima inmersion. Sin embargo, notamos que el 100 eclipse observado desde el punto T' sucede un poco *mas tarde* de lo que el cálculo demuestra, y este *retardo*, solo puede provenir del tiempo que ha tardado la luz en recorrer el espacio TT' comprendido entre las dos posiciones *T* y T' de la tierra en su órbita. — Del mismo modo en la segunda mitad, si del punto T'' observamos la primera emersion, y calculamos el momento preciso en que debe tener lugar la 100.ª, hallamos por la observacion hecha desde el punto T'' , á donde se ha trasladado entonces la tierra, que la emersion sucede un poco *mas antes* que lo indicaba el cálculo. Este *adelanto* es evidentemente la diferencia entre el tiempo que ha tardado la luz en recorrer las dos distancias $T''E$ y $T'E$, ó bien el tiempo que ha empleado en recorrer el espacio T'' y T' . — Y como la órbita terrestre está perfectamente conocida, nada mas fácil que calcular la distancia exacta de las dos posiciones *T* y T' , ó de las otras dos T'' y T' , y dividiendo esta distancia por el número de segundos que la luz ha tardado en recorrerla, tendremos el espacio que la luz recorre en 1", ó bien su velocidad.

15. Consecuencias. Dedúcese de lo dicho: 1.º Que nosotros no podemos jamás ver al sol en su verdadero lugar, sino en el en que estaba 8' 13" antes; 2.º que atendida la gran distancia á que estan de nosotros las estrellas fijas, la luz tardará en llegar á nosotros desde estos astros muchos millares de años, pudiendo existir estrellas cuya luz no nos hubiese aun llegado,

y que millares de astros podian ser instantáneamente aniquilados y el firmamento despoblado, sin que cosa alguna nos advirtiese de ello, puesto que los astros continuarían brillando para nosotros por muchos siglos.

16. **Intensidad de la luz.**—**Leyes.** 1.^a La intensidad decrece como el cuadrado de las distancias aumenta.

2.^a La intensidad de la luz varia con la inclinacion de la superficie que la emite.

17. **Fotometría.** Llámase así el ramo de la física que trata de determinar la intensidad relativa de dos luces.—Todo instrumento destinado á este género de comparacion se llama *fotómetro*.

§. II. Reflexion de la luz.—Catóptrica.

1. Qué sucede á un rayo luminoso cuando cae sobre la superficie pulimentada de un espejo? Qué es catóptrica?—2. Qué se entiende por ángulo de incidencia y ángulo de reflexion?—3. Demostrar las dos leyes de reflexion?—4. Demostrar los efectos de la reflexion de la luz en los espejos planos?—5. Efectos de la luz reflejada entre dos espejos planos paralelos.—6. Demostrar la reflexion de la luz sobre dos espejos planos inclinados.—7. A qué leyes está sometida la reflexion de la luz sobre una superficie curva?—8. Explicacion de un espejo cóncavo?—9. A que se llama foco principal en los espejos cóncavos.—10. A qué se llaman focos reciprocos?—11. Foco virtual de los espejos cóncavos?—12. A qué se llaman focos en los espejos convexos?—13. Cómo se forman las imágenes en los espejos cóncavos?—14. Cómo se forman las imágenes en los espejos convexos?—15. Qué es reflexion irregular?—16. Qué causas influyen en la reflexion.

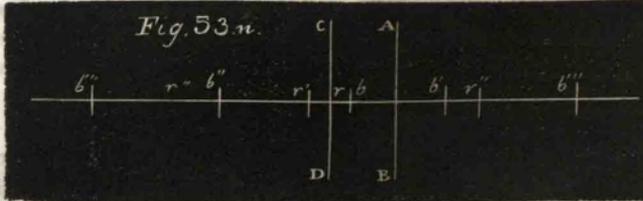
1. Cuando un rayo de luz cae sobre la superficie pulimentada de un espejo, es *reflejado*, á lo menos en parte, en una direccion determinada. La parte de la óptica que se ocupa de la reflexion de la luz se llama *catóptrica*.

2. Si consideramos la reflexion de la luz sobre una superficie plana AB, y desde el punto de incidencia levantamos una perpendicular ó *normal* YN, el ángulo SYN, formado por el rayo incidente con la normal, se llama *ángulo de incidencia*; y el ángulo RYN, formado por la normal con el rayo *reflejado*, se llama *ángulo de reflexion* (fig. 50 t).

3. **Leyes de reflexion.** 1.^a El rayo incidente y el rayo reflejado estan en un mismo plano perpendicular á la superficie reflejante.

2.^a El ángulo de reflexion es igual al ángulo de incidencia.

Demostracion. En efecto, supongamos que el objeto L tenga una cara blanca y otra roja.

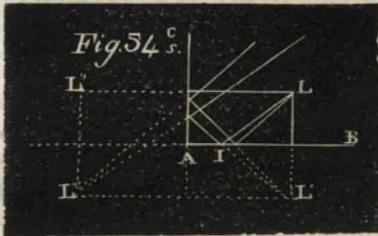


La cara blanca (fig. 53 n) formará detrás del espejo AB una primera imagen b' ; esta formará detrás del espejo CD

una segunda imagen blanca b'' simétrica de aquella: la imagen b'' producirá una tercera imagen b''' situada simétricamente detrás del espejo AB, y así de las demas. Por la misma razon los rayos emanados de la faz roja r , y sucesivamente reflejados por los dos espejos, formarán una infinidad de imágenes rojas r', r'', r''', \dots simétricas entre sí.

6. *La reflexión de un objeto luminoso sobre dos espejos inclinados forma varias imágenes, cuyo número y posiciones pueden determinarse conocido el ángulo de los espejos.*

Demostracion. Supongamos que dos espejos AB y AC formen entre sí un ángulo recto (fig. 54 s).

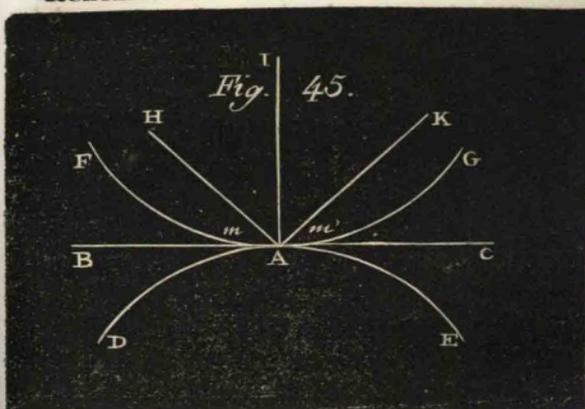


El punto luminoso L colocado en este ángulo formará detrás del espejo AB una primer imagen L' , detrás del espejo AC una segunda imagen L'' ; finalmente, los rayos, tales como LI, que reflejados por el plano AB, estan en el mismo caso que si emanaran del punto L' , irán á formar detrás del espejo AC una nueva imagen L''' . Del mismo modo los rayos que reflejados por el plano AC estan en el mismo caso que si partiesen del punto L'' , formarán al caer sobre AB una imagen simétrica, que coincidirá forzosamente con L''' .

Aplicacion. M. Brewster ha fundado sobre este principio el instrumento llamado *kalesdóscopo*, que ha prestado importantes servicios al dibujo.

3. *Leyes de reflexión.* 1.º El rayo incidente y el rayo reflejado estan en un mismo plano perpendicular á la superficie reflectante.
2.º El ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia.

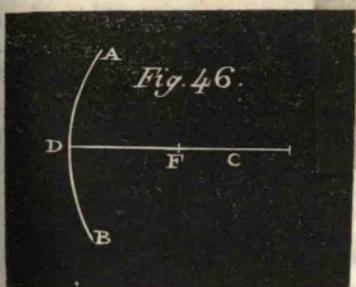
Reflexion sobre una superficie curva.



La reflexion de la luz sobre una superficie curva está sometida á las mismas leyes que la reflexion sobre un plano, porque en el punto A, donde el rayo luminoso viene á herir la superficie curva FAG ó DAE, se puede siempre concebir un plano BC tangente á dichas superficies, que se confunde con ellas en la estension de un pequeño elemento

mm' . La reflexion sobre las curvas en el punto A se efectuará del mismo modo que sobre el elemento plano que le es comun con el plano tangente BC (fig. 43). La teoría de los espejos curvos se deduce de este principio.

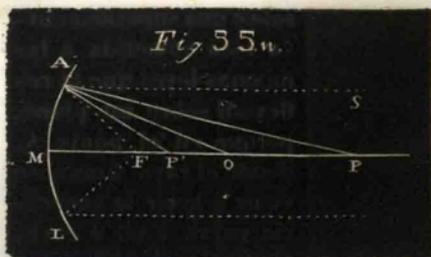
Espejos esféricos. Los espejos esféricos son de dos clases: cuando el segmento esférico de vidrio ó metal está pulimentado interiormente, se llama *espejo esférico-cóncavo*; cuando el pulimento es exterior, espejo esférico-convexo.



8. La figura 46 representa el perfil de un espejo cóncavo. C es el centro de la esfera cuyo segmento constituye el espejo. D, centro del segmento, se llama *centro óptico*. CD es el radio del espejo, y DA ó DB constituyen sus *aberturas*. Una línea recta tirada indefinidamente por C y D forma el *eje principal*.

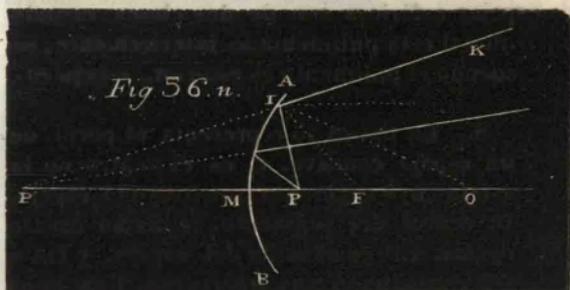
9. **Foco principal en los espejos cóncavos.** Si se dirige el eje de un espejo cóncavo hácia el sol, todos los rayos que vienen á herir su superficie se reunen por la reflexion en un corto espacio E, que se halla justamente en medio entre C y D, cuyo punto se llama *foco principal* del espejo, porque no solo se produce en este punto una luz muy viva, sino que se desarrolla tambien en él un gran calor.

10. Focos recíprocos de los espejos cóncavos. Si suponemos que



los rayos luminosos no son *paralelos al eje* como los solares, sino que emanan de su punto P (fig. 55 n) colocado sobre el eje principal á una distancia limitada del espejo, es fácil deducir por las leyes de la reflexion que el foco que se forme se hallará en P' entre el *foco principal F* y el centro O del espejo. — A medida que el punto luminoso se aproxime al centro, el foco se aproximará tambien, puesto que estos dos puntos marcharán en sentido contrario. — Cuando el punto P se confunda con el centro O, todos los rayos que envia siendo perpendiculares á la superficie del espejo volverán sobre sí mismos, y el foco coincidirá con el centro O. — Así el punto luminoso P, continuando en aproximarse al espejo pasa entre el centro O y el foco principal F, es evidente que habiendo ocupado el lugar del foco P', este á su vez habrá ocupado el lugar del punto luminoso P. — Estos dos puntos P y P' se llaman pues *focos recíprocos*.

11. **Foco virtual de los espejos cóncavos.** Si suponemos que el punto luminoso P llega á colocarse entre el foco principal F (fig. 56 n) y el espejo, los rayos reflejados no cortaran ya el eje; pero si se prolongan imaginariamente por detrás del espejo, hallaremos que deben concurrir en el punto P', que será el *foco virtual*.

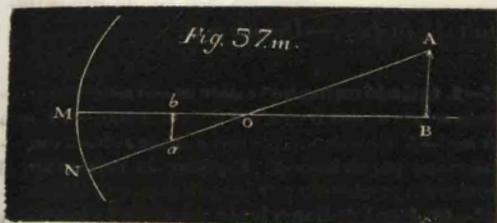


12. **Espejos convexos-focos.** Dedúcese fácilmente de lo dicho :
 1.º Que los focos de los espejos convexos son siempre *virtuales*.
 2.º Que el foco principal ó sea de rayos paralelos está tambien situado en medio del radio del espejo.
 3.º Que el foco reciproco está siempre colocado entre el foco principal y el espejo.

13. Formacion de las imágenes en los espejos cóncavos. Dedúcese de las consideraciones anteriores:

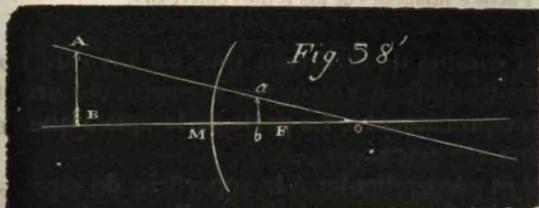
1.º Que un objeto luminoso colocado sobre el eje principal de un espejo cóncavo á una distancia tal que sus rayos puedan considerarse como paralelos, forma una imágen inversa con el foco principal del espejo.

2.º Un cuerpo iluminado AB (fig. 57 m) situado delante de un espejo cóncavo, el punto B, colocado sobre el eje principal, forma su foco en *b*, y el punto A su foco recíproco en *a*. Por consiguiente, la imagen *ab* será *inversa* y mas pequeña que el objeto.



3.º Si *ab* (fig. 57 m) es el objeto iluminado, AB será su imagen real inversa, y mayor que el objeto. En este caso, colocándose á la direccion de los rayos reflejados, podemos ver una imagen cerca del objeto.

4.º Finalmente, si el objeto está situado en *ab* (fig. 58') entre el foco principal y el espejo, el punto *b* forma un foco virtual en B, y el punto *a* su foco virtual en A. La imagen será, pues, virtual, recta y mayor que el objeto.



Observacion. Por esta razon, si uno se coloca delante de un espejo cóncavo, ve su propia imagen recta y abultada; alejándose, la imagen crece y se hace confusa; al llegar al foco principal desaparece, y al pasar el centro se la ve de nuevo, pero mas pequeña é inversa.

14. **Formacion de las imágenes en los espejos convexos.** Las imágenes en los espejos convexos son siempre virtuales, rectas y mas pequeñas que los objetos. Esto se ve en la fig. 58, en la cual supondremos que el espejo está pulimentado al exterior. AB será el objeto iluminado y *ab* su imagen.

15. **Reflexion irregular.** Cuando un haz luminoso cae sobre una superficie, hay siempre una porcion de luz diseminada en todos sentidos al rededor de los puntos de incidencia, cuya porcion de luz es causa de que veamos la superficie reflejante. Esto es lo que constituye la *reflexion irregular*.

16. **Causas que influyen en la reflexion.** La cantidad de luz que un cuerpo refleja, regularmente depende: 1.º De la naturaleza de su sustancia; 2.º de su grado de pulimento; 3.º del medio en que se halla el cuerpo; 4.º de la inclinacion en que los rayos luminosos hallan la superficie reflejante.

§. III. *Refraccion de la luz.—Dióptrica.*

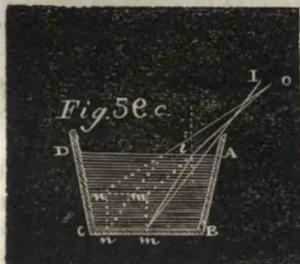
1. Qué es refraccion? Qué es dióptrica?—2. Cuándo un medio se dice mas ó menos refringente?—3. En qué casos el rayo refractado se aproxima ó se aleja de la normal?—4. Como se comprueba el fenómeno de la refraccion?—5. Cuáles son las leyes de la refraccion?—6. Explicar la refraccion al través de los rayos paralelos.—7. Explicar la refraccion al través de un prisma.—8. Explicar la desviacion producida por los prismas.—9. Qué consecuencias se deducen de la desviacion?—10. A qué se llama lente y cuántas clases hay de lentes?—11. Demostrar que la primera clase de lentes son convergentes?—12. Demostrar que la segunda clase de lentes son divergentes?—13. Cuáles son los focos de los lentes convexos?—14. Qué es centro óptico?—15. Cómo se forman las imágenes en los lentes convexos?—16. Focos é imágenes de los lentes convexos?

1. Llámase *refraccion* el cambio de direccion que un rayo de luz experimenta al pasar de un medio diáfano á otro, por ejemplo, del aire al agua, del aire al cristal, ó recíprocamente. La parte de la óptica que se ocupa de la refraccion se llama *dióptrica*.

2. Cuando el rayo de luz es perpendicular á la superficie de separacion de los dos medios, continúa siempre su camino en línea recta; pero cuando es oblicuo se quiebra, y ya se aproxima, ya se aleja del punto de inmersión. En el primer caso, el segundo medio se dice *mas refringente* que el primero; en el segundo *menos refringente*.

3. Se dice generalmente que el rayo *refractado* se aproxima á la normal cuando pasa de un medio *menos denso* á otro *mas denso* y recíprocamente. Sin embargo, este enunciado no es siempre exacto, como lo prueba el aire atmosférico y el oxígeno.

4. **Comprobacion del fenómeno de la refraccion.** Poniendo una



pieza de plata, un duro por ejemplo, *mm* en el fondo de un vaso ABCD (fig. 59 c), y colocándose uno de manera que sus bordes impidan ver la pieza, basta llenar el vaso de agua para hacerle visible, pareciendo ademas haberse elevado. El ojo colocado en *o* la verá en la posición *m'n'*. Luego es absolutamente necesario que el rayo *mi* que hace visible el punto *m* en la direccion de la prolongacion de la línea *oi*, se haya quebrado en el punto de emergencia, de manera que el rayo *emergente oi* haga con la normal *i* un ángulo mayor que el rayo de incidencia *im*.—Este hecho explica por qué un palo sumergido en agua parece roto en el punto de inmersión.

5. **Leyes de refraccion** (1). 1.^a El rayo incidente y el rayo refrac-

(1) Pueden comprobarse estas leyes por medio del aparato de Descartes.

tado estan siempre en un mismo plano perpendicular á la superficie de separacion de los dos medios.

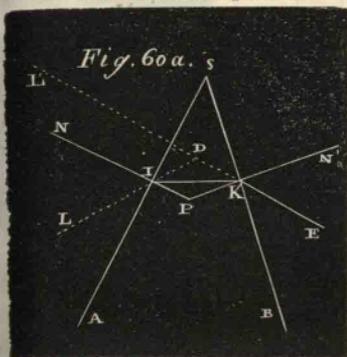
2.^a Cuando la incidencia varía, permaneciendo los mismos medios, la relacion del seno de incidencia al seno de refraccion permanece constante. — Este rayo se llama *indice de refraccion*.

3.^a En fin, cuando la luz *retrocede*, sigue las mismas direcciones en orden inverso.

6. **Refraccion al través de un medio terminado por dos planos paralelos.** Cuando un rayo luminoso atraviesa un medio refringente terminado por dos planos paralelos, el rayo *emergente* es siempre paralelo al rayo *incidente*.

7. **Refraccion al través de un prisma.** Cuando se miran al través de un prisma los objetos que les rodean iluminados por una luz difusa, se observa siempre: 1.^o Una desviacion mas ó menos pronunciada; 2.^o una viva coloracion en sus aristas.

8. **Desviacion producida por los prismas.** Sea ASB (fig. 60 a)



una seccion principal de un prisma de cristal; LI un rayo incidente contenido en el plano de esta seccion. — El rayo refractado estará tambien contenido en él. — Para determinar su marcha levantemos en el punto I la normal IN á la cara SA. — El rayo refractado, debiendo aproximarse á la normal al pasar del aire al cristal, seguiria una direccion tal como IK dependiente de la incidencia del rayo y del indice de refraccion del cristal. — En el punto K de incidencia sobre la superficie SB levantemos la normal KN, el rayo emergente al pasar del cristal al aire se apartara de la normal y tomará, por ejemplo, la direccion KE. — Si prolongamos el rayo emergente se encontrará en D el rayo incidente prolongado tambien, y el ángulo LDL formado por estas dos líneas constituirá la *desviacion*.

cristal al aire se apartara de la normal y tomará, por ejemplo, la direccion KE. — Si prolongamos el rayo emergente se encontrará en D el rayo incidente prolongado tambien, y el ángulo LDL formado por estas dos líneas constituirá la *desviacion*.

9. **Consecuencias.** 1.^a Cuando un rayo luminoso cae sobre un prisma, se *quiebra* y emerge aproximándose siempre á la base del prisma; ó bien, cuando se mira un objeto cualquiera por medio de un prisma, se le ve siempre desviado en una cierta cantidad hácia el vértice del prisma. 2.^a Si la arista es horizontal y el vértice alto, los objetos vistos por refraccion son levantados por el prisma. 3.^o Si la arista es horizontal y el vértice bajo, los objetos estarán bajos. 4.^o Finalmente, si la arista es vertical, los objetos observados por medio del prisma permanecerán desviados á la izquierda, y desviados á la derecha si la arista es recta.

10. **Refraccion en un medio terminado por superficies cur-**

bas.—Lentes.—Llámanse *lente* en óptica la porción de un cuerpo refringente terminado por dos superficies esféricas combinadas con una superficie plana.—Se les divide en dos clases, que comprende cada una tres combinaciones diferentes.



Fig 49.

1.ª Clase.—Lentes convergentes con bordes adelgados y mas gruesos en medio. 1.º Lente *bi-convexo* (fig. 49), terminado por dos porciones de esfera que se cortan, y cuyos centros estan en una misma línea recta, llamada *eje principal*.



Fig 50.

2.º Lente *plano-convexo*, terminado por un plano y una superficie esférica (fig. 50).



Fig 54.

3.º *Menisco convergente*, especie de creciente formada por dos superficies esféricas, cuyo interior tiene una curva menor que el exterior (fig. 54).



Fig 52.

2.ª Clase.—Lentes divergentes, bordes anchos y mas gruesos que el centro. 1.º Lente *bi-cóncavo*, formado de dos superficies esféricas opuestas por su convexidad (fig. 52).

2. Lente *plano-concavo*, un plano y una superficie esférica (fig. 33).



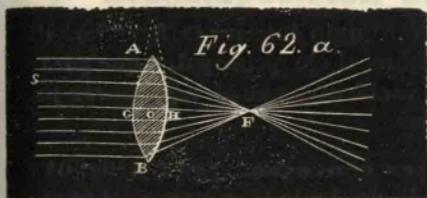
Fig. 33.

3.º *Menisco divergente*, dos esferas, cuyo interior tiene una curva mayor que el exterior (fig. 34).



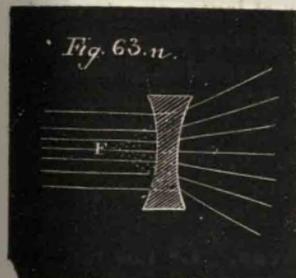
Fig. 51.

11. La primera clase de lentes son *convergentes* (fig. 62 a).



Demostracion. Consideremos un *hacecillo* de rayos luminosos que caen sobre un lente *bi-convexo* paralelamente á su eje principal. El rayo que caiga sobre el lente en la direccion de su mismo eje, penetrará y emergerá en línea recta. Otro rayo, por ejemplo S1, penetrará y emergerá como en un prisma. Lo mismo sucederá con los demas rayos, que todos despues de su refraccion irán á concentrarse hácia un mismo punto del eje principal. Serán, pues, convergentes.

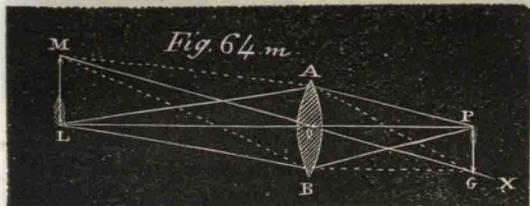
12. La segunda clase de lentes son *divergentes* (fig. 63).



Demostracion. Considerando un lente *bi-concavo*, y un *hacecillo* luminoso cayendo sobre una de sus caras, podremos reemplazar la super-

ficie curva del lente por una infinidad de elementos planos tangentes á esta superficie, que constituirán verdaderos prismas, cuyas aristas estarán vueltas hácia el centro del lente, y por consiguiente los rayos despues de la refraccion se alejarán del eje principal, y el hacecillo refractado será divergente.

13. **Focos en los lentes convexos.**—**Foco principal.** Si sobre un lente *bi-convexo* AB (fig. 62 a) hacemos caer un hacecillo de rayos paralelos á su eje principal, los rayos refractados irán al salir del lente á cortar este eje en el punto F, que se denomina *foco principal*.

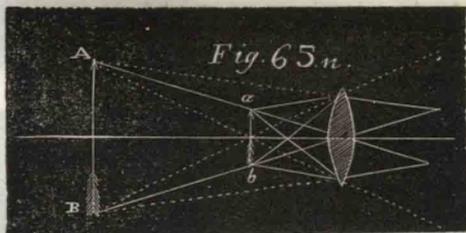


será el *foco reciproco* de L.

Focos reciprocos. Si suponemos que los rayos que caen sobre el lente parten del punto L (fig. 64 m) situado sobre su eje, dichos rayos despues de su emergencia cortarán al eje en su punto P, que

14. **Centro óptico.** Llámase así un punto interior O (fig. 62 a) que se halla en cualquier lente colocado sobre el eje principal, y que goza de la propiedad que *todo rayo luminoso incidente, que al refractarse pasa por él, emerge paralelamente á sí mismo*.

15. **De las imágenes en los lentes convexos.** Sea LM (fig. 64 m) un objeto iluminado colocado delante de un lente bi-convexo, el punto L formará su imagen en P; el punto M hará su foco en G sobre el eje óptico MG. Si este objeto está muy lejano, su imagen será mas pequeña que el situado próximamente sobre el *foco principal*. Si el objeto LM se aproxima mas y mas al lente, su imagen, siempre real é inversa, se alejará agrandándose.



Finalmente, supongamos el objeto *ab* (fig. 65 n) entre el foco principal y el lente: en este caso los rayos refractados emergen en direcciones divergentes, y cada punto del cuerpo iluminado da origen á un foco virtual colocado detrás de sí sobre el eje óptico que le corres-

ponde, y la imagen producida detrás del lente será recta y muy ampliada.

16. **Focos é imágenes en los lentes cóncavos.** 1.º Los rayos incidentes, siendo paralelos al eje principal, el hacecillo emergente está compuesto de rayos divergentes, pero que prolongados detrás del lente se

encuentran en un punto F (fig. 63 n), que es su *foco principal virtual*.
2.º Todos los demas focos serán siempre virtuales. 3.º Las imágenes serán también virtuales, rectas y menores que los objetos.

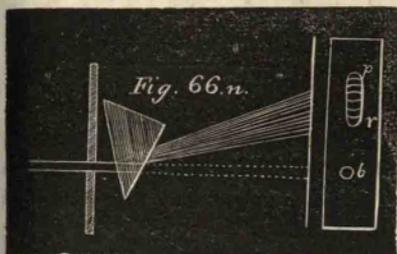
§. IV. *Dispersion de la luz.*

1. Qué se entiende por dispersion de la luz?—2. Demostrar el primer principio de la descomposicion de la luz.—3. Demostrar el segundo principio.—4. Cómo se explica la forma y la generacion del espectro solar?—5. Demostrar el tercer principio de la descomposicion de la luz.—6. Cómo se recompone la luz blanca?—7. Qué particularidades presentan los objetos vistos al través de los prismas?—8. A qué se llama acromatismo?—9. Cuáles son los rayos del espectro?—10. Cómo se distribuye el calor en el espectro?—11. Cuáles son las propiedades químicas del espectro solar?—12. Qué consecuencia se deduce de lo espuesto?

1. La descomposicion que los prismas y los lentes hacen sufrir á la luz blanca del sol , ó á la luz difusa que los cuerpos iluminados radian en todos sentidos , se denomina *dispersion de la luz*.

2. **Descomposicion de la luz blanca. — Primer principio.—Espectro solar.** *La luz blanca del sol no es una luz simple y homogénea , sino una luz compuesta de una infinidad de rayos diversamente coloreados , entre los cuales se distinguen siete colores principales.*

Demostracion. Al postigo de la cámara oscura se adapta un *portalu*z (1) , y se hace penetrar en lo interior de la cámara por un orificio de 4 ó 5 milímetros de diámetro un pequeño hacedillo de rayos solares , que recibidos sobre una pantalla, pintan en ella una *imagen blanca y redonda del sol*. Pero si delante y á corta distancia del orificio se coloca un prisma de cristal (fig. 66 n) , el hacedillo incidente se refracta y proyecta



sobre la pantalla una *imagen prolongada* en sentido vertical y muy coloreada , á que se ha llamado

Espectro solar. El espectro termina siempre lateralmente en dos rectas paralelas y en sus dos estremidades por dos semi-circunferencias.

Siete colores del espectro. Cuando el espectro está bien desarrollado , se distinguen fácilmente siete matices principales , que se suceden en el orden siguiente , yendo de arriba abajo : *violetado , indigo , azul , verde , amarillo , anaranjado , rojo*.

(1) Espejo plano , móvil en todos sentidos , destinado á reflejar los rayos solares en cualquier direccion.

Observacion. Estos colores se confunden unos con otros por degradaciones insensibles; por manera que si la vista no distingue en el *espectro solar* mas que siete matices bien distintos, es sin embargo evidente que debe haber una infinidad.

3. Segundo principio. *Los rayos diversamente coloreados del espectro solar son diversamente refrangibles y esta diferencia de refrangibilidad es en sí misma la causa de la descomposicion de la luz blanca.*

Demostracion. Este principio puede deducirse fácilmente de la misma forma que presenta el espectro. Efectivamente, en el *hacecillo* incidente los rayos *rojos, violados.....* que componen el *hacecillo* de luz blanca, son paralelos y caen sobre el prisma con la misma incidencia. Al salir del prisma se separan y los rayos violados van á proyectarse en la parte superior del espectro, y los rayos rojos á la parte mas baja. Esta desigualdad en los ángulos de emergencia prueba evidentemente que los rayos violados tienen una refrangibilidad mayor que los rayos rojos.

Los rayos verdes, que ocupan la parte media del espectro, tienen forzosamente un grado de refrangibilidad intermedio. Si todos los rayos fuesen igualmente refrangibles, serian paralelos despues de su emergencia como antes, el *hacecillo* permaneceria blanco, al salir del prisma, y la luz no se descompondria. Esperiencias directas prueban esta misma verdad.

4. Consecuencia.—Explicacion de la forma y de la generacion del espectro. Una vez admitidos los dos principios precedentes, es sumamente fácil explicar la forma y generacion del espectro. En efecto, supongamos que hayamos aislado un solo rayo de luz blanca, y que le recibimos sobre un prisma horizontal. Los rayos elementales de los colores gradualmente cambiantes que le componen, y que son desigualmente refrangibles, irán despues de su emergencia á dibujar sobre una pantalla su imágen circular correspondiente, cuyo centro estará tanto mas elevado cuanto mas refrangible sea el rayo considerado. Pero variando la refrangibilidad de una manera insensible, todos los círculos coloreados tomarán unos de otros, se recubrirán en parte, y resultará una fusion de colores sin línea de demarcacion distinta. La forma cilíndrica del espectro es pues necesaria en esta generacion, forma que afecta el espectro en definitiva.

3. Tercer principio. *Los colores elementales que componen el espectro solar son colores simples ó inalterables.*

Demostracion. Sometiendo aisladamente los rayos de cada color á todas las acciones posibles, la luz permanece siempre la misma. Por ejemplo: un *hacecillo* de rayos rojos, aunque atraviese otros prismas, siempre se presenta con matices rojos. La refraccion tampoco les altera. En efecto, háganse caer los rayos rojos sobre un cuerpo cualquiera, verde, azul, amarillo. Este cuerpo, iluminado entonces por los rayos rojos, aparecerá rojos, perdiendo enteramente el color primitivo.

Observacion.—Verdadera causa de la coloracion de los objetos. Para concebir esta última esperiencia es necesario suponer que la luz es la verdadera causa de la coloracion de los objetos, puesto que los cuerpos que no són luminosos no tienen color propio, y no hacen mas que reflejarnos, descomponiéndole una parte de la luz blanca que les ilumina. Si los diferentes cuerpos nos parecen cada uno de un color determinado, es únicamente porque nos envian mas abundantemente los rayos, ya simples, ya compuestos, cuya reunion produce en el órgano de la vista la sensacion de esta especie de color. Por consiguiente, cuando se les espone á una luz simple, no teniendo que reflejar mas que una sola especie de rayos, es forzoso que aparezca de su mismo color, que será el propio de los rayos que los iluminen.

6. Recomposicion de la luz blanca. Puede recomponerse la luz blanca volviendo al paralelismo todos los rayos que forman el espectro solar, ó haciéndoles concurrir en un mismo punto.

Demostracion. 1.^a parte. Volver el paralelismo á los rayos del espectro. Recibiendo el hacesillo luminoso refractado sobre otro prisma de igual sustancia y ángulo refringente que el primero, pero vuelto en sentido inverso, obtendrá mas el paralelismo de los rayos y el hacesillo luminoso coloreado entre los dos prismas es de una blancura perfecta al salir del segundo.

2.^a parte. Hacer concurrir en un mismo punto los rayos coloreados. Haciendo caer sobre un grande espejo cóncavo un espectro solar, se reconocerá por medio de una pantalla que todos los rayos concentrados en el foco del espejo forman en él una imágen perfectamente blanca del sol.

7. Objetos vistos por medio de los prismas. Analizando las diferentes luces artificiales por medio de prismas se reproduce siempre un espectro como el color, con la sola diferencia que los matices del espectro aparecen generalmente teñidos con el color de la llama que se mira.

Los colores naturales de los cuerpos estan sometidos al mismo análisis. Son generalmente compuestos. Si el color es blanco, se reproducirá el espectro con todos sus matices. Si el objeto es negro, no hay coloracion, puesto que el negro no es mas que la absorcion de todos los colores. Finalmente, mirando al través de un prisma un objeto amarillo, azul, rojo..... si estos colores son simples como los del espectro, el prisma no los descompone; pero si estos colores provienen de mezclas, el prisma separará los colores elementales que las constituyen. Por este medio se ha observado que todos los cuerpos de la naturaleza tienen un color compuesto.

8. Acromatismo. Llámase así el procedimiento por el cual se dispone un prisma ó un lente de manera que desviando los rayos luminosos no les descomponga.

9. Rayos del espectro. Mirando con un microscopio un espectro so-

lar bien puro, se distinguen una multitud de pequeñas rayas negras. Fraunhofer, su descubridor, las denominó *rayas del espectro*. — La luz eléctrica produce rayas brillantes en lugar de rayos oscuros.

10. **Distribucion del calor en el espectro.** M. Seebeck ha observado: 1.º que el calor en los rayos del espectro solar comienza á presentarse en los rayos violados; 2.º que el calor aumenta gradualmente hasta cierta banda colocada hácia los rayos rojos; 3.º que á partir desde este punto, el calor disminuye progresivamente y se estingue totalmente á cierta distancia.

11. **Propiedades químicas del espectro solar.** La influencia de los rayos del espectro solar en las acciones químicas reside principalmente en los rayos violados y en los próximos á ellos.

12. **Consecuencia.** Dedúcese de lo que precede que en un mismo haz de luz se hallan *rayos luminosos, rayos caloríficos y rayos químicos*.

§. V. De la vision.

1. De qué partes se compone el órgano de la vista en el hombre?—2. Cuáles son las partes accesorias?—3. Cuáles son las necesarias para la vision?—4. Cuál es la marcha de la luz en el ojo?—5. Qué esperiencia demuestra esta marcha?—6. Qué dos consecuencias se deducen de esta esperiencia.—7. A qué se llama distancia de la vista distinta?—8. A qué se llama miopia y presbiticia?—9. A qué se llaman anteojos y lentes, y cómo se sirven de ellos los miopes y los presbites?—10. Explicar por qué hallándose las imágenes inversas en la retina no vemos nosotros del mismo modo los objetos.—11. Explicar la unidad de impresion en los dos ojos.—12. Que es ángulo óptico y cómo se aprecian las distancias.—13. Qué es ángulo visual y cómo se aprecian los tamaños?

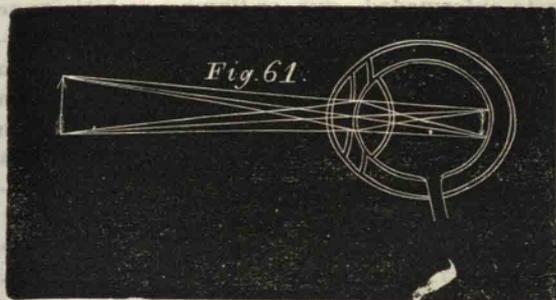
1. **Estructura del ojo (1).** El órgano de la vista en el hombre se compone de dos partes: las unas accesorias, las otras necesarias á la vision.

2. Las primeras son la *órbita*, los *músculos*, la *conjuntiva*, los *párpados* y el *aparato lacrimal*.

3. Las segundas son la *esclerótica*, que forma lo blanco del ojo; la *córnea trasparente*, membrana diáfana y en forma de segmento esférico; el *iris*, tabique vertical colocado detrás, y con un orificio en su centro, dicho *pupila*; el *crystalino*, pequeño lente trasparente de forma circular, y el *nervio óptico*, que viene del cerebro, y cuyas ramificaciones delicadas forman en la parte posterior del globo del ojo la *retina*, donde se pintan las imágenes de los objetos. Detrás de esta hay una membrana negra dicha *coroidea*.—El cristalino divide el globo del ojo en dos cámaras, la una *anterior*, que está llena de un humor acuoso, y la otra posterior, por otro humor llamado *vítreo*.

(1) Véase la descripción mas lata en este órgano de los elementos de historia natural.

4. **Marcha de los rayos luminosos en el ojo** (figura



61). Consideremos un punto luminoso colocado á cierta distancia delante del ojo y sobre su eje. El hacesillo de luz que emite sobre el globo ocular podrá dividirse en tres partes: los rayos exteriores caen sobre lo blanco del ojo, y son irregularmente reflejados en todos

sentidos; una parte de los rayos interiores que atraviesan la córnea trasparente es detenida por el iris cuyo contorno ilumina; y finalmente, el hacesillo central, despues de experimentar un principio de convergencia al refractarse sobre el humor acuoso, entra por la pupila, cae sobre el cristalino, por quien es refractado como por un lente-bi-convexo, y viene despues de sufrir la última refraccion en el humor vítreo á concentrarse definitivamente sobre un mismo punto situado sobre la retina.—Otro punto luminoso colocado fuera del eje principal formará sobre el eje secundario que le corresponde un foco semejante y una imágen.—Lo mismo sucederá con todos los puntos de un objeto luminoso; por manera que en el fondo del ojo se pintará una imágen inversa, que presentará todos los colores y contornos del objeto iluminado.—Cuando el objeto está colocado á una distancia conveniente, su imágen se forma exactamente sobre la retina.

5. **Experiencia que demuestra la marcha de la luz en el ojo.**

Adelgazando la esclerótica de la parte posterior de un ojo de buey ó de conejo albino frescamente preparado, y colocando delante y á alguna distancia de la córnea trasparente la llama de una bujía, se ve, mirando por detrás, dibujarse sobre la retina una pequeña imágen inversa de la luz.

6. **Consecuencias.** 1.^a Es indudable que el ojo está acromatizado, puesto que nos presenta las imágenes perfectamente claras; pero no es fácil hallar la causa de este acromatismo.—2.^a Puesto que en la vista la claridad de las imágenes es independiente de las distancias, es necesario que el todo de nuestro órgano esté conformado de manera á trasformarse, segun lo exige la necesidad, en un lente mas ó menos convergente, cuyo foco se forma siempre sobre la retina.

7. **Distancia de la vista distinta.** Llámase así aquella por la cual la vision se efectúa con menos esfuerzo y mas claridad.—En las personas que estan dotadas de una buena vista, esta distancia es próximamente de diez pulgadas.

8. **Miopia y presbiticia.** Sin embargo, hay personas que tienen la

vista *muy larga* y se dicen *presbites*. Estos no leen una página sino á dos ó tres pies de distancia.—En esta enfermedad, que se llama *presbiticia*, se cree depende este defecto del achatamiento de la córnea y del cristalino, porque los rayos emanados cerca del ojo no convergen lo suficiente y forman su foco fuera de la retina.—Hay otros que, por el contrario, tienen una vista muy corta, y se dicen *miopes*, y á esta enfermedad *miopia*: solo distinguen los objetos á cinco ó seis pulgadas á lo mas. Atribúyese este defecto á una grande convexidad en la córnea y el cristalino, por lo cual los rayos convergen demasiado, y forman su foco delante de la retina.

9. **Anteojos y lentes.** Instrumentos de que se sirven los presbites y los miopes para tener una vista distinta. Los primeros emplean vidrios convexos, los segundos vidrios cóncavos.

10. **Explicacion de algunas particularidades de la vision.**—**Imágenes inversas sobre la retina.** Aunque sobre la retina las imágenes aparecen inversas, nosotros juzgamos los objetos rectos; y nada hay de sorprendente en este hecho. En efecto, basta notar que nuestro cuerpo tiene su imagen inversa en la retina, y como los demas objetos sufren este mismo efecto, es evidente que nosotros debemos verlas en su verdadera posicion relativa. Entonces la conciencia que tenemos de nuestra propia posicion por el sentido del tacto determina la sensacion que nos hace ver los objetos rectos.

11. **Unidad de impresion en los dos ojos.** Aunque al ver un objeto se forma su imagen á un mismo tiempo en ambas retinas, nosotros no vemos mas que un solo objetó, lo que pende del hábito adquirido por el sentido del tacto.

12. **Angulo óptico.**—**Apreciacion de las distancias.** Llámase *ángulo óptico* el formado por los ejes ópticos de los dos ojos, cuando se dirigen hácia un mismo punto. A la manera que el punto considerado se aleja ó se acerca, ó que nosotros nos alejamos ó acercamos á él, el ángulo óptico disminuye ó aumenta. El sentimiento que tenemos de los movimientos impresos á nuestros ojos para fijar sus ejes ópticos sobre un punto mas ó menos lejano, es uno de los elementos esenciales que nos sirven para jugar las distancias de los objetos. Cuando los objetos estan lejanos, los ángulos ópticos correspondientes se hacen cada vez mas pequeños y escapan á la comparacion. Nosotros apreciamos entonces la distancia de los objetos por la intensidad mas ó menos grande de la luz que nos envian, cuya base no es exacta por las variaciones que sufre el brillo de la luz en los cambios atmosféricos.

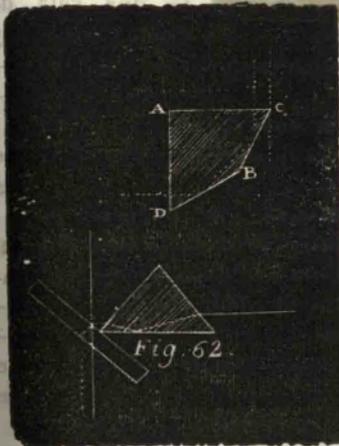
13. **Angulo visual.**—**Apreciacion de los tamaños.** Llámase *ángulo visual* el formado por las líneas rectas que saliendo de los extremos opuestos de un objeto vienen á cruzarse en el centro de la pupila. Los dos rayos correspondientes refractados por el cristalino forman al entrar en el humor vítreo un segundo ángulo opuesto al primero, cuya base es el ta-

maño de la imagen proyectada por la retina. El ángulo visual mide el tamaño aparente de los cuerpos. Cuando es muy pequeño, crece y decrece sensiblemente, lo mismo que el diámetro aparente en razón inversa de las distancias del objeto al ojo.

§. VI. Instrumentos de óptica.

1. Explicar la cámara clara.—2. Explicar la cámara oscura.—3. Dar una idea de los dibujos fotográficos del daguerreotipo.—4. Explicar la linterna mágica.—5. Qué es fantasmagoria?—6. Explicar el microscopio solar.—7. Qué aplicaciones se hacen de este instrumento?—8. Explicar el microscopio simple.—9. Explicar el compuesto.—10. Explicar el microscopio compuesto de Amici.—11. Qué son anteojos?—12. Explicar el antejo astronómico.—13. Explicar el antejo de Galileo.—14. Explicar el antejo terrestre.—15. Explicar el telescopio de Herschell.—16. Explicar el telescopio de Newton.—17. Explicar el de Gregory.—18. En qué se diferencia de este el de Casaigrain ?

Cámara clara. Este instrumento ha sido imaginado por Wollaston



para obtener un dibujo fiel de un paisaje. Su parte esencial es un prisma cuadrilateral (fig. 62). Una de las caras que forma el ángulo recto A es vertical, y está vuelta hacia los objetos. Los rayos luminosos que envía penetran por esta cara AD en el prisma, sufren una primera reflexión total sobre la cara inclinada DB, otra segunda sobre la cara BC, y vienen finalmente á salir casi verticalmente por la cara horizontal muy cerca del vértice C del ángulo agudo. Si un observador tiene el ojo colocado encima de este ángulo, en una posición tal que su pupila esté próximamente dividida en dos partes iguales, recibirá una parte del hacesillo emergente, que formará

una imagen de los objetos, y al mismo tiempo la punta del lapicero en la cual podría dibujar los contornos de la imagen sobre un cartón blanco colocado á la distancia de la vision distinta. Delante del prisma se coloca un lente bi-convexo á fin de que los rayos tomen el grado de divergencia necesario para que el dibujante vea exactamente la imagen y la punta del lapiz sobre un mismo punto.

M. Amici substituyó al prisma cuadrilateral una lámina de vidrio inclinada y de caras paralelas (fig. 62), y de un prisma triangular cuya hipotenusa está vuelta hacia abajo, y la otra cara es perpendicular á la lámina. Los rayos luminosos emitidos por los objetos caen sobre la cara que está vuelta hacia ellos, penetran en el prisma refractándose, sufren en la hipotenusa una reflexión total, salen del prisma, sufren una segunda reflexión

sobre la lámina, y llegan casi verticalmente al ojo, que ve proyectarse la imagen de los objetos sobre el carton dispuesto para dibujarlos.

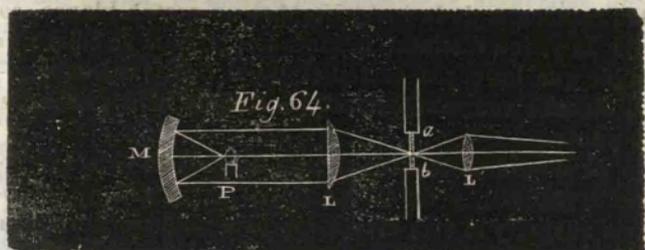
2. **Cámara oscura.** Es un aparato destinado á producir sobre un cuadro una imagen reducida de los objetos exteriores. Se reciben los rayos luminosos sobre un espejo plano, desde donde son reflejados sobre un lente convergente colocado en la pared superior y horizontal de una caja de

madera (fig. 63). Los rayos que penetran por este lente se refractan y concentran sobre el cuadro destinado á recibir las imágenes. Formas, contornos, tintas y medias tintas, colores, perspectiva aérea, todo se reproduce con admirable verdad.

Se ha sustituido con ventaja á la combinación del espejo y del lente convergente un *prisma menisco* que hace veces de ambos, como se ve en la fig. 63.

3. **Dibujos fotográficos.**—**Daguerreotipo.** M. Daguerre en 1839 halló el medio de *fixar* sobre el cuadro los dibujos producidos en él por la cámara oscura.—El aparato de M. Daguerre, llamado *daguerreotipo*, no reproduce los colores; pero sí deja impresos sobre el cuadro hasta los mas minuciosos detalles del objeto.—Este descubrimiento consiste principalmente en la preparacion de la lámina metálica que ha de recibir la impresion de los rayos luminosos (1).

4. **Linterna mágica.** Los efectos de la linterna mágica son bien conocidos, y se obtienen por



medio de una combinación muy sencilla de lentes convergentes.—La luz de una lámpara P es reflejada por un espejo cóncavo M (fig. 64), sobre un lente convexo

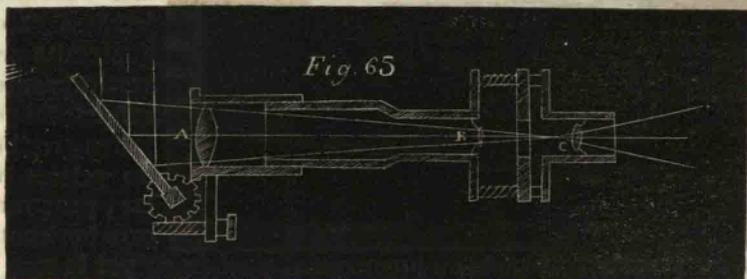
L, que concentra los rayos en un objeto *ab*, que consiste generalmente

(1) Diremos algo de esta preparacion en los elementos de química.

en un dibujo trazado sobre una lámina de cristal. Este objeto está colocado en otro lente convergente L' á una distancia mayor que su distancia focal principal. Este último lente forma sobre una pantalla convenientemente dispuesta una imágen real inversa y aumentada del objeto iluminado. No debe dejarse penetrar en la cámara donde se hace la esperiencia otra luz que la que ha de contribuir al fenómeno.

5. **Fantasmagoría.** La *fantasmagoría* no consiste mas que en una linterna mágica en la cual los objetos y el cuadro reciben movimientos simultáneos, combinados de manera que la pantalla esté siempre colocada exactamente en el foco donde ha de formarse la imágen. El objeto, lejano en un principio del lente, aproximándose por grados, su imágen aparece primero en un punto muy distante, luego se agranda, y parece precipitarse sobre los espectadores.

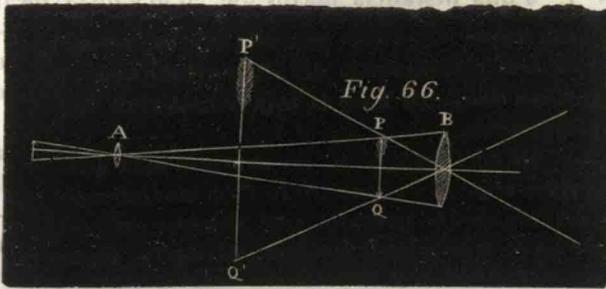
6. **Microscopio solar.** La teoría de este instrumento es la misma que la de la linterna mágica. Los rayos del sol reflejados por un espejo plano, colocado delante de la cámara oscura, caen sobre un lente convexo A, que les imprime un cierto grado de convergencia, son recibidos sobre otro lente B, que les concentra en su foco, en cuyo punto se coloca el pequeño objeto cuya imágen quiere verse y que tiene delante de sí otro lente convergente C, que se llama el *objetivo*, y que pinta sobre un cuadro lejano una imágen muy ampliada del objeto (fig. 65).



7. **Aplicaciones.** Por medio de este aparato pueden observarse las alas de los insectos, los animales infusorios, la cristalización de las sales, los glóbulos de la sangre y una infinidad de cuerpecillos cuyos detalles son del mayor interés.

8. **Microscopio simple.** Cuando se quieren observar objetos muy pequeños, como los estambres de las flores, los órganos de un insecto, etc. se hace uno generalmente de un lente convergente de un foco muy corto, a que se llama *microscopio simple*.

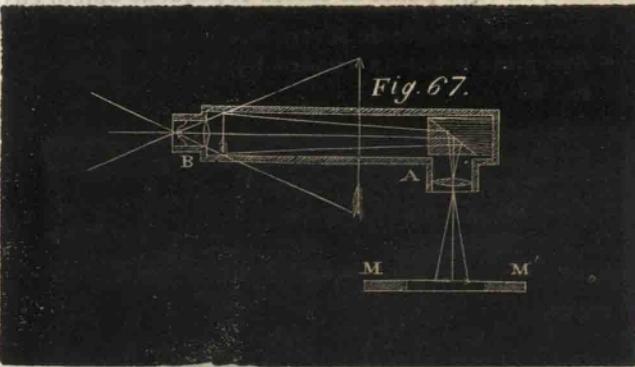
9. **Microscopio compuesto.** Este instrumento, cuyo objeto es hacer



visibles los mas minuciosos detalles de los objetos, consiste esencialmente en dos lentes convergentes. El uno A (figura 66), colocado delante del objeto á una distancia poco mayor que su distancia focal, se llama *objetivo*, y forma

una imágen real, inversa y abultada del objeto. La segunda B, llamada *ocular*, es un microscopio simple por el cual se ve la imágen ampliada PQ, que debe estar colocada á una distancia tal que la imágen definitiva P'Q' sea virtual, y alejada del ojo del observador una cantidad igual á la distancia de la vision distinta.

Microscopio compuesto de Amiel. Este aparato está representado

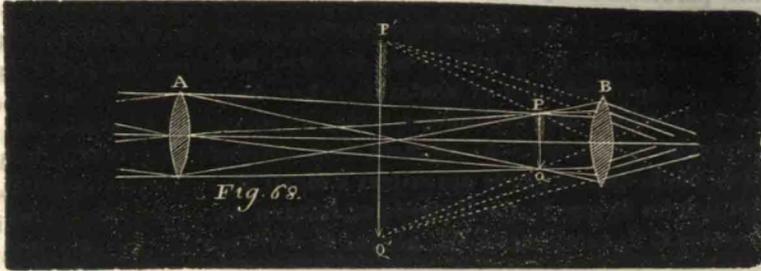


en la (fig. 67). El objeto que se quiere observar se coloca sobre MM' debajo del objetivo A. Los rayos que emite se elevan verticalmente, son refractados por el objetivo, recibidos por un prisma triangular, penetran por su cara horizontal, su-

tren una reflexion total sobre su hipotenusa, y emergen por la cara vertical para ir á formar delante del ocular B la imágen ampliada del cuerpo sometido á la esperiencia.

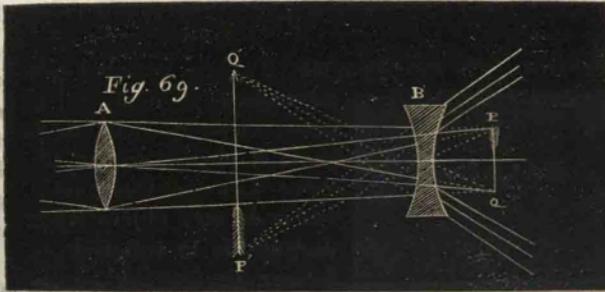
11. **Anteojos.** Los anteojos estan destinados á ver los objetos lejanos.

12. **Anteojo astronómico.** Este anteojo se compone de dos lentes convergentes, el *objetivo* y el *ocular* (fig. 68). El *objetivo* es un lente con-



vexo A, de foco muy largo, y que forma en su foco principal una imagen inversa de los astros. El *ocular* es un lente convergente B, por medio del cual se ve la imagen como en los microscopios.

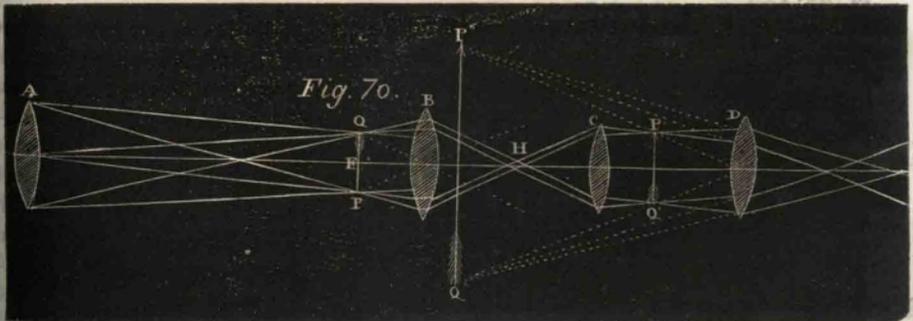
13. **Anteojo de Galileo.** En este anteojo el objetivo A es siempre un vidrio conver-



gente, y el ocular B uno divergente.—Si el ocular no opusiera un obstáculo, los rayos luminosos emitidos por un objeto lejano formarían la imagen inversa del objeto en PQ, foco

del objetivo. Pero el ocular se interpone, impide que los rayos concurren en PQ, y les imprime una divergencia tal que resulta una imagen virtual en P'Q' (fig. 69).

14. **Anteojo terrestre.** Este aparato se compone esencialmente de cuatro vidrios convergentes. El objetivo A (fig. 70) forma en PQ una imagen inversa

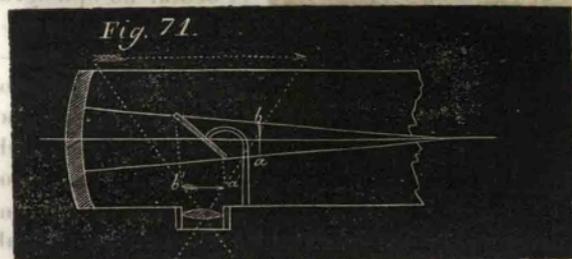


del objeto lejano. Los rayos que produce esta imagen, continuando su camino, caen sobre otro vidrio convergente B, cuyo foco coincide sensiblemente

con el lugar de la imagen.—Emergen entonces, formando hacesillos próximamente paralelos al eje óptico correspondiente al punto de la imagen de que emanan. De aquí el cruzamiento de los rayos delante del lente B.—Son entonces recibidos por el tercer lente C, cuyo foco principal está colocado en el punto de cruzamiento H, y que forma del otro lado una imagen P'Q' recta, que se ve ampliada por el ocular D.—Los dos vidrios intermedios, únicamente destinados á hacer la imagen recta, estan fijos en su mismo tubo y á una distancia invariable.—El objetivo está colocado al extremo de un tubo móvil de modo que se puede aproximar ó alejar de B, segun la distancia del objeto, á fin de que forme siempre su imagen en el foco F.—Finalmente, el ocular D es tambien móvil, porque la divergencia que imprime á los rayos luminosos de la segunda imagen P'Q' debe estar en armonía con la vista del observador.

15. Telescopio de Herschell. Este aparato consiste en un gran espejo cóncavo, cuyo eje se dirige á objetos muy lejanos, que forman su imagen inversa en el foco principal, y que se observa por medio de un lente de foco corto.

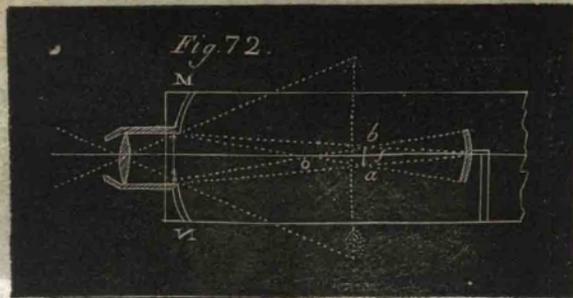
61. Telescopio de Newton. En este aparato el espejo cóncavo está



colocado en el fondo de un tubo, cuyo eje está vuelto hácia el objeto que se observa. Los rayos que, emanados de este objeto irian, despues de la reflexion, á formar su imagen en ab , son recibidos antes de su punto de concurso sobre un

pequeño espejo plano inclinado 45° al eje del reflector, que arroja lateralmente en $a'b'$ la imagen en ab delante de un lente destinado á ampliarla (fig. 71).

17. Telescopio de Gregory. El espejo cóncavo de este aparato tiene



en su centro un orificio circular á que se adopta un tubo que lleva el ocular.— Los rayos que por una primer reflexion sobre el espejo MN forman en su foco la imagen ab , son recibidos sobre otro espejito cóncavo, colocado de manera que la imagen in-

versa ab esté entre su foco principal f y su centro o .—Entonces sus rayos vienen despues de una segunda reflexion á formar delante de este espejito

otra nueva imagen recta y aumentada, que se percibe por medio del ocular (fig. 72).

18. **Telescopio de Casaigrain.** Al espejito cóncavo del telescopio que acabamos de mencionar sustituye Casaigrain otro convexo que recibe los rayos luminosos antes de su punto de concurso entre el gran reflector y su imagen *ab*.

SECCION V.—METEOROLOGIA.

§. I. Preliminares.

1. Qué es meteorología?—2. Cuáles son las causas de los fenómenos meteorológicos?

1. Llámase *meteorología* á uno de los ramos de la física, que se ocupa del estudio de los fenómenos que se producen ya á cada instante, ya á intervalos mas ó menos lejanos en el globo terrestre y en la atmósfera que le circuye.

2. Los fenómenos meteorológicos son relativos ya á las propiedades del aire atmosférico, ya al calor, magnetismo y electricidad.

§. II. Variaciones barométricas.—Vientos.

1. De cuántas especies son las variaciones barométricas?—2. Qué son variaciones accidentales y en qué partes del globo se experimentan? Hallar las alturas medias del día, mes y año.—3. Qué son variaciones regulares ó lunarias y en qué partes del globo se experimentan?—4. Qué influencia ejerce el estado del aire atmosférico sobre el barómetro?—5. En qué consiste el viento?—6. Cuáles son las causas principales de los vientos?—7. Dónde reinan los vientos irregulares?—8. Dónde reinan los vientos regulares?—Qué son vientos monzones y alios?—9. A qué se llama brisas de mar y tierra y cuál es la causa que las produce?—10. De cuántas maneras se propaga el viento?—11.Cuál es la velocidad de los vientos principales y cómo se ha medido?

1. En un mismo punto y á la misma latitud, la altura barométrica puesta á la temperatura normal de 0.º cambia continuamente ya con el estado de la atmósfera, ya con la hora del día. Estas variaciones son de dos especies: las unas *accidentales* y las otras *regulares*.

2. **Variaciones accidentales.** Llámense así las que experimenta el barómetro en nuestros climas..... Lo que conviene observar es la *altura media* para cada día, para cada mes, para cada año y para un largo período de años. En el observatorio de Paris, por ejemplo, se hacen cada día cuatro observaciones barométricas: la una á las nueve de la mañana, la segunda al medio día; las dos últimas á las tres y á las nueve de la tarde. La altura observada al medio día es, según las observaciones de M. Ramon, *la altura media del día*. La *altura media* del mes se obtiene sumando las alturas medias de los treinta días de que se compone, y tomando la 30 parte de

de la suma. Dividiendo por 12 la suma de las alturas medias del mes, tendremos la *altura media del año*. La altura media del barómetro varía con la posición de los lugares, su latitud y elevación sobre el nivel del mar. Además en un mismo país el barómetro se halla en una oscilación continua encima y debajo de la altura media del año. En estas variaciones accidentales se deprime á veces á poco tiempo muchos milímetros, y presenta otras ascensiones considerables. Estas variaciones barométricas disminuyen progresivamente de los polos al ecuador.

3. Variaciones regulares ú horarias. Llámense así las que experimenta el barómetro en toda la zona ecuatorial, donde cesan completamente las irregulares. Las *variaciones horarias* han sido observadas con mucha exactitud por M. de Humboldt. Según este observador, el barómetro llega á su mayor altura á las 9 de la mañana; pasada esta hora baja regularmente, llega á las doce á su altura media, y á su elevación mínima á las 4 de la tarde. Desde entonces sube hasta las 11 de la noche, en que llega á su segunda altura máxima, baja hasta las 4 de la mañana, su segunda altura mínima, y vuelve á comenzar su período ascendente.

4. Influencia del aire atmosférico sobre el barómetro. En el ecuador ninguna circunstancia atmosférica altera la perfecta uniformidad de las variaciones diurnas del barómetro; pero en nuestros climas parece fuera de toda duda que á la aproximación de un huracán el barómetro baja mucho y que experimenta durante él grandes oscilaciones. La dirección del viento parece influye también sobre el barómetro, subiendo con los vientos del sur y del sur-oeste, y bajando con los del norte y nordeste. Aunque siendo la densidad del vapor de agua $\frac{1}{8}$ del aire, debe bajar el barómetro cuando este vapor aumenta en la atmósfera, no siempre sucede así, y la influencia de la lluvia en el barómetro es muy irregular.

5. De los vientos. El viento consiste en el cambio de lugar más ó menos rápido de una parte de la atmósfera.

6. Causas principales de los vientos. Las dos causas principales de los vientos son el calor y la lluvia. En efecto, si una parte de la superficie del globo se calienta demasiado, resultará una gran dilatación en las capas de aire que descansan sobre ella. Estas capas disminuyendo de densidad se elevarán hacia las regiones superiores, y serán reemplazadas por el aire frío que afluirá de las partes laterales. Si una gran cantidad de vapor esparcido en la atmósfera se resuelve de repente en lluvia, se formará un gran vacío en las regiones del aire en que se efectúe esta condensación, y el aire de las partes laterales se precipitará en él para llenarle.

7. Vientos irregulares. En nuestros climas los vientos soplan de una manera muy irregular. Su dirección y velocidad sufren también la influencia de las localidades. En las zonas glaciales son aun más inconstantes, cambian de dirección en pocos minutos, y á veces parece soplan simultáneamente de todos los puntos del horizonte.

8. Vientos regulares. Llámense así los que reinan en la zona tórrida porque soplan por largo tiempo en una misma dirección, y vuelven periódicamente en épocas fijas.

Vientos monzones. Estos vientos soplan constantemente durante seis meses, de abril á octubre y de octubre á abril, en dos direcciones opuestas, del nordeste al sudoeste, ó del noroeste al sudeste.

Vientos alielos. Estos vientos reinan tambien constantemente en las regiones ecuatoriales, y soplan entre los trópicos en la dirección de este á oeste.

9. Brisas de mar y tierra. Llámase así el vientecillo que sopla en las costas por mañana y tarde en dirección de la costa al mar ó del mar á la costa. Hé aquí cómo se explica generalmente este meteoro. Por la mañana el aire que baña las costas, siendo mas frío que el que descansa sobre la superficie del mar á causa de la radiación de la noche, producirá una brisa que vendrá de la tierra á la mar, emanada por una corriente de aire frío que tiende á bajar en virtud de su exceso de densidad, y á ponerse en equilibrio con el aire caliente y menos denso que descansa en la mar. Por la tarde sucede á la inversa: el aire de las costas, siendo mas caliente que el que descansa sobre la superficie del mar, producirá una brisa de mar á tierra, emanada por la corriente de aire frío que afluye para llenar el vacío formado por la ascension del aire caliente de la playa.

10. Manera de propagarse los vientos. Parece que lo verifican de dos maneras: dicese que el viento se propaga por *impulsion* cuando sopla en una dirección, y se adelanta en el mismo sentido y por *aspiracion* cuando sopla en un sentido y se adelanta en una dirección contraria.

11. Velocidad de los vientos. Es muy variable. Se mide por el camino que recorren, en la unidad de tiempo, los cuerpecillos ligeros que arrastra consigo. La esperiencia dió los resultados siguientes:

0.m 5	por segundo	viento apenas sensible.
2.m	—	viento moderado.
10.m	—	viento fuerte.
27.m	—	gran tempestad.
45.m	—	viento que arranca los árboles y derriba los edificios.

§. III. *Calor terrestre.*

1. De qué manera debe hacerse el estudio del calor terrestre?—2. Qué cambios sufre la temperatura del suelo, y á qué causas son debidos?—3. Explicar las diversas temperaturas durante el día.—4. Explicar la causa de la variacion de temperatura en las estaciones.—5. A qué se llama temperatura media del día y cómo se halla?—6. Cómo se halla la temperatura media del mes?—7. Cómo se halla la temperatura media del año?—8. Cómo se halla la temperatura media de un lugar?—9. Cuál es la causa de la temperatura media de un lugar?—10. Qué son líneas isothermas?—11. A qué se llama zona isoterma?—12. Cómo pueden dividirse los climas?—13. Cómo completaremos la fisonomía de un clima?—14. Qué fenómenos presenta la temperatura debajo de la superficie terrestre?—15. Qué ley guarda el calor á medida que uno se eleva á la atmósfera, y qué hechos lo comprueban?—16. Cuáles son las causas del frío en las capas elevadas de la atmósfera?—17. Qué son termómetros de máxima y mínima?—18. Termómetro de Rutherford: 1.º de máxima, 2.º de mínima.

1. El estudio del calor terrestre debe hacerse por la observacion: 1.º de la temperatura de la superficie del suelo; 2.º por la temperatura á diversas profundidades debajo de esta superficie; 3.º por la temperatura de diversas alturas sobre ella.

2. **Temperatura en la superficie del suelo.** Esta temperatura varia con las latitudes, con la posicion de los lugares, y en un mismo lugar con la hora del día y con la estacion del año. Estos cambios tienen por principal causa las cantidades diversas de calor que los rayos solares derraman sobre el globo terrestre, y que dependen: 1.º de su inclinacion; 2.º de la duracion de la presencia del sol sobre el horizonte.

3. **Diversas temperaturas durante el día.** Por la mañana asi que sale el sol el termómetro comienza á subir, y la temperatura aumenta progresivamente á medida que el sol se eleva sobre el horizonte: esta temperatura llega á su maximum entre 2 y 3 de la tarde, decrece luego á medida que el sol baja, y cuando ha pasado por debajo del horizonte el enfriamiento se hace cada vez mas intenso por efecto de la radiacion nocturna. El momento mas frio ó el minimum de temperatura es el de pocos minutos antes de salir el sol.

4. **Temperatura en las diversas estaciones.** La oblicuidad de los rayos solares y la duracion de la insolacion, es causa de la temperatura en las diversas estaciones. En efecto, en verano tenemos 16 horas de día y solo 8 de noche, y los rayos solares, aunque mas lejanos que en invierno, caen en direccion menos oblicua: debemos por consiguiente experimentar mas calor. Por esta razon se sufren en nuestros climas dias tan calurosos como en el ecuador, donde la temperatura es uniforme por la igualdad de los dias y noches.

5. **Temperatura media del día.** Basta hacer tres observaciones: al nacer el sol, á las 2 de la tarde y al ponerse el sol, y dividir su suma

por tres. También se obtiene tomando la semisuma de la mínima y de la máxima del día.

6. **Temperatura media del mes.** Conocida la del día, se obtiene del mes haciendo la suma de todos los días del mes y dividiéndola por su número.

7. **Temperatura media del año.** Dividiendo por doce la suma de la temperatura media de los doce meses se obtiene la del año.

8. **Temperatura media de un lugar.** Finalmente, la temperatura media de un lugar se obtiene reuniendo las medias de un gran número de años y dividiendo su suma por su número.

9. **Causas de la temperatura media de un lugar.** La temperatura media de un lugar depende de su latitud y de la elevación sobre el nivel del mar. Decrece progresivamente yendo en un mismo meridiano del ecuador á los polos, y á medida que uno se eleva sobre la superficie del mar. La distancia á la mar, la proximidad de las montañas, la naturaleza del suelo, su inclinación, los vientos que reinan, son causas que influyen en la determinación de la temperatura media de un lugar.

10. **Líneas isothermas.** Llámense así las formadas por varios lugares que gozan de una misma temperatura media.

11. **Zona isotherma.** Llámase así el espacio comprendido entre dos líneas isothérmicas.

12. **Climas.** Pueden dividirse en tres clases: 1.º climas *constant*es, aquellos que presentan poca diferencia (5 ó 6.º) entre la temperatura media del mes mas cálido y la del mes mas frío; 2.º climas *variables*, aquellos en que esta diferencia es mayor (15 á 16.º); 3.º climas *excesivos*, aquellos en que esta diferencia es mucho mayor de 30 á 32º.

13. Para completar la fisonomía del *clima* de un país, deben añadirse á los caracteres sacados de su temperatura la reunion de los fenómenos meteorológicos que puedan ejercer una influencia bienhechora ó dañosa sobre el hombre, los animales y la vegetación.

14. **Temperatura debajo de la superficie terrestre.** Observaciones termométricas repetidas han puesto en evidencia los principios siguientes:

1.º A cierta profundidad debajo de la superficie exterior de la tierra existe una capa de *temperatura invariable*, cuyo grado de calor es siempre el mismo, independientemente de las vicisitudes que sufre la temperatura del suelo.

2.º Debajo de esta capa invariable, la temperatura de las capas inferiores es asimismo invariable para cada una de ellas, y que la temperatura aumenta con las profundidades (1).

(1) En los elementos de geología nos ocuparemos con alguna mas extensión de este asunto y sus consecuencias.

15. Temperatura sobre la superficie del suelo. Esta temperatura decrece progresivamente á medida que uno se eleva en la atmósfera.

Los hechos comprueban esta verdad: 1.º La existencia de las nieves perpetuas sobre las cumbres de las altas montañas; 2.º las observaciones de temperatura hechas en las ascensiones aerostáticas.

16. Causas del frio en las capas elevadas de la atmósfera.

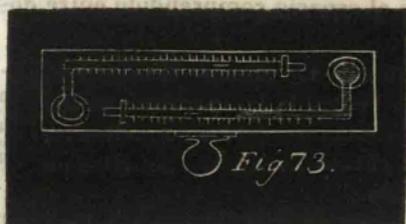
1.º El aire es eminentemente permeable á los rayos caloríficos, y tanto mas cuanto menor es su densidad, y lo es mas al calor luminoso que al calor oscuro. Resulta de aqui que el aire absorve menos calor en las partes elevadas de la atmósfera que en las inferiores.

2.º El aire hace latente el calor que se eleva de las capas superficiales á medida que las dilata.

3.º El aire en las altas regiones atmosféricas está sujeto á una radiación continua hácia los espacios celestes, que debe producir un gran enfriamiento.

17. Termómetros de máxima y mínima. Llámanse asi ciertos instrumentos que abandonados á sí mismos conservan la señal de la mas alta y baja temperatura á que han llegado durante el dia.

18. Termómetro de Rutherford. 1.º **Termómetro de máxima.**



Consiste en un termómetro común de mercurio, cuyo tubo es encorvado y horizontal. En lo interior del tubo está colocado un pequeño cilindro de hierro que sirve de índice. Cuando la temperatura crece, el mercurio impele el cilindro delante de sí; cuando baja queda en su lugar (fig. 73).

2.º **Termómetro de mínima.** Es el mismo termómetro lleno de alcohol, en cuyo interior hay un pequeño índice de esmalte. Si la temperatura crece, este cilindro permanece en su lugar; pero si baja, el alcohol al contraerse arrastra consigo el índice.

§. IV. Meteoros acuosos.

1. Qué es el rocío?—2. Cuáles son las causas de su produccion?—3. A qué se llama sereno?—4. Qué es la escarcha?—5. A qué se llama helada comun?—6. A qué deben su origen las nieblas y las nubes? ¿Qué es vapor vesicular?—7. Cómo se forman las nieblas y las nubes?—8. Cómo se explica la suspension de las nubes en la atmósfera?—9. Qué es la lluvia?—10. Qué son udometros?—11. De qué resulta la niebla?—12. Explicar la piedra.—13. Explicar el verglas ó agua nieve.

1. Rocío. Este meteoro consiste en una infinidad de gotitas líquidas de que se cubren las superficies de los cuerpos en las noches de calma y serenas.

2. Causa del rocío. El doctor Wells ha probado que la formacion del

rocío tiene por causa el enfriamiento que sufren los cuerpos terrestres por efecto de su radiación nocturna. De la temperatura de estos cuerpos, siendo menor que la del aire que les baña, resulta, en circunstancias convenientes, una condensación parcial del vapor de agua esparcido en él.

3. **Sereno.** Llámase así el rocío que se forma al ponerse el sol algunos momentos antes del crepúsculo.

4. **Escarcha.** Llámase así el rocío congelado. No reconoce, pues, otra causa que el rocío, y solo necesita que la temperatura de los cuerpos baje á cero. Las gotitas de rocío se congelarán entonces y formarán agujitas cristalinas de hielo que se adherirán á las ramas de los árboles y á las hojas de las plantas.

Observación. En nuestros climas la escarcha se forma generalmente en la primavera y en el otoño, y puede ser muy funesta á las plantas. Para preservarlas deben cubrirse con cualquier cuerpo que se oponga á la radiación.

5. **Helada común.** Llámase así la congelación pura y simple del agua esparcida en la superficie del suelo. Reconoce la misma causa que los meteoros precedentes: la baja de temperatura por la radiación.

6. **Nieblas y nubes. — Vapor vesicular.** Las nubes y las nieblas deben su origen al *vapor vesicular*. Consiste este en unos globulillos blancuzcos, que son unas bolitas de aire cubiertas con una película de agua muy tenue y huecas interiormente.

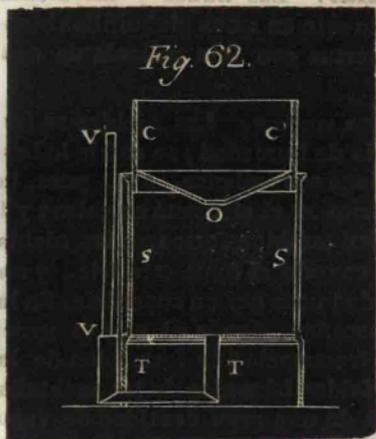
7. **Formación de las nieblas y de las nubes.** Las nieblas se formarán siempre que una masa de aire cargada de humedad, se enfrie lo bastante para que el vapor de agua que contiene se condense. Así, pues, las nieblas se formarán en la superficie de los ríos si el aire está en calma y la temperatura es más baja que el agua. Pueden también formarse las nieblas sobre la superficie de los ríos ó de los lagos cuando el agua está fría, y una corriente de aire caliente saturado de humedad pasa por su superficie. En las montañas cerca de los manantiales y las cascadas, donde el aire es generalmente muy húmedo, puede asistirse con frecuencia á la formación de las nieblas y las nubes. Si el aire que baña las faldas húmedas de las montañas se calienta por los rayos solares, se cargará de una gran cantidad de vapor de agua. Cuando el sol se oscurezca ó sus rayos se intercepten momentáneamente, el aire caliente se enfriará, y el vapor de agua de que está impregnado se convertirá en una *niebla* ó en una *nube*. Finalmente, estas pueden también formarse directamente en el seno de la atmósfera por dos causas muy generales: 1.ª por la condensación súbita que experimentan al elevarse en las altas regiones del aire las corrientes de vapor, que toman origen en la superficie del suelo húmedo, por el calor de los rayos solares; 2.ª por el encuentro y mezcla de dos corrientes de aire saturadas de humedad á temperaturas diferentes.

8. **Suspensión de las nubes en la atmósfera.** A pesar de la for-

ma de las vesículas acuosas, parece deben poscer una densidad superior á la del aire, y su suspension en la atmósfera en masas considerables, parece difícil de concebir: sin embargo, hé aqui razones que la esplican: 1.^a El aire absorve con mayor facilidad el calor radiante *oscuro* que el calor *luminoso*. Las nubes interceptan la luz en gran parte, trasformando en calor oscuro el calórico de los rayos solares. Asi el aire contenido en las vesículas y al rededor de ellas, calentándose mas que el aire que rodea la nube, esta se hará específicamente mas ligera y se contendrá en la atmósfera como un mongolfiero. 2.^a Los vientos, las corrientes de aire caliente que se elevan continuamente en la superficie del suelo, y finalmente la resistencia que el aire opone á los globulillos vesiculares por la dificultad que experimentan en filtrar por sus mismos intersticios, son tambien causas que esplican la suspension de las nubes en la atmósfera. La exactitud de estas esplicaciones se halla comprobada con un hecho general: las nubes estan tanto mas próximas á la superficie terrestre cuanto mas baja es la temperatura.

9. **Lluvia.** Este meteoro resulta de la licuefaccion del vapor de agua contenido en las nubes y de la caida de gotas de vapor condensadas. Esta condensacion es efecto de un enfriamiento.

10. **Undómetros ó pluviómetros.** Llámense asi ciertos aparatos destinados á medir la cantidad de lluvia que cae anualmente en un mismo punto de la tierra. La fig. 62 representa el *undómetro comun*. Consiste en un cilindro de cobre de 6 á 8 pulgadas de diámetro. Compónese de un recipiente CC' y de un depósito SS'.



El recipiente tiene un fondo único con un orificio O, que se ajusta sobre el depósito SS'.—En el fondo de este se abre un tubo doblado TT, que se alza á lo largo de la pared exterior: aqui recibe un tubo de vidrio VV', que se divide en partes iguales, y que sirve para indicar la altura del líquido interior. Se mide exactamente la superficie del recipiente C'C, se afora el depósito

SS' para saber la cantidad de líquido que corresponde á las diversas divisiones del tubo VV', y es fácil deducir la cantidad de lluvia, esto es, el grueso de la capa que haya formado en un vaso de fondo horizontal.

11. **Nieve.** La nieve resulta, como la lluvia, del enfriamiento de las nubes; pero su formacion exige que la temperatura de esta masa de vapores sea bajo cero. El vapor, condensándose entonces, se congela y cristaliza.—Si la cristalización se efectúa en un aire sereno, la nieve se presenta bajo formas perfectamente geométricas, afectando casi siempre la de una estrella de seis radios.

12. **Piedra.** La *piedra*, cuya causa es también la congelación del vapor de agua esparcido en la atmósfera, está formada de agujas de hielo entrelazadas unas con otras formando una especie de pelotillas bastante compactas.

13. **Verglas.** Este meteoro es una capa de hielo delgada, lisa y trasparente que se forma en la superficie del suelo cuando el aire está bastante caliente para que las nubes den origen á la lluvia, y el suelo bastante frio para congelar esta lluvia á medida que cae.

§. V. *Electricidad atmosférica.*

1. Manifestar la semejanza entre los efectos del rayo y los de la electricidad.—2. Experiencias de Dalibard para averiguar la electricidad de las nubes.—3. Explicar las de Franklin con el mismo objeto.—4. Medios de estudiar la electricidad atmosférica.—5. Electrómetro de Saussure.—6. Qué particularidades se han observado en la electricidad atmosférica en los días serenos?—7. Y en los tiempos nublados?—8. Cuáles son los manantiales de la electricidad atmosférica?—9. Qué es el relámpago?—10. Qué es el rayo?—11. Qué es el trueno?—12. Cómo explica M. Pouillet el ruido del trueno?—13. Cómo podemos apreciar la distancia á que se hallan de nosotros las nubes tempestuosas por el ruido del trueno?—14. Qué efectos causa el rayo?—15. Qué es choque de retroceso?—16. Qué observaciones deben hacerse acerca del rayo?—17. Cómo podemos preservarnos del rayo? Qué son para-rayos?—18. Cuáles son los efectos del para-rayos?—19. Qué condiciones se requieren para que sean eficaces?—20. Cuál es su esfera de actividad?—21. Explicar el fuego de S. Telmo?—22. Qué es el granizo?

1. **Semejanza entre los efectos del rayo y los de la electricidad.** Desde 1746 los físicos comenzaron á sorprenderse de esta semejanza. En efecto, la forma sinuosa y comun del relámpago y de la chispa eléctrica, las propiedades de quebrar y desgarrar los cuerpos malos conductores, de inflamar las sustancias combustibles, de fundir y volatilizar los metales y de matar los animales, pertenecen en pequeño á la chispa eléctrica de nuestras baterías, como en grande al rayo.—Esta identidad hacia ya presumir la identidad de la materia de este meteoro y el fluido eléctrico.

2. **Electricidad de las nubes tempestuosas.—Experiencias de Dalibard.** Este físico estableció en un jardin, en Marli-la-Ville, una barra metálica vertical terminada en punta de cuarenta pies de altura y aislada por su base. Suponiendo que una *nube tempestuosa* fuese un depósito de electricidad, al pasar sobre la barra metálica debía descomponer por influencia su fluido neutro; el fluido del nombre contrario atraído á la punta debía esparcirse libremente en la atmósfera, y el fluido del mismo nombre repelido á la parte inferior debía producir chispas á la aproximación de un cuerpo conductor en comunicacion con el suelo.—La experiencia confirmó estas suposiciones.

3. **Experiencias de Franklin.** Este físico seguía en América distinto camino casi al mismo tiempo que Dalibard en Francia para comprobar el mismo hecho. Una cometa dirigida á una nube tempestuosa le

servió al efecto. Hizo la experiencia en Filadelfia en junio de 1752. Habiendo unido las cuatro puntas de un pañuelo de seda á dos varillas en cruz, armadas de una punta metálica, ató á este aparato una larga cuerda y le lanzó en la atmósfera hácia una nube tempestuosa. Suspendió una llave á la estremidad de la cuerda, que sujetó á un poste por medio de un cordon de seda á fin de aislarle. El primer signo de electricidad que obtuvo fue el erizamiento de los filamentos de la cuerda. Pero habiendo sobrevenido una ligera lluvia que mojó la cuerda, haciéndola mejor conductora, consiguió sacar varias chispas eléctricas, con que logró inflamar el alcohol y cargar una botella de Leyde. Esta experiencia, repetida y variada por los sabios, comprobó la identidad de la electricidad atmosférica con la de nuestras máquinas.

4. **Medios de estudiar la electricidad atmosférica.** El fluido eléctrico no existe únicamente en las nubes, sino tambien en el aire atmosférico. Entre los medios de que podemos valernos para comprobarlo solo citaremos uno.

5. **Electrómetro de Saussure.** Consiste en un electrómetro común de pajas. El conductor fijo está cubierto de un sombrero cónico de metal, que preserva la caja del contacto de la lluvia, que está colocada en una larga barra de cobre. Elevando verticalmente este aparato en el aire atmosférico, la electricidad del aire descompone el fluido neutro del conductor, y hace diverger las pajas una cantidad correspondiente á su intensidad.

6. **Electricidad del aire en los días serenos.** Con el auxilio del aparato que acabamos de describir, y de otros fundados en el mismo principio, se han comprobado los hechos siguientes:

En el tiempo *sereno* existe siempre en la atmósfera un exceso de electricidad positiva libre que comienza á hacerse sensible en campo raso á 3 ó 4 pies de elevacion, aumentando de intensidad á medida que se eleva en la atmósfera. Esta electricidad sufre variaciones diurnas en su intensidad, y no es tan abundante en verano como en invierno. Saussure reconoció que en general es mayor en los lugares elevados y aislados, y nula en las casas, debajo de los árboles, en las calles, en los patios y generalmente en los parajes abrigados. Es, sin embargo, sensible en medio de las grandes plazas, en las orillas de los lagos, y principalmente sobre los puentes.

7. **Electricidad del aire en los tiempos nublados.** La electricidad libre esparcida en la atmósfera cuando llueve, nieva, y especialmente durante una tempestad, es ya positiva, ya negativa, y su intensidad es mayor que en los tiempos serenos.

8. **Manantiales de la electricidad atmosférica.** Hasta ahora la evaporacion del agua en la superficie terrestre es la única causa comprobada á que puede atribuirse la formacion de la electricidad atmosférica. Monsieur Pouillet atribuye tambien á la vegetacion un gran papel en la produccion de este fenómeno.

9. **Relámpago.** El *relámpago* consiste en la chispa eléctrica, saltan-

do ya entre dos nubes electrizadas en sentido inverso , ya entre una nube y el suelo.

10. **Rayo.** El rayo es una chispa eléctrica mayor que la del relámpago: el relámpago es , pues , un rayo menor. El relámpago y el rayo se propagan casi siempre en zis-zas, lo que es efecto de que las masas de vapores que surcan, no siendo un conductor continuo , la chispa eléctrica sigue, no la línea mas corta , sino la que le opone menos resistencia.

11. **Trueno.** Llámase así el ruido que generalmente acompaña á los relámpagos y los rayos.

12. **Explicacion del ruido del trueno.** M. Pouillet esplicó así este fenómeno: Siempre que una conmocion instantánea sucede en el aire , resulta un ruido mas ó menos fuerte. Ahora bien: la chispa eléctrica, la de una batería por ejemplo , determina en el aire que atraviesa un chasquido particular que la acompaña. Lo mismo sucede con el relámpago y el rayo. Cuando brillan , aparece á un mismo instante en puntos muy lejanos: en toda esta vasta estension el aire y el vapor son en un mismo instante desgarrados y dilatados : las moléculas de materia ponderable, conmovidas en un largo tránsito , se ponen en vibracion , y la larga detonacion que resulta, repetida y aumentada por los ecos de las nubes , forma los retumbamientos del trueno.

13. **Apreciacion de la distancia de las nubes tempestuosas por el ruido del trueno y la luz de los relámpagos.** Como la velocidad de la luz es tan inmensa , el momento que tarda en venir de la nube á nuestros órganos visuales es inapreciable. Pero como el sonido recorre 340.^m por segundo , deben pasarse entre la aparicion del relámpago y la detonacion que le sigue tantos segundos como veces haya 340.^m entre el observador y el paraje donde estalla el trueno. De aqui el medio de medir la distancia á que se hallan las nubes tempestuosas por el número de segundos que tardamos en oír el ruido del trueno desde la vision del relámpago. Cuando brilla el relámpago sin que le siga el trueno , prueba que la nube en que tuvo origen está de tal modo lejana del observador que el sonido se estingue antes de llegar á él.

14. **Efectos del rayo.** Son de mayor escala los mismos que los de la batería eléctrica. Explicaremos algunos, y especialmente el

15. **Choque de retroceso.** Cuando una nube tempestuosa pasa sobre la superficie de la tierra , ejerce su accion por influencia sobre todos los cuerpos que se hallan bajo su esfera de actividad. Si la nube se aleja sin esplosion , los cuerpos electrizados por influencia vuelven á su estado natural. Si la electricidad de la nube se recompone por medio de un relámpago con la electricidad contraria de un cuerpo colocado sobre la superficie de la tierra , este cuerpo es forzosamente herido del rayo directamente. Entonces se dice que ha *caído un rayo*. Finalmente, si el relámpago parte de una nube tempestuosa á otra nube , ó entre los estremos de una nube y un cuer-

po terrestre, otros cuerpos á veces bien lejanos, pero que estaban sometidos á su influencia, pueden ser heridos por el *choque de retroceso*, cuando esta influencia aniquilada de repente, se hace asiento de una recomposicion instantánea de dos flúidos eléctricos que la accion de la nube habia descompuesto.

16. Observaciones acerca del rayo. El rayo ataca siempre con preferencia los cuerpos conductores y los que estan mas próximos de las nubes tempestuosas, como los edificios elevados, las iglesias, los campanarios, las torres, los árboles cuyas hojas y ramas pueden asemejarse á las puntas. La diversa conductibilidad de estos diferentes cuerpos hace su abrigo á veces fatal á las personas que le buscan.

Subsiste aun hoy en muchos puntos la preocupacion funesta de tocar las campanas durante una tempestad. La esperiencia prueba que el rayo ataca con preferencia las campanas que suenan.

17. Preservativos contra el rayo. A veces un vestido de seda ha bastado á preservar de los funestos efectos del rayo; pero el mejor preservativo son los

Para-rayos. Este aparato, imaginado por Franklin, consiste en una larga barra metálica sin solucion de continuidad y terminada en punta. Se coloca verticalmente sobre el techo del edificio, y se hace comunicar con el suelo por medio de un conductor metálico.

18. Efectos del para-rayos. Si una nube tempestuosa pasa sobre un para-rayos, descompone por influencia su flúido neutro, repele al suelo el flúido del mismo nombre, y atrae á la punta el de nombre contrario, que obedeciendo á la atraccion de la nube, sale por la punta y va á neutralizar á cada momento el flúido eléctrico de la nube. La accion preservadora del para-rayos aumenta con la proximidad, y carga de la nube, y si á pesar del torrente de electricidad que sale de la barra fuese insuficiente para neutralizar la accion de las nubes y oponerse á la caida del rayo, preservaria sin embargo los cuerpos próximos, puesto que recibiria él solo la descarga, como siendo el mejor conductor y mas propio para transmitirle al suelo.

19. Condiciones para la eficacia de los para-rayos. 1.^a Desde la cúspide de la barra hasta la estremidad inferior del conductor no debe haber la menor solucion de continuidad.

2.^a La comunicacion del conductor debe ser tan perfecta como sea posible; y si hay un pozo inmediato, debe ir á parar á él, ó de lo contrario á una profundidad de 5 ó 6 metros debajo del suelo.

3.^a El diámetro del conductor debe ser de 17 á 18 milímetros en cuadro. Este conductor es á veces formado por una reunion de barras de hierro cuadradas, ó de cuerdas metálicas, que tienen la ventaja de ser mas flexibles.

4.^a La punta del para-rayos debe ser de forma piramidal ó conoidea: esta punta debe terminar en una aguja de cobre de 55 centímetros de lar-

go, con su estremidad dorada, ó mejor, formada de platino de 3 ó 6 centímetros de largo.

20. **Esfera de actividad del para-rayos.** Un para-rayos protege todos los cuerpos que estan á su alrededor en un espacio circular cuyo radio sea el doble por lo menos de su longitud.

21. **Fuego de San Telmo.** Luz meteórica que se observa á menudo en la punta de los mástiles de los buques. Todos los cuerpos conductores elevados, y especialmente los terminados en punta cuando se hallan bajo la esfera de actividad de una nube tempestuosa, pueden dar origen á estas llamas eléctricas. Se observan muchas veces al rededor de las puntas de los para-rayos. Sus efectos se esplican por las propiedades de las puntas.

22. **Granizo.** Lluvia de piedras redondas, á veces de un tamaño considerable, que acompaña frecuentemente á los grandes vientos y á las fuertes descargas eléctricas. Parece que este meteoro debe su origen á la electricidad; pero nada mas que hipótesis existen acerca de su formacion.

§. VI. Luz meteórica.

1. Que es el miraje?—2. Cuál es la causa del miraje?—3. Qué es el arco iris y de qué proviene?—4. Qué son halos?—5. Qué son perielios?—6. Qué son coronas?—7. Qué son aereólitos?

1. **Miraje.** Se ha observado á veces en la mar y en los paises llanos que los objetos lejanos presentan, ademas de su imágen que es recta, una segunda imágen inversa, cuyos contornos estan algo alterados y mal definidos. A este fenómeno se llama *miraje*.

2. **Causa del miraje.** Cuando dos capas de aire de temperatura, y por consiguiente de densidad diferente, estan separadas por una superficie perfectamente determinada, lo que solo puede suceder en momentos de calma, los rayos de luz, que viniendo de la capa mas densa caigan formando un ángulo muy pequeño sobre la superficie de separacion, podrán reflejarse totalmente en ella y producir imágenes por reflexion: tal es la causa del *miraje*. Si la capa mas caliente y menos densa toca al suelo, como sucede frecuentemente en las arenosas llanuras del Bajo Egipto, la superficie de la tierra hácia el horizonte parecerá un lago tranquilo, y reflejará las imágenes inversas de los oasis que bordan estas llanuras. Si la capa mas caliente es superior á la mas densa, como acontece á menudo en alta mar, se verán las imágenes inversas de los buques que vogan hácia el horizonte colocadas sobre ellas y marchando á la par. Finalmente, si las masas de aire diferentemente calientes estan en un mismo nivel y separadas por planos verticales, los objetos parecerán dobles y sus imágenes serán rectas. Este último caso se presenta algunas veces en las costas marítimas.

3. **Arco Iris.** Arco que presenta los colores del espectro solar. Es uno de los mas hermosos fenómenos naturales dependientes de la descomposicion de la luz : tiene por condiciones esenciales: 1.^a la presencia del sol sobre el horizonte; 2.^a la resolucion de una nube en lluvia; y 3.^a que el espectador esté colocado entre la nube y el sol con la espalda vuelta á este astro. Es producido por los rayos luminosos que llegan al ojo del observador despues de haber sufrido una descomposicion por efecto de dos refracciones (la una á la entrada y la otra á la salida), y de haber experimentado ademas en lo interior de las gotitas líquidas una, dos ó varias reflexiones, lo que produce uno, dos ó varios arco-iris concéntricos, pero de un colorido muy diferente. El arco interior es el que tiene los colores mas vivos, y aunque cada uno de los arcos presenta los colores del espectro es en un orden inverso. En el arco interior el color mas elevado es el rojo, en el exterior el violado. Cuando el tercer arco es visible, el orden de los colores es el mismo que en el primero, y asi de los demas. Se han observado á veces arco-iris *lunares*; pero estos arcos son poco brillantes.

4. **Halos.** Llámanse asi unos círculos coloreados en cuya parte céntrica domina el rojo, y que aparecen al rededor del sol en ciertas épocas del año. Mariotte esplica este fenómeno por la presencia en la atmósfera de unas agujitas de hielo que refractan la luz del sol.

5. **Periellos.** Llámanse asi á otros círculos blancos que pasan por el sol y forman una faja muy viva é iluminada, cuya altura es igual al diámetro del astro. M. Babinet mira este meteoro como formado por la reflexion que la luz solar experimenta sobre las caras verticales de las agujitas de hielo.

6. **Coronas.** Este meteoro solo se diferencia del halo en que la parte rojiza es exterior y la interior violada.

7. **Aerólitos.** Globos de fuego mas ó menos voluminosos que caen de la atmósfera con gran velocidad, dejando un camino á veces sinuoso, señalado por una cadena de luz que persiste durante algunos segundos. Este globo estalla ya en la atmósfera, ya en el momento de contacto con la tierra, y sus fragmentos se dispersan en varias direcciones. Todos los fragmentos se hallaron cubiertos en todo ó parte de una capa *vidriosa*, y el análisis químico ha comprobado que su composicion difiere de la de todos los minerales conocidos, que el hierro constituye esencialmente parte, y muy á menudo el níquel.



CAPITULO V.

QUIMICA.

PRIMERA PARTE.

QUÍMICA INORGÁNICA.

§. I. Nociones generales.

1. Qué es química? Cómo se divide?—2. Cuántos órdenes de cuerpos presenta la naturaleza? Qué son cuerpos simples y compuestos?—3. De qué están formados los cuerpos y qué nombres reciben las partes que les constituyen?—4. Qué se entiende por combinación?—5. Cómo se explica la tendencia de los cuerpos á combinarse? Cómo se llama esta tendencia?—6. La atracción molecular cuándo recibe el nombre de cohesión y el de afinidad?—7. Qué es análisis químico y síntesis?—En qué consiste toda la ciencia química?—8. De qué medios se vale la química para analizar los cuerpos? Qué se entiende por agente y reactivo?—9. Qué es cristalización? Y cristal? Y precipitado? De qué medios nos valdremos para conseguir la cristalización?—10. Que cuerpos tenían los antiguos por simples? Eran tales?—11. Cuántos cuerpos simples conocemos hoy y cómo se llaman?—12. Cómo se dividen los cuerpos simples?—13. A quién se debe la primera idea de la nomenclatura química, y quiénes fueron los autores de la metódica que vió la luz pública en 1787?—14.Cuál es la ley general de los principios antagonistas?—15. Cómo se forma, pues, la nomenclatura del compuesto?—16.Cuál es el cuerpo simple que hace el principal papel en la nomenclatura? Distinción del ácido, del óxido y del álcali.—17. Cómo se forma la nomenclatura de las combinaciones binarias del oxígeno?—18. Cómo se forma la nomenclatura de los compuestos binarios no oxigenados?—19. Cómo se forma la nomenclatura de las sales?—20. Qué son propiedades físico químicas y organolécticas?—21. Qué se entiende por equivalentes y números proporcionales?—22. Explicación de la teoría atómica.—23. Signos ó fórmulas químicas.—24. Qué es aire atmosférico?—25. El aire es un elemento?—26. Que experiencias hizo Lavoissier para descomponer el aire?—27. Qué es oxígeno?—28. Caracteres del oxígeno.—29. Usos del oxígeno.—30. Preparación.—31. Combustion y llama.—32. Teoría de la combustion.—33. Respiración.

1. Definición de la química. La *química* es una ciencia que nos da á conocer la naturaleza íntima de los cuerpos y la acción recíproca que tienen entre sí (1). La química se divide en *orgánica* é *inorgánica*, segun que tiene por objeto el estudio de los cuerpos brutos é inorgánicos, ó el de los cuerpos organizados, vegetales ó animales (2).

(1) Por esta razón se divide también la química en *mineral*, *vegetal* y *animal*.

(2) El químico penetra en lo interior de los cuerpos para aislar sus diversos principios, consiguiendo además por una serie no interrumpida de transformaciones repro-

2. Cuerpos simples y compuestos. La naturaleza presenta dos órdenes de cuerpos: los unos *simples*, que son en muy corto número, y los otros *compuestos*, que constituyen casi ellos solos todos los cuerpos de la naturaleza.

Los *cuerpos simples* son aquellos de quienes no se ha logrado aun extraer mas que una sola y única sustancia.

Los *cuerpos compuestos* son los formados por mas de una sustancia simple ó elemental.

3. Todos los cuerpos, asi simples como compuestos, estan formados por una multitud de particillas, llamadas *moléculas*, *átomos* ó *partículas* (1).

Las moléculas de los cuerpos simples se denominan *átomos integrantes*; las de los compuestos *átomos constituyentes*.

4. Combinacion.-Atraccion molecular.-Cohesion.-Afinidad. Si ponemos en contacto dos cuerpos simples en determinadas circunstancias se unen, y de esta union resulta un tercer cuerpo, que no se semeja á ninguno de los dos cuerpos que hemos empleado. A este fenómeno es al que se ha llamado *combinacion*.

5. Se esplica esta tendencia de los cuerpos á combinarse admitiendo una fuerza inherente á las moléculas ó átomos de la materia, á que se ha dado el nombre de *atraccion molecular* ó *atómica*.

6. La *atraccion molecular* se llama *cohesion* cuando se verifica entre átomos similares, esto es, cuando esplica la fuerza que une los átomos integrantes.

La *atraccion molecular* se llama *afinidad* cuando se verifica entre cuerpos de naturaleza distinta, esto es, cuando esplica la fuerza que une los átomos constituyentes.

7. Del análisis y de la síntesis. El *análisis químico* es el arte de descomponer los cuerpos y reconocer sus principios constitutivos.

La *síntesis química* es el arte de recomponer los cuerpos, esto es, de reunir varios cuerpos simples para formar un compuesto.

Toda la ciencia química consiste en estas dos operaciones fundamentales: *analizar* y *componer*.

ducir los compuestos que ha destruido. La química es una de las ciencias de que mas interés reporta la humanidad é higiene pública; la medicina y un gran número de industrias reclaman sus socorros, y reciben de ella todo su incremento y esplendor. A pesar de los estrechos limites á que debemos ceñirnos en esta parte, quedarán en ella demostradas todas las ventajas que hemos espuesto.

(1) Esta última denominacion se aplica mas especialmente á las moléculas de los cuerpos simples.

8. Dos son los medios que usa la química para analizar los cuerpos: los *agentes* y los *reactivos*.

Se llama *agente* cualquier cuerpo por medio del cual conseguimos separar las partes constituyentes de un compuesto, y *reactivo* á cualquier cuerpo que por medio de su reaccion sobre los principios constituyentes de un compuesto deja percibir una de sus propiedades distintivas, permitiendo de este modo distinguir su diversa naturaleza.

9. **Cristalizacion.** Cuando un cuerpo pasa lentamente del estado gaseoso ó líquido al estado sólido, se nota que sus átomos se reúnen por las caras que mas se convienen, dando lugar á un sólido regular, que ofrece igual forma para cada cuerpo á que se ha llamado *crystal*, y al fenómeno que le produce *cristalizacion*.

Hay dos medios de conseguir la cristalizacion: el fuego y los líquidos. Por este último medio los cristales contienen frecuentemente una corta cantidad de agua llamada *agua de cristalizacion*.

Precipitado. Llámanse así los cuerpos insolubles en los líquidos en que han sido formados.

10. **Enumeracion y clasificacion de los cuerpos simples.** Los antiguos solo conocian cuatro cuerpos simples ó cuatro sustancias elementales: la *tierra*, el *fuego*, el *aire* y el *agua*; pero estos pretendidos elementos son, esceptuando el fuego, cuerpos que la química logró descomponer.

11. Nosotros conocemos hoy *cincuenta y cuatro* cuerpos simples, á saber (1):

Oxigeno	Carbono	Mercurio	Manganeso (2)
Fluor	Boro	Plata	Zirconio
Cloro	Silicio	Cobre	Thorinio
Bromo	Colombio	Uranio	Aluminio
Yodo	Titano	Bismuto	Iturio
Azoe ó nitrógeno	Antimonio	Estaño	Glucinio
Azufre	Teluro	Plomo	Magnesio
Selenio	Oro	Cerio	Calcio
Fósforo	Hidrógeno	Cobalto	Stroncio
Arsénico	Osmio	Nickel ó níquel	Bario
Molibdeno	Iridio	Hierro	Lithio
Vanadio	Rhodio	Cadmio	Sodio
Cromo	Platino	Zinc	Potasio.
Tungsteno	Paladio		

12. Los *cuerpos simples* se dividen en dos grandes series: la primera comprende los cuerpos malos conductores del calor y la electricidad, llamados *metaloideos*, que son el *oxigeno*, el *hidrógeno*, el *car-*

(1) Esta lista está formada de manera que cada cuerpo es *electro-negativo* con relacion al siguiente y *electro-positivo* con referencia al precedente.

(2) Recientemente se han descubierto el *lantano* y el *niobium*, cuyas propiedades no estan aun bastante estudiadas: hay pues en el dia 56 cuerpos ó sustancias simples.

bono, el *boro*, el *silicio*, el *fósforo*, el *azufre*, el *selenio*, el *cloro*, el *bromo*, el *yodo*, el *fluor* y el *azoe* ó *nitrógeno*: la segunda serie comprende los cuerpos buenos conductores del calor y la electricidad, llamados *metales*, y son todos los demas cuerpos simples que dejamos enumerados.

13. **Nomenclatura química.** La primera idea de la *nomenclatura química*, que tantos adelantos proporcionó á la ciencia, se debe á *Guyton de Morveau*; y á este ilustre químico y á sus colaboradores no menos ilustres *Lavoisier*, *Bertollet* y *Fourcroy* el presentar la *nomenclatura metódica* que vió la luz pública en 1787.

14. Es una ley general no desmentida hasta ahora por la esperiencia que, sea cual fuere el número de los elementos que constituyan un cuerpo compuesto, se hallan siempre unidos por dos fuerzas antagonistas que se neutralizan. En efecto, si un compuesto *binario* (1) se somete á la accion de la esfera de actividad de una pila, uno de los dos elementos del compuesto se coloca en un polo y el otro en el opuesto. Si el compuesto es *ternario*, pasa á cada polo una combinacion binaria con propiedades antagonistas. Lo mismo sucede con un compuesto *cuaternario*, y asi de los demas (2).

15. Se forma pues la *nomenclatura* del compuesto formando el nombre del *género* con el nombre del elemento *electro-negativo*, que es el que pasa al polo positivo de la pila, y el nombre específico con el elemento *electro-positivo*, que es el que pasa al polo-negativo.

16. El oxígeno es el cuerpo que hace el principal papel en la nomenclatura por ser el elemento mas *electro-negativo* conocido.

Todos los cuerpos simples pueden combinarse con el oxígeno, por lo cual se denominan *oxigenables* ó *combustibles*; llamándose el oxígeno por oposicion *comburente*.

17. Las sustancias que mas abundan en la naturaleza consisten en cuerpos *oxigenados* ó en combinaciones de estos cuerpos.

Los *cuerpos oxigenados* que enrojecen la tintura de tornasol (3) se llaman *oxácidos* ó simplemente *ácidos* (4).

Los *compuestos oxigenados* que no enrojecen la tintura de tornasol, y que por el contrario le devuelven su primitivo color azul cuando ha sido enrojecida por un ácido, se llaman *óxidos*.

Los *óxidos de calcio*, *estroncio*, *litio*, *bario*, y especialmente los de

(1) Si los cuerpos estan compuestos por dos elementos se llaman *binarios*, si de tres *ternarios*, si de cuatro *cuaternarios* etc.

(2) Rara vez los compuestos esceden de mas de cuatro elementos.

(3) Esta tintura es naturalmente verde azulada.

(4) Porque tienen un sabor ácido mas ó menos pronunciado.

sodio y potasio, se llaman *álcalis*, y son los que tienen mayor afinidad con los ácidos.

18. Combinaciones binarias del oxígeno. Para formar la nomenclatura de estas combinaciones se atiende á las condiciones siguientes: 1.^a á la acidificación ó no acidificación del compuesto; 2.^a á la naturaleza del cuerpo que se une al oxígeno; 3.^a á las diferentes proporciones en que se une.

Ácidos. Por consiguiente, para nombrar una combinación binaria del oxígeno que sea ácida, se emplea primero el nombre genérico *oxácido* ó simplemente *ácido*; y el nombre específico, ó sea el del otro cuerpo simple, con la terminación *ico* ú *oso*, según que la cantidad de oxígeno sea mas ó menos. Haciendo preceder el nombre específico de la palabra *hipo*, rebajamos su grado de acidificación.

Ejemplo. El oxígeno forma con el azufre cuatro ácidos en cuatro diferentes grados con cuatro distintas proporciones, que espesaremos así:

Acido sulfúrico—indica el ácido que contiene mayor cantidad de oxígeno.

Acido hiposulfúrico—el que contiene algo menos que el anterior.

Acido sulfuroso—el que contiene aun menos.

Acido *hipo* sulfuroso—el que contiene la menor cantidad posible de oxígeno.

Óxidos. Cuando la combinación forma un *óxido*, se nombra primero el nombre genérico *óxido*, y luego el específico: v. g. *óxido de aluminio*.

Pero estos óxidos pueden tener distintos grados de oxidación, en cuyo caso se emplean las palabras *proto*, *deuto*, *trito*, que indican el *primero*, *segundo* y *tercer* grado de oxidación.—La palabra *per* indica el mayor grado posible de oxidación. Ejemplos:

Protóxido de hierro. 1.^{er} grado.

Deutóxido de hierro. 2.^o grado.

Tritóxido ó *per* óxido de hierro. . 3.^{er} grado.

Nota. Algunos químicos sustituyen á las voces *deuto*, *trito*, etc. *sesqui*, *bi* y *tri* para denotar que el compuesto binario contiene $1\frac{1}{2}$, 2, 3 partes de oxígeno iguales á la cantidad del protóxido. Así, por ejemplo, los óxidos de manganeso contendrán:

El óxido de manganeso. . . = 1 de oxígeno.

El *sesqui* óxido de manganeso = $1\frac{1}{2}$ oxígeno.

El *bióxido* de manganeso. . = 2 de oxígeno.

M. Berzelius simplificó esta nomenclatura de los óxidos haciéndola análoga á la de los ácidos, uniendo al nombre genérico, que llama *sustantivo*, el específico ó *adjetivo* terminado en *ico* ó en *oso*, como en los

ácidos.—Para indicar los diferentes grados de oxidacion emplea antes del nombre *óxido* las preposiciones latinas *super* ó *sub* (1). Ejemplos:

Oxido plómbico.
Oxido plomboso.
Super óxido plomboso.
Sub óxidovanádico.

19. Nomenclatura de los compuestos binarios no oxigenados.—Ácidos. Se empleará esta voz, luego el nombre del elemento *electro-negativo*, y finalmente, el *electro-positivo* terminado en *ico* ó en *oso* como en los demas ácidos. Asi para indicar la combinacion del cloro con el fósforo diremos:

Acido cloro fosfórico.

Berzelius en las combinaciones análogas termina el cuerpo electro-negativo en *ido*. Asi diria :

Acido clorido fosfórico.

No ácidos. Los compuestos binarios no oxigenados no ácidos se forman terminando en *uro* el nombre del cuerpo elemental *electro-negativo*, precedido de las voces *proto*, *deuto*, *trito*, cuando se combina en distintas proporciones. Asi, para indicar la union del cloro con el hierro, diríamos:

Proto cloruro de hierro.

Deuto cloruro de hierro.

Y segun Berzelius :

Cloruro ferroso.

Cloruro férrico.

20. Nomenclatura de las sales. Cuando dos principios antagonistas, el uno ácido y el otro óxido, se combinan entre sí, el compuesto que resulta se llama *sal*. Si ninguno de los dos principios domina en el compuesto, la sal se dice *neutra*, si predomina el principio ácido *ácida*, y si el principio alcalino *básica*.

Se cuentan tantos géneros de sales como ácidos. Para nombrar una sal se atiende á tres cosas : 1.^a á la naturaleza del ácido ; 2.^a á la base salificable ; 3.^a á las proporciones en que el ácido y la base se combinan.

Para formar, pues, el nombre de una sal se enuncia primero el ge-

(1) Equivalen á *sobre*, *debajo*.

nérico y luego el específico, esto es, primero el ácido y luego la base, con las alteraciones siguientes:

1.^a Cuando el nombre del ácido termina en *ico* varía esta terminación en *ato*.

2.^a Cuando el ácido termina en *oso* la cambia en *ito*.

Así, para indicar las combinaciones del ácido sulfúrico con el óxido de plomo, y del ácido sulfuroso con el óxido de potasio, diríamos:

Sulfato de protóxido de plomo.

Sulfito de potasio.

Y segun Berzelius:

Sulfato plomoso.

Sulfito potásico.

Para distinguir las sales neutras de las en que domina esceso de ácido ó base se establece:

1.^o Las sales neutras, ó que se aproximan á tales, se denominan únicamente con el nombre genérico y el específico, con las alteraciones arriba expresadas: v. g.:

Sulfato de protóxido de hierro, ó ferroso.

2.^o En las sales en que domina el ácido se hace preceder el nombre genérico de la voz *sobre*: v. gr.

Sobre sulfato de potasa.

3.^o En las sales en que hay esceso de base se hace preceder el nombre genérico de la voz *sub*: v. g.:

Sub acetato de plomo.

Sin embargo, habiendo acreditado la esperiencia que las diversas proporciones de ácido que se unen á una base, ó recíprocamente de una base con un ácido, son entre sí como los números 1, 1½, 2, 3, 4, etc. Para fijar estas relaciones con exactitud se ha establecido:

1.^o Reemplazar en las *sobre sales* la voz *sobre* por *sesqui*, *bi*, *tri*, *cuadri*, etc., segun que las proporciones correspondan á 1½, 2, 3, 4, etc., cuyas voces precederán al nombre genérico: v. g.

Bi sulfato de potasa.

2.^o Reemplazar en las *sub sales* la voz *sub* por las mismas voces *sesqui*, *bi*, etc., pero precediendo el nombre específico ó base: v. g.:

Acetato *tri* plómbico.

21. **Propiedades de los cuerpos.** Los químicos dividen las propiedades en tres grupos: 1.^o de las propiedades físicas; 2.^o de las químicas; 3.^o de las organolécticas.

Propiedades físicas. Se consideran como tales: 1.º el estado de agregación de las partículas de los cuerpos, es decir, si son *sólidos, líquidos ó gaseosos*; 2.º su peso específico; 3.º su relación con el calórico, el lumínico y la electricidad.

Propiedades químicas. Las constituyen las diferentes relaciones que existen entre los cuerpos que se examinan y los demás de la naturaleza.

Propiedades organolécticas. Las constituyen cuantas percibimos al poner los cuerpos en inmediato contacto con nuestros órganos.

Equivalentes químicos.—Teoría atómica. MM. Gay-Lussac y Humboldt probaron que un volúmen de gas oxígeno combinado con dos volúmenes de gas hidrógeno producen agua. Este hecho y las investigaciones sucesivas dieron por resultado que todos los gases se combinan de manera que un volúmen dado de gas absorbe 1, 1½, 2, 3 volúmenes iguales de otro gas, ó lo que es lo mismo, *que los gases se combinan ó en volúmenes iguales, ó que el volúmen del uno es múltiplo del del otro.* Igual ley observan las demás combinaciones, y de todo se deduce la conclusión siguiente: *Que al hacer el análisis de un compuesto binario, puede afirmarse que si los elementos que encierra son susceptibles de combinarse en otras proporciones, será siempre en cantidad múltiple ó sub-múltiple de la hallada en el primer caso.* Esta ley es conocida con el nombre de *ley de las proporciones múltiples.* Las cinco combinaciones del *azoe* con el oxígeno nos las harán comprender mejor.

	<u>Azoe.</u>	<u>Oxígeno.</u>
1. ^a	— 100	+ 50.
2. ^a	— 100	+ 100.
3. ^a	— 100	+ 150.
4. ^a	— 100	+ 200.
5. ^a	— 100	+ 250.

Citaremos aun en apoyo de la ley los resultados siguientes:

El protóxido de estaño está formado de 100 de radical	+13,6	de oxígeno
bióxido.	100	+27,2
protóxido de cobre de.	100	+12,63
bióxido.	100	+25,27
quatrióxido.	100	+50,55 etc.

Esta ley es también común á la combinación de los átomos compuestos. Ejemplo:

	<u>Base.</u>	<u>Ácido.</u>
Sulfato de protóxido de potasio =	117,98	+ 100
Bi-sulfato de protóxido de potasio =	117,98	+ 200

22. Equivalentes.-Números proporcionales. Comparando varias series de combinaciones de un mismo radical resulta: *Que para la misma cantidad en peso de radical, las cantidades ponderables de los demas cuerpos son estraordinariamente variables.* Estas cantidades, comparadas todas á un número conocido, el del oxígeno, reciben el nombre de *equivalentes* ó proporciones químicas. Por ejemplo:

1204,30 de plomo se combinan con 100 de oxígeno para formar el protóxido de plomo.

1294,30 de plomo se combinan con 423,65 de cloro para formar cloruro de plomo, combinacion correspondiente al protóxido de plomo.

Luego si se consideran 100 de oxígeno en peso como un equivalente, es indudable que 442,65 de cloro en peso serán tambien un equivalente, puesto que esta cantidad equivale á 100 de oxígeno.

Todas las ideas relativas á las proporciones de los compuestos químicos estan contenidas en la ley siguiente:

Las cantidades ponderables de dos sustancias conservan en todas las combinaciones que puedan formar con una misma masa de cualquier otro cuerpo una relacion constante, ó cuyas variaciones, si las tiene, son múltiplos ó submúltiplos de uno de sus valores.

23. Teoría atómica. Esta parte de la ciencia química no está todavía ilustrada cual corresponde, y tiene su parte hipotética. Toda la cuestion se reduce á *hallar el número de los átomos componentes de una combinacion dada.*—Un volúmen de oxígeno y dos de hidrógeno forman agua; pero ignoramos: 1.º si en esta combinacion hay un átomo de oxígeno y otro de hidrógeno; 2.º ó dos de oxígeno y dos de hidrógeno. Para decidir entre estas dos opiniones, y averiguar aproximadamente este hecho, la ciencia posee solo algunos datos; pero antes de esponerlos manifestaremos qué se entiende por *átomo químico*.

El átomo químico es la partícula pequenísima de un cuerpo que da origen á una combinacion por la simple juxta-posicion con las partículas de otro cuerpo.

24. Veamos ahora los datos que poseemos para averiguar el peso atómico de los cuerpos:

1.º Que en los gases los átomos estan colocados á una distancia igual, y que un mismo volúmen contiene un número de átomos igual. De que se deduce: *Que el peso de los átomos de los cuerpos gaseosos es proporcional á su densidad.*

2.º Que los átomos de todos los cuerpos simples tienen la misma capacidad para el calórico (1).

(1) La relacion que existe entre el calor específico de los cuerpos simples y las proporciones en que se combinan, ofrecen uno de los mejores medios de determinar el peso relativo de los átomos.

3. Que un mismo número de átomos reunidos de un mismo modo produce la misma forma cristalina, sea cual fuere la diferencia de sus elementos (1).

Siendo la *isomorfia* una consecuencia mecánica de la igualdad en la construcción atómica, conocido el número de átomos de un cuerpo isomorfo, está conocido el de los que lo sean con él.

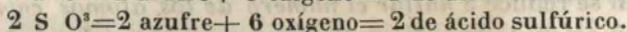
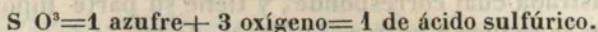
Sin embargo de esto, pone un obstáculo la

Isomería, según la cual, cuerpos de una misma composición, y de igual capacidad de saturación, pueden poseer propiedades y formas cristalinas diferentes.

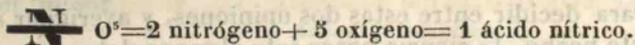
24. Signos ó fórmulas químicas. M. Berzelius introdujo en la química el uso de las fórmulas (2) que vamos á dar á conocer:

1.º Los *cuerpos* simples se designan por la inicial de su nombre latino, seguida de la segunda ó tercera letra, según que la primera y segunda sean comunes á varios cuerpos.

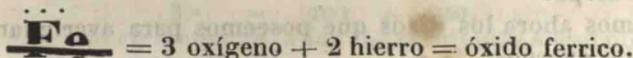
2.º El número de átomos contenidos en cada combinación se expresa por medio de cifras. Una cifra á la izquierda multiplica todos los átomos colocados á la derecha hasta la separación de la fórmula por el signo +. Una cifra colocada á la derecha de la letra á manera de esponente algebraico multiplica solamente los pesos atómicos colocados inmediatamente á la izquierda. Así:



3.º Cuando el principio electro-positivo representa dos átomos, se raya la letra por medio: v. g.:



4.º Para simplificar la fórmula M. Berzelius ha sustituido á la letra O puntos colocados sobre la letra del elemento electro-positivo, que indican los átomos del electro negativo: v. g.:



(1) Las combinaciones obtenidas de este modo se llaman *isomorfas*, y la ley enunciada *isomorfia* ó *isomorfismo*.

(2) Estas fórmulas determinan de una manera clara la composición de los cuerpos tanto respecto al número de sus elementos como al de sus átomos.

Cuadro de los cuerpos simples, signo químico y peso atómico.

		Peso atómico.			Peso atómico.
Oxígeno.	O	100	Rhodio.	R	651,387
Hidrógeno	H	6,2398	Plata.	Ag	675,80
Azoe ó nitrógeno.	N	88,518	Mercurio.	Hg	1265,825
Azufre.	S	201,165	Cobre.	Cu	395,695
Fósforo.	Ph	496,143	Uranio.	U	750,000
Cloro	Cl	221,326	Bismuto.	Bi	4330,337
Yodo.	Y	789,750	Estaño.	Su	735,294
Bromo.	Br	489,453	Plomo.	Pb	1294,498
Fluor.	F	446,900	Cadmio.	Cd	696,767
Carbono.	C	75,000	Zinc.	Zn	403,226
Boro.	B	136,204	Nickel.	Ni	369,675
Silicio.	Si	277,342	Cobalto.	Co	368,991
Selenio.	Se	494,583	Hierro.	Fe	339,205
Arsénico.	As	470,042	Manganeso.	Mn	345,887
Cromo.	Cr	351,815	Cerio.	Ce	574,696
Vanadio.	V	855,840	Thorinio.	Th	884,900
Molibdeno.	M	598,520	Zirconio.	Zr	420,204
Tungsteno.	W	418,3	Itrio.	I	402,544
Antimonio.	Sb	806,452	Glucinio.	G	331,261
Teluro.	Te	804,76	Aluminio.	Al	474,466
Tántalo.	Ta	1453,715	Magnesio.	Mg	458,352
Titano.	Ti	0303,662	Calcio.	Ca	256,019
Oro.	Au	1243,013	Estroncio.	Sr	547,284
Osmio.	Os	1244,487	Bario.	Ba	856,880
Iridio.	Ir	1233,499	Litio.	L	80,375
Platino.	Pt	1233,499	Sodio.	Na	290,897
Paladio.	Pd	665,899	Potasio.	K	489,916

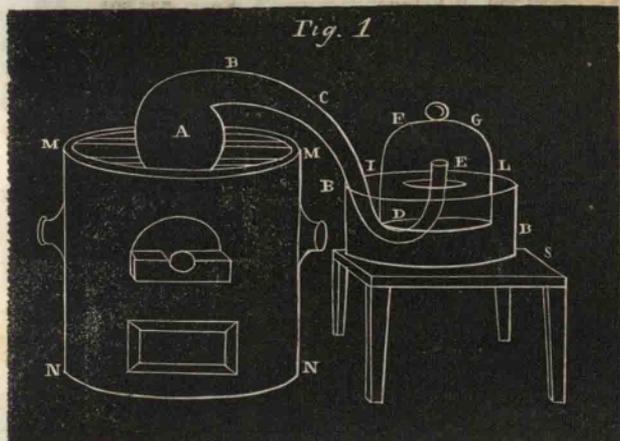
26. Aire atmosférico.—Principios que le constituyen.—Propiedades físicas (1). El aire es un flúido invisible, trasparente, inodoro, insípido, compresible y muy elástico. Un litro de aire á la temperatura de 0 y á la presión de 0 metros, 76 pesa 1 gramo, 2991. El aire se toma por unidad para determinar el peso de los demas gases. El aire, como todo cuerpo gaseoso, está sometido á la ley de Mariotte, esto es, se comprime en razon de la fuerza ó peso comprimente; ó en otros términos, su volúmen está en razon inversa de la presión que experimenta. Es mal conductor de la electricidad, á menos que esté saturado de humedad. El peso del aire fué descubierto por *Galileo* en 1640 y puesto en evidencia por *Toriceli* y *Pascal*. Espuesto á un grandísimo calor ó á un escesivo frio, no sufre la mas leve alteracion. Su poder refractario, á que se comparan todos los demas gases, es=1. Sometido á una corriente eléctrica, no se altera á menos que contenga una gran cantidad de agua ó materias alcalinas, en cuyo caso se

(1) No hacemos mas que recordarlas por quedar suficientemente comprobados en las nociones de física.

forma *ácido nítrico*, lo que explica el motivo porque en las tempestades la lluvia contiene frecuentemente este ácido.

27. El aire, cuyas propiedades físicas conocemos, no es un elemento como pensaban los antiguos. «*Juan Rey* en 1630 publicó algunas experiencias que probaron que el aire contenía un principio susceptible de fijarse en el estaño durante su calcinación y que aumentaba su peso; pero la composición del aire no fue conocida hasta 1743, cuyo descubrimiento, fecundo en resultados y por siempre memorable, se debe á *Lavoisier*.

28. **Experiencias de Lavoisier para descomponer el aire.** Las to-



maremos testualmente del mismo Lavoisier. — Tomé, dice, un matraz *A* (fig. 1) de 36 pulgadas cúbicas próximamente de capacidad, cuyo cuello *BCDE* era bastante largo y tenía de 6 á 7 líneas de diámetro interior. Encorvado según se ve en la figura le coloqué en una hornilla *MMNN*, de manera que el extremo *E* de su cuello fuese á

parar debajo de la campana *FG*, colocada en un baño de mercurio *RRSS*. Introduce luego en este matraz cuatro onzas de mercurio muy puro, y chupando por un sifón que introduce debajo de la campana *FG*, elevé el mercurio hasta *LL*, cuya altura marqué cuidadosamente con una tira de papel encolado, observando exactamente el barómetro y termómetro. Así preparadas las cosas, encendí fuego debajo de la hornilla *MMNN*, que mantuve casi continuamente por espacio de doce días; por manera que el mercurio llegó casi al punto de ebullición. Nada notable se observó en el primer día; y el mercurio, aunque no hervía, se hallaba en un estado de evaporación continua, entapizando el interior de las vasijas con gotitas, en un principio muy finas, que iban luego en aumento, pero que así que adquirían cierto volumen, caían por sí mismas en el fondo de la vasija, y se reunían con el otro mercurio. Al segundo día comencé á ver sobrenadar en la superficie del mercurio unas particulitas rojas, que durante cuatro ó cinco días aumentaron en número y volumen, pasado cuyo tiempo cesaron de crecer y permanecieron absolutamente en el mismo estado. Al cabo de doce días, viendo que la calcinación del mercurio no hacía el menor progreso, apagué el fuego y dejé enfriar las vasijas. El volumen de aire contenido, tanto en el matraz

como en su cuello y en la parte vacía de la campana, reducido á una presion de 28 pulgadas y á 10.º del termómetro, era antes de la operacion como unas 50 pulgadas cúbicas próximamente. Terminada la operacion, este mismo volúmen á igual presion y temperatura se habia reducido de 40 á 43 pulgadas cúbicas. Por otra parte, habiendo reunido cuidadosamente las particulitas rojas que se habian formado, despues de separarlas lo mejor posible del mercurio líquido de que estaban bañadas, hallóse ser su peso cuarenta granos. El aire que habia quedado despues de esta operacion, y que habia sido reducido á cinco sextas partes de su volúmen, no era útil ni para la respiracion ni para la combustion, puesto que los animales que se ponian en él perecian á poco rato, y las luces introducidas en su atmósfera se apagaban instantáneamente como si se las metiese en agua. — Tomé en seguida los cuarenta y cinco granos de materia roja formados durante la operacion y los puse en una pequeña retorta de cristal, á que adapté un aparato á propósito para recoger los productos líquidos y aeriformes: encendí luego fuego en la hornilla, y observé que á medida que la materia roja se iba calentando, su color aumentaba de intensidad. Al acercarse la retorta á la incandescencia, la materia roja comenzó á perder poco á poco su volúmen y en algunos minutos desapareció enteramente, condensándose al propio tiempo en el pequeño recipiente cuarenta y un granos y medio de mercurio líquido, y pasando bajo la campana siete ú ocho pulgadas cúbicas de un fluido elástico mucho mas propio que el aire atmosférico para mantener la combustion y la respiracion animal (1). Habiendo trasladado una porcion de este aire á un tubo de cristal de una pulgada de diámetro, y habiendo metido en él una bugía, noté que despedia un vivísimo resplandor: el carbon, en vez de consumirse apaciblemente como en el aire ordinario, ardia con una llama y una especie de decrepitacion como el fósforo, y con una luz tan viva que apenas podia la vista soportarla. Este aire que hemos descubierto casi á un mismo tiempo M. Priestley, M. Scheele y yo, ha sido llamado por el primero *aire desfogisticado*; por el segundo *aire imperial*: yo por mi parte le dí el nombre de *aire eminentemente respirable*, al que se ha sustituido el de *aire vital*, y finalmente el de *oxígeno*.

De estas esperiencias se deduce que el aire atmosférico está por lo menos compuesto de dos flúidos elásticos de naturaleza diferente, y por decirlo asi, opuesta. Una prueba de esta verdad es que si se reunen los dos gases obtenidos se vuelve á formar aire.

29. Proporción relativa de ambos gases. Lavoissier ha determinado tambien esta proporción introduciendo bajo una campana graduada, colocada sobre un baño de mercurio, 100 partes de aire en volúmen, alguna agua y un cilindrito de fósforo atado á un alambre de hierro delgado. A las

(1) Sin embargo, este gas, respirado sin la mezcla conveniente de ázoe, mata por esceso de vida, como luego veremos.

pocas horas el fósforo deja de brillar en la oscuridad, lo que prueba haber absorbido todo el oxígeno; y retirando entonces el cilindro, se comprueba que las 100 partes de aire se han reducido á 79 próximamente, cuyo residuo no es ya aire, sino ázoe; lo que deja conocer la circunstancia de que las bugías que se introducen en él se apagan instantáneamente, y que las otras 21 partes absorbidas por el fósforo son de oxígeno, componiéndose por consiguiente el aire de 21 volúmenes de este gas y 79 de ázoe.

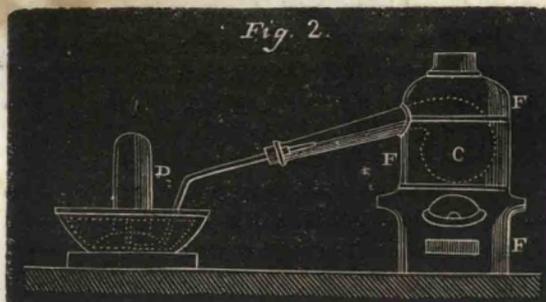
Segun las esperiencias de MM. Dumas y *Boussingault*, resulta que el aire está formado por 23 de *oxígeno* y 77 de *ázoe en peso*, y por 20,8 *oxígeno* y 79,2 de *ázoe en volúmen*. El aire contiene además de 0,004 á 0,006 de *ácido carbónico* en volúmen, igual cantidad próximamente de *hidrógeno carbonado*, cantidades variables de *vapor acuoso* y de *carbonato* y *nitrato* de amoniaco, cuya existencia es casi momentánea en la atmósfera á causa de su solubilidad en el agua. También se puede hacer el análisis del aire por medio de la combustión del hidrógeno en el *eudiómetro de Volta*.

30. Oxígeno.—Aire desfogisticado.—Aire vital.—Aire eminentemente respirable. Fue descubierto por Priestley: es un gas incoloro, insípido, inodoro y permanente. Su peso específico es de 1,1057: su peso atómico es 100. Sometido á una fuerte presión, desprende calórico y luz.

31. Carácterés. El oxígeno se combina en diferentes proporciones con todos los cuerpos simples, ya con desprendimiento de calórico, ya de calórico y luz.

32. Usos. Forma parte del aire atmosférico y de casi todos los óxidos y ácidos, y es el único gas que puede mantener la vida y la combustión.

33. Preparación. La mas económica consiste en calentar hasta el



rojo el *bióxido de manganeso* en una retorta de barro C (fig. 2), colocada en un horno de reverbero FF, con lo cual el *oxígeno* se desprende y es conducido por un tubo encorvado á la campana llena de agua D. En la retorta queda solamente *protóxido* y algun *bióxido* de manganeso. Valiéndose

del *clorato de potasa* se obtiene el oxígeno mas puro.

34. Combustion y llama. La *combustion* se define hoy: un fenómeno general que tiene lugar cuando los cuerpos se combinan con desprendimiento de calórico y de luz. Se habia creído que no podia presentarse este fenómeno sino cuando habia fijacion de oxígeno; pero el desprendimiento

de calórico y luz que se observa cuando se arroja *arsénico* y *antimonio* en polvo en una atmósfera de *cloro*, ha hecho variar la opinion en esta parte.

Cuando el desprendimiento de calórico y luz se desarrolla en una sustancia gaseosa, se produce lo que llamamos *llama*. Por consiguiente, la *llama* no es otra cosa que una materia gaseosa calentada hasta el punto de aparecer luminosa. Para obtener una luz comparable á la del sol, basta recibir sobre *cal* la llama que resulta de la combinacion del *hidrógeno* con el *oxígeno* puro.

Para aumentar considerablemente el calor de la llama, se dirige á ella una corriente de aire, que activa vivamente con su oxígeno la combustion de los gases que la producen.

El instrumento empleado con este objeto se llama *soplete* (1).

35. Teoría de la combustion. Esta teoría ha sido siempre la base de las doctrinas químicas: vamos, pues, á esponer muy brevemente las diferentes hipótesis:

36. Teoría del flogístico. Consiste en suponer que todos los cuerpos combustibles contenian una sustancia particular llamada *flogisto*, la cual desprendiéndose producía la combustion. *Staalh* fue el inventor de esta teoría, que destruyó Lavoissier probando que los cuerpos ganaban en vez de perder sustancia alguna con la combustion, y formó la

Teoría antiflogística. Consiste en suponer que el gas oxígeno al entrar en combinacion perdía su calórico latente, y que de aqui resultaba el desprendimiento de calor. Sin embargo, esta opinion de Lavoissier no es sostenible examinando la combustion del gas hidrógeno y la formacion del agua, puesto que la suma del calórico específico de los dos gases, oxígeno é hidrógeno, que entran en la formacion del agua es menor que el calórico específico de esta: debia, pues, resultar enfriamiento, y no desprendimiento de calor, cuyo origen fue preciso buscar en otra parte, creándose así la

Teoría electro-química. Consiste esta en suponer: *Que en toda binacion química hay neutralizacion de electricidades opuestas, cuya neutralizacion produce el fuego del mismo modo que la descarga de la botella de Leyde, de la pila y del rayo.* Esta opinion es la mas probable, puesto que en efecto, así en la combinacion de dos cuerpos como en la de dos electricidades opuestas, hay casi siempre desprendimiento de luz y de calor; no siendo menos notable la influencia de dos corrientes de electricidades contrarias para descomponer todos los cuerpos y separar sus elementos.

37. Respiracion. Este fenómeno de la fisiología animal se efectúa en los pulmones del hombre y de casi todos los animales. Esta funcion no puede ejercerse en un medio privado de aire; se detiene si la cantidad de aire es demasiado pequeña ó si está muy rarificado. Para probar este hecho se coloca un pájaro vivo debajo del recipiente de una máquina neumática cu-

(1) Este instrumento es de mucho uso tanto en química como en mineralogía.

bierta con una campana herméticamente cerrada. Luego que se ha estraído una parte del aire encerrado bajo el recipiente, el pájaro se debilita instantáneamente, bate las alas, cae abatido, hace inspiraciones frecuentes, y no tarda en sucumbir si no se le suministra inmediatamente aire. Ningun otro gas sirve para la respiracion: el oxígeno puro es demasiado activo: los demas flúidos obran ó como venenos, ó como materia inerte: el ácido carbónico se encuentra en el primer caso; el ázoe en el segundo. Sin embargo, el oxígeno hace un papel muy importante en la respiracion. *Priestley* y *Lavoisier* han probado que el aire espirado contiene algo mas de vapor de agua, un poco menos de oxígeno y algo mas de ácido carbónico que el aire inspirado; que el ázoe apenas varía en sus proporciones, y finalmente, que el volúmen de aire espirado es casi igual al del aire inspirado. De estos hechos *Lavoisier* y *Laplace* dedujeron que la sangre venosa, al ponerse en contacto con el aire de los vasos capilares de los pulmones, perdía una parte del carbono que se unía al oxígeno formando ácido carbónico, y de su hidrógeno que unido al mismo principio se convertía en agua. Esta teoría de la respiracion es muy sencilla, y el fenómeno principal consiste en una verdadera combustion. *M. Edwards* ha probado que este fenómeno no se efectuaba únicamente en los pulmones, sino en todo el aparato respiratorio (1). Esta teoría esplica tambien satisfactoriamente la causa del calor animal.

§. II. De los metaloides.

1. Cuáles son los caracteres distintivos de los metaloides? Qué es oxígeno?—2. Cuáles son las principales propiedades del hidrógeno?—3.Cuál es la causa de la detonacion en la combinacion del hidrógeno con el oxígeno?—4. Qué color comunican las diferentes sales á la llama del hidrógeno, segun las esperiencias de *M. Bibra*?—5. Cuáles son los caracteres esenciales para reconocer el hidrógeno?—6. A qué usos está destinado el hidrógeno?—7.Cuál es la preparacion del hidrógeno?—8. Cuáles son las combinaciones del hidrógeno?—9. Que caracteres presenta el boro?—10. Qué caracteres presenta el silicio?—11. Cuáles son los caracteres del carbono?—12. Qué es el diamante?—13. Qué es la plumbagina?—14. Qué es la antracita?—15. Qué es la hulla?—16. Qué son los carbonos?—17. Cómo se distingue el carbon vegetal y animal?—18. Cuáles son los caracteres esenciales para reconocer el carbono?—19. Cómo se prepara el carbono?—20. Cuáles son los usos del carbono?—21. Cuáles son las combinaciones del carbono?—22. Cuáles son las combinaciones del carbono con el hidrógeno?—23. Del proto-carburo de hidrógeno.—24. Del bi-carburo de hidrógeno.—25. Cómo se prepara el bi-carburo ó gas del alumbrado?—26. Usos del bi-carburo.—27. Historia del fósforo. Propiedades del fósforo. Dónde se encuentra el fósforo?—28. Preparacion del fósforo.—29. Cuáles son los usos del fósforo?—30. Combinaciones del fósforo.—31. Cuáles son las combinaciones del fósforo con el hidrógeno?—32. Cuáles son las propiedades del azufre?—33. Cómo y dónde se halla el azufre?—34. Cómo se estraee el azufre?—35. Cuáles son los usos del azufre?—36. Qué combinaciones forma el azufre?—37. A qué cuerpo son análogas las propiedades químicas del selenio?—38. Cuál es la historia del yodo?—38. Cuáles son las propiedades del yodo?—39. Cuáles son los caracteres esenciales para reconocer el yodo?—

(1) Véase la parte de historia natural en que se trata esta materia.

40. Cómo se prepara el yodo?—41. Cuáles son los usos del yodo?—42. Combinaciones del yodo.—43. Cuáles son las propiedades del bromo. Tiene aplicaciones?—44. Con quién se combina el bromo?—45. Historia del cloro.—46. Cuáles son las propiedades del cloro?—47. Cómo se prepara el cloro?—48. Cuáles son otras propiedades del cloro y sus aplicaciones? Cómo se efectúan las fumigaciones del cloro?—49. Qué es cloro líquido?—50. Cuáles son las combinaciones del cloro?—51. Cuáles son las combinaciones del cloro con el yodo y en qué se emplean?—52. Por qué no puede obtenerse libre el fluor?—53. Cuáles son las propiedades del ázoe?—54. Y los caracteres esenciales en que se le reconoce?—55. Dónde se encuentra el ázoe?—56. Cómo se estrae el ázoe y qué se hace para obtenerle puro?—57. Cuáles son las combinaciones del ázoe?

1. Los cuerpos *metaloideos* que hemos enumerado (pág. 359) tienen por carácter principal ser todos electro-negativos respecto á los *metales*, y conducir con menos facilidad que estos el calorico y la electricidad; y en especial formar generalmente *ácidos*, mientras los metales forman las mas de las veces *bases*.

2. **Oxígeno.** Véase la pág. 370 y siguientes del párrafo anterior.

Hidrógeno.—Aire inflamable. Estudiado particularmente por Cavendish en 1766. Este cuerpo abunda mucho en la naturaleza. Unido al oxígeno constituye el agua; al carbono y al oxígeno las materias vegetales; y finalmente al ázoe, carbono y oxígeno, las animales: en su estado de pureza es siempre gaseoso.—El hidrógeno es incoloro, inodoro, insípido: su peso específico muy débil, pues es $-0,0688$, su poder refractario considerable. Apaga los cuerpos en combustion, y es inútil para la respiracion. Es el mas electro-positivo de los metaloideos. Dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno; ó en peso 11,10 del primero y 88,90 del segundo colocados en un *eudiómetro* tratados por el fuego ó una chispa eléctrica, se combinan con desprendimiento de calor y luz, y forman agua.

3. En esta combinacion el vapor de agua que resulta de los dos gases componentes por efecto del calor de la combustion, ocupando menos espacio que estos, comprime el agua del eudiómetro de alto abajo; pero al ponerse en contacto con ella se condensa, y deja un espacio que de repente llena el agua, de cuyos dos efectos instantáneos resulta un doble choque, que produce la detonacion que se oye siempre en esta combinacion.—Esto puede tambien efectuarse con una fuerte presión por el calor que esta produce; y aun en frío por medio del paladio, el rodio, el iridio y el platino.—La llama del hidrógeno es la que produce el mayor calor de los conocidos, por lo cual se emplea para fundir las sustancias miradas como infusibles.—Una bugía encendida no puede inflamar el hidrógeno por el intermedio de una tela metálica, en cuya propiedad está fundada la lámpara de seguridad ó Davy, tan útil á los mineros.

4. De las esperiencias de M. Bibra acerca del color que las diferentes sales comunican á la llama del hidrógeno, resulta: que las de potasa le dan

un color violeta; las de sosa, un amarillo intenso; las de barita, un verde claro; las de estronciana, un rojo intenso; las de cal, un color de rosa; las de bismuto y mercurio, uno azulado; las de cobre, verde; y las combinaciones del arsénico y antimonio, blanco.

5. **Caractéres esenciales.** El gas hidrógeno es fácil de reconocer: 1.º por su ligereza; 2.º porque una bugía le inflama, produciendo una ligera detonacion y un poco de agua; 3.º porque introduciendo una bugía en lo interior de una campana llena de este gas, se apaga despues de haber puesto fuego á las primeras capas.

6. **Usos.** Sirve para hacer el análisis del aire, obtener una elevada temperatura y llenar los globos aerostáticos. El metal de la voz se cambia respirando hidrógeno puro mezclado con aire.

7. **Preparacion.** Se obtiene el hidrógeno derramando ácido sulfúrico disuelto en agua sobre limaduras de zinc ó hierro: el agua se descompone, su oxígeno se combina con el metal, el cual, oxidado, se une al ácido y forma sulfato de hierro ó de zinc, y el hidrógeno del agua se desprende.—Se obtiene tambien el hidrógeno descomponiendo el agua por medio de la pila.

8. **Combinaciones del hidrógeno.** Se combina con los demas meta-loideos, y forma tres series de compuestos: 1.º los neutros, llamados hidru-ros; 2.º los ácidos, llamados *hidrácidos*; 3.º los álcalis, como el amoniaco.

9. **Boro.** El boro es sólido, pulverulento, insípido, inodoro, y de un color oscuro verdoso: forma el *ácido bórico*, y el borato de sosa y de magnesia. No tiene aplicaciones.

10. **Silicio.** De un color oscuro negruzco, infusible, sin brillo, color, ni sabor: existe en gran cantidad en la naturaleza en combinacion con el oxígeno.

11. **Carbono.—Carbono puro.** Esta sustancia está muy esparcida en la naturaleza en estado de combinacion, pues todas las ma-terias vegetales y animales le contienen en gran cantidad, formando ade-mas parte del ácido carbónico y de todos los carbonatos. El *diamante* es carbono puro, verdad descubierta por Lavoissier, pues tratando esta materia por el fuego al contacto del aire desaparecia formándose áci-do carbónico lo mismo que con el carbon comun. Posteriormente se ha comprobado evidentemente este hecho tomándose igual cantidad en pe-so de diamante y carbono puro, y combinando separadamente estos dos cuerpos con igual cantidad de oxígeno, pues resulta de ambos esperi-mentos una misma cantidad de ácido carbónico, igual en peso al oxígeno y diamante, ó al oxígeno y carbono. Newton sospechó mucho an-tes la combustibilidad del diamante, fundado en su gran fuerza refrac-taria = á 3.1961.

12. El *diamante* se presenta bajo la forma de cristales muy brillantes, limpios y transparentes, aunque frecuentemente cubiertos con una corteza

mas ó menos gruesa. Se encuentra en las Indias orientales ó en el Brasil acompañado de una especie de terreno arenisco, que los naturales llaman *casallo*. Es el mas duro de los cuerpos conocidos, pues raya todos los demas, y solo puede impresionarle su propio polvo, de cuya propiedad se valen para pulirle. Privado del contacto del aire ó del oxígeno, es inalterable al fuego. Se emplea como un objeto de lujo.

13. La *plombagina*, llamada tambien *gráfito*, *mina de plomo* y *lapiz negro*, es una variedad del *carbono* mas ó menos impuro que se presenta en masas de color gris negruzco. Contiene mezcla de tierra y algun óxido de hierro, y se emplea en la fabricacion de lapiceros.

14. La *antracita* es una sustancia carbonosa y negra, empleada como combustible.

15. La *hulla*, palabra sajona, es otra sustancia carbonosa que se encuentra en grandes masas en el seno de la tierra, y que está formada de carbon y betun con una porcion variable de materias terrosas. Es el combustible mas abundante y precioso que se conoce, pues forma la base de todas las industrias en que se emplea el calor. Las mas abundantes minas de *hulla* se encuentran en Inglaterra y Bélgica. En España hay minas de *hulla* en Asturias, Cataluña y Andalucía.

16. **Carbones.** Lo que llamamos *carbon* es siempre una mezcla de *carbono*, de *hidrógeno* y de sales que constituyen la ceniza. En el carbon animal se halla el *ázoe* en una proporcion bastante grande. La cantidad de carbon puro varia segun la especie de carbon: el de materias animales es el que contiene menos.

17. **Distincion del carbon vegetal y animal.** El *carbon vegetal* ó *hidrogenado* es sólido, negro, frágil, muy poroso, inodoro, insípido, poco mas pesado que el agua, buen conductor del calórico cuando contiene pocas materias estrañas, y mal conductor del flúido eléctrico á no estar perfectamente calcinado. El calor le hace perder el agua absorvida, produciendo un gas compuesto de *óxido de carbono*, *hidrógeno* é *hidrógeno carbonado*. Por el mismo medio se combina con el oxígeno, y produce *ácido carbónico*. Este carbon posee, como todos los cuerpos porosos, la singular propiedad de absorver los gases: por esto se le emplea como desinfectante.

El *carbon animal* difiere poco del carbon vegetal: sin embargo, lo que mas le distingue es su composicion y la manera de comportarse con las materias colorantes. En efecto, este carbon posee la propiedad decolorante en tres veces mayor grado que el carbon vegetal.

18. **Caractéres esenciales del carbono.** El carbono combinándose con el oxígeno, produce ácido carbónico que turba el agua de cal.

19. **Preparacion.** El *carbono puro* es muy difícil de obtener. Se ha tenido como el mejor medio el calentar fuertemente *negro de humo* ó de marfil; pero el carbono que se obtiene no es puro. En el dia se cree prefe-

rible descomponer por el fuego en vasijas cerradas una materia orgánica pura, como la fécula ó el azúcar cristalizado.

20. **Usos.** El carbon tiene diversos usos: entra en la composicion de la pólvora y en la de la tinta de imprenta. Sirve para quitar el mal olor de las materias pútridas, para decolorar los líquidos y para la reduccion de los metales.

21. **Combinaciones del carbono.** El carbono se combina con el *hidrógeno*, el *azufre*, el *cloro* y el *ázo*. Estas combinaciones se llaman *carburos*.

22. **Combinaciones del carbono con el hidrógeno.** Muchas son las combinaciones que forman estos cuerpos; pero nosotros solo mencionaremos las dos mas interesantes, que son el *protocarburo* y el *bicarburo de hidrógeno*.

23. **Protocarburo de hidrógeno.**—**Hidrógeno protocarbonado.**—**Gas inflamable de las lagunas.** Gas insípido, inodoro, sin color, insoluble en el agua, es dos veces mas denso que el hidrógeno: mezclado con el aire ó el oxígeno, detona por medio de la chispa eléctrica. Si se enciende un surtidor de este gas en el aire, arde con una llama amarillenta. El cloro le descompone instantáneamente á la temperatura roja, apoderándose del hidrógeno, formando ácido cloro-hídrico y dejando el carbon libre. Se encuentra este gas en el fango de las lagunas y de todas las aguas estancadas. Se le encuentra tambien en algunas minas. A este gas son debidos los fuegos naturales que se observan en la pendiente septentrional del Apennino.

Se obtiene agitando el fango y recibiendo el gas que se desprende en frascos llenos de agua y provistos de anchos embudos.

24. **Bicarburo de hidrógeno.**—**Hidrógeno bicarbonado.**—**Gas oleificante, gas del alumbrado.** Este gas es incoloro, insípido, de un olor empyreumático; apaga los cuerpos en ignicion y su densidad es de 0,9852.—Si se le hace pasar por un tubo de porcelana incandecente, se descompone en carbon é hidrógeno. Las chispas eléctricas producen el mismo resultado, obteniéndose el hidrógeno puro.—El aire y el oxígeno á una alta temperatura le descomponen, produciéndose ácido carbónico y agua. Este gas mezclado al oxígeno ó el ~~aire~~ produce una fuerte detonacion si se le aplica una bugía.—El agua disuelve la sesta parte de su volúmen. El *cloro* le descompone, y forma un líquido oleaginoso, llamado *hidro-bicarburo de cloro*, que es una especie de éter.—El *azufre* y el *yodo* le descomponen tambien, formándose *ácido sulfuhídrico* y un compuesto cristalizado.

25. **Preparacion.** Se obtiene este gas, que no se halla puro en la naturaleza, calentando en una retorta cuatro partes de ácido sulfúrico y una de alcohol; pues descomponiéndose *este en bicarburo de hidrógeno y agua*, resulta que el *ácido sulfúrico* se apodera de esta, dejando libre el *bicarburo* que se desprende.

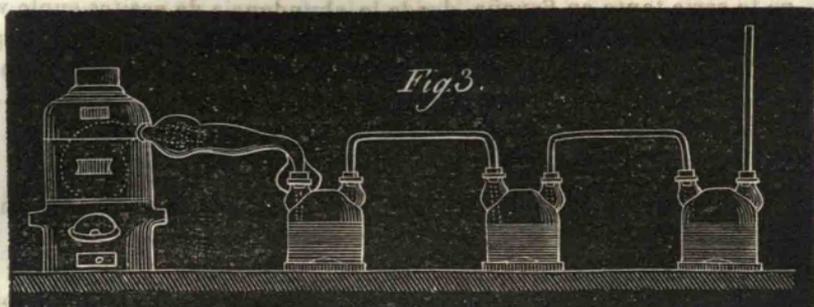
26. **Usos.** El bicarburo de hidrógeno se emplea en Francia é Inglaterra para el alumbrado; pero en este caso proviene, ó de la destilacion de la hulla, ó de la descomposicion de la resina y del aceite por medio de una fuerte temperatura.—Este alumbrado económico principalmente en aquellas naciones, no lo seria tanto en España, donde la abundancia de aceites suple ventajosamente su falta, no dando lugar á los peligros que resultan del empleo de este gas, y son de dos especies: 1.º Las esplosiones que pueden producirse en los depósitos; 2.º la asfixia que el mismo gas puede producir y de que hay recientes ejemplos.

27. **Fósforo.—Historia.** Este cuerpo fue descubierto por *Brandt*, alquimista de Hamburgo, en 1669 al hacer esperiencias con los orines. *Kraft* compró el secreto, que no quiso comunicar á *Kunkel*, que á fuerza de trabajos consiguió tambien estraerle, y lo mismo *Boile*; pero este descubrimiento no se hizo público hasta 1707, en que el gobierno francés compró el secreto á un extranjero.—*Schéele* y *Gahn* le descubrieron en los huesos de los animales, y desde entonces se obtiene con facilidad.

El fósforo es sólido á la temperatura ordinaria; insípido y de un olor á ajos, flexible en estado de pureza; pero $\frac{1}{1000}$ de azufre le hace quebradizo; la uña le raya con facilidad. Su peso específico es de 1,77. Su color varía: en el estado ordinario es trasparente y amarillo; pero si se le enfria bruscamente despues de haberle fundido, se presenta negro y opaco.—Es luminoso en la oscuridad, y de aqui el nombre de *fósforo* que se le ha dado. Es fusible á los 43.º, y cristaliza en agujas ú octaedros.—Agitado durante su enfriamiento con un liquido (alcohol, eter ó agua), se pulveriza. Sometido á un fuerte calor, y en vasijas cerradas, se volatiliza y puede destilársele. El fósforo espuesto á los rayos solares se enrojece, sea en el vacío, en el hidrógeno, en el ázoe ó en el aire. El fósforo en contacto con el oxígeno arde con brillantez, y se producen vapores blancos de ácido fosfórico anhidro y un poco de óxido rojo.—La presion influye en la temperatura, necesaria para determinar la combustion del oxígeno con el fósforo: la mezcla de ázoe, hidrógeno ó ácido carbónico favorece esta combustion. El agua no disuelve el fósforo; pero si contiene aire se forma óxido rojo y ácido fosforoso con la accion de la luz. Por eso se le conserva en agua destilada y fria y en la oscuridad. El fósforo no se halla puro en la naturaleza, sino en estado de combinacion en los huesos, en la materia cerebral, en los nervios, en grandes masas, en estado de fosfato de cal en Logrosan, en Estremadura, en los orines, etc.

28. **Preparacion.** Se toma *fosfato ácido de cal* reducido á la consistencia de jarabe: se mezcla esta sal con el cuarto de su peso de carbon y se seca esta mezcla, que se introduce en una retorta de barro colocada en una

horno de reverbero: se adapta al cuello un tubo de cobre que se sumerge en un frasco lleno de agua, y se enlazan otros tubos con otros frascos hasta el tercero, que tiene uno recto, por donde se desprenden los gases, según se ve (fig. 3). Se da fuego al horno, y al cabo de dos horas comienza á des-



prenderse gas óxido de carbono, hidrógeno carbonado y fosforado, que provienen de la descomposición por el carbon del agua que contenía la mezcla; y finalmente, al cabo de cuatro horas aparece el fósforo que se condensa en el agua de los frascos y en los tubos. Este producto se coloca después de frío en una piel de gamuza que se comprime dentro de agua bien caliente; el fósforo sale entonces por los poros de la piel, dejando en ella un poco de carbon y óxido de fósforo.

29. **Usos.** El fósforo se emplea para hacer el análisis del aire, para las pajuelas y eslabones fosfóricos, y en medicina como estimulante por su acción violenta sobre la economía animal.

30. **Combinaciones del fósforo.** El fósforo se combina con el hidrógeno, el azufre, el selenio, el yodo y el cloro.

31. **Combinaciones del fósforo con el hidrógeno.** Algunos químicos solo admiten una, otros dos, y son:

1.^a **El protofósforo de hidrógeno.**—**Hidrógeno protofosforado.** Gas incoloro y de un olor desagradable: no tiene aplicaciones, por lo cual nada mas diremos de él.

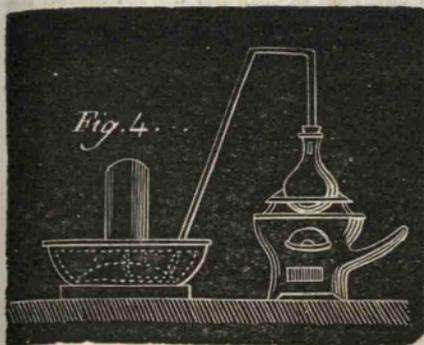
2.^a **El sesquí-fosforo de hidrógeno.** Gas incoloro, de un olor fuerte parecido al ajo, de sabor amargo: su densidad = 1,761.

Espuesto á una temperatura elevada, pierde el tercio de su fósforo y se convierte en proto-fosforo.

Este gas se inflama espontáneamente al contacto del aire, propiedad característica que permite reconocerle siempre. Este gas al inflamarse produce vapor de agua y ácido, que se elevan en forma de aureolas blancas.—Es algo soluble en el agua.

Este gas se forma en los parajes en que se hallan enterrados restos animales, y atravesando las hendiduras de los terrenos llega á la atmósfera, se inflama y produce los *fuegos fatuos* que se ven en los cementerios, y que tantos terrores causan al vulgo.

Preparacion. Se obtiene el sesqui-fosfuro de hidrógeno calentando en un matraz una pasta formada con cal, fósforo y agua.—Esta se descompone, cede su hidrógeno á una parte del fosforo para formar el gas sesqui-fosfuro, mientras que el oxígeno se une á la otra parte para formar el hipofosfito de cal. (fig. 4).



32. Azufre. El azufre es sólido, amarillo anaranjado, insípido, quebradizo: su fractura es luciente é inodora, á menos que se le frote, en cuyo caso toma un olor débil: su

peso específico es 1,99.

El azufre es mal conductor de la electricidad: el frote desarrolla en su superficie fluido eléctrico negativo.—Sometido á una tempera de 108.° se funde; entre 110 y 140, aparece mas limpio y amarillo; á 160° comienza á condensarse, y entre 220° y 250° se vuelve pastoso: una temperatura mas alta lo liquida. Si á 140 se enfría bruscamente, se vuelve sólido, seco y quebradizo; pero si se ha calentado lo bastante hasta hacerse pastoso, permanece blando aunque se le enfríe repentinamente. Este fenómeno se atribuye al diverso arreglo de sus moléculas. Finalmente, el azufre á una temperatura conveniente se volatiliza, y al enfriarse constituye las *flores de azufre*.

El oxígeno no tiene accion sobre el azufre; pero si se sumerge un pedazo de azufre con un punto de ignicion en un vaso lleno de oxígeno, este se combina con él, y produce *ácido sulfuroso*.

33. El azufre está muy esparcido en la naturaleza, asi puro como combinado: puro, en las cercanías de los volcanes y en *Hellin*; combinado, en todos los sulfuros, sulfatos, en muchos vegetales, particularmente en la familia de las crucíferas, y en algunas materias animales, como los huevos, los cabellos, la materia cerebral, etc.

34. Estracción. Se usan diversos procedimientos para obtener el azufre: daremos á conocer el mas usado. A la proximidad de los volcanes se encuentran terrenos que contienen azufre en gran cantidad. Para extraerle se colocan las materias terrosas en ollas de barro cocido provistas de un tubo que comunica con otras ollas, cuyo fondo está tapizado de agujeros y que descansa sobre una tina de madera llena de agua. Calentando el azufre se volatiliza, y viene á condensarse en el agua de la tina: el azufre obtenido se llama *en bruto*. Para separar las materias estrañas se le sublima. Al efecto se calienta en una caldera, que comunica con una cámara de albañilería destinada á recibir el azufre en vapor y á condensarle en forma de pol-

vo, que es lo que se llama *flores de azufre*. Si la operacion se continúa convenientemente, llega una época en que el calor de la cámara no condensa los vapores sino en estado líquido, y entonces el azufre corre á lo largo de un plano inclinado, y saliendo por una abertura practicada en la parte inferior pasa á los moldes de madera, que estan convenientemente humedecidos, y toma la forma con que se conoce el *azufre en canutillo*.

35. Usos. El azufre es una de las materias mas empleadas en las operaciones químicas. Se emplea tambien el azufre para la fabricacion de pajuelas, del ácido sulfúrico, de la pólvora, del ácido sulfuroso, del sulfuro de mercurio, del sulfato de cobre etc. La medicina le emplea en las enfermedades de la piel etc.

36. Combinaciones del azufre. El azufre se combina con el hidrógeno, con el carbono, con el fósforo, con el selenio, con el yodo y con el cloro: los compuestos que resultna no tienen aplicaciones, y solo estudiaremos en otro lugar el que forma con el hidrógeno.

37. Selenio. Descubierto por Berzelius: sus propiedades químicas son análogas á las del azufre. No tiene aplicaciones.

38. Yodo.—Historia. Descubierto por el fabricante Courtois en la sosa de varech, y estudiado por Gay-Lussac, que le dió el nombre de *yodo*, palabra griega que significa violado, por recordar el hermoso color de sus vapores.

38. Propiedades. El yodo es sólido á la temperatura ordinaria, de testura hojosa, de un color gris azulado parecido á la plombagina. Su tenacidad es muy débil; su olor análogo al del cloruro de azufre, su peso específico=4,916. Es de los cuerpos mas electro-negativos. Aplicado á la piel produce un color amarillo, y destruye los colores vegetales lo mismo que el cloro.

El yodo entra en fusion á los 107.º y en ebullicion á los 175, sin embargo, en razon de su tension se evapora en el agua hirviendo. Su vapor, cuya densidad es de 8,716, presenta siempre un hermoso color violado.

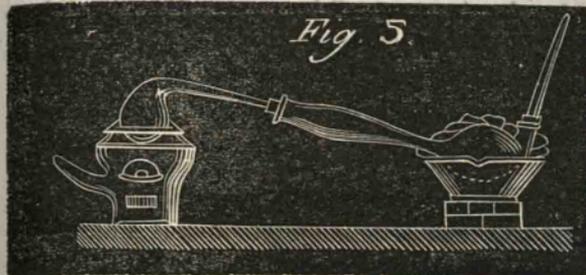
Para combinarse con el oxígeno, necesita este hallarse en estado de gas naciente.

Tiene una accion marcada sobre el hidrógeno que roba á una multitud de cuerpos.

El yodo no se halla puro en la naturaleza. En combinacion le contienen los focus, esponjas, algas y varechs. Vauquelin reconoció que un mineral de plata del Brasil era un *yoduro de plata*.

39. Carácterés esenciales. El yodo tratado por el calor produce un hermoso vapor violado: en contacto con el almidon se une á él, y forma un color azul, por lo cual se emplea para reconocer la fécula.

40. **Preparacion.** Se le estrae de las *aguas madres* de las sosas de varechs, donde se halla en estado de yoduro de potasio, ó de hidriodato de potasa



(1). Despues de convenientemente concentradas se introduce en una retorta (figura 5) con un exceso de ácido sulfúrico concentrado, y se da fuego hasta

el punto de ebullicion. Una parte del ácido sulfúrico se apodera de la potasa y deja libre el ácido hidroyódico, que cede su hidrógeno á un poco de oxígeno de la otra parte del ácido sulfúrico, y se forma agua, dejando el yodo libre, se desprende y viene á condensarse en un recipiente adoptado á la retorta. Lavándole, destilándole en una poca de agua de potasa, secándole entre las hojas del papel *joseph* y fundiéndole en un tubo, se obtiene el yodo suficientemente puro.

41. **Usos.** El yodo se emplea en medicina solo ó en estado de combinacion, con muy buen éxito.

42. **Combinaciones del yodo.** El yodo se combina con el hidrógeno, con el azufre, con el cloro y con el ázoe, cuyas combinaciones, no siendo la primera, no tienen aplicaciones.

43. **Bromo.** Descubierto por M. Balard. El *bromo* presenta la mayor analogía con el yodo. Se liquida á la temperatura ordinaria. En masa aparece de un color rojo oscuro, y en capas delgadas de un rojo jacinto. Su olor fuerte y desagradable es análogo al del cloro. Su sabor es muy cáustico. Aplicado á la piel, la pone amarilla como el yodo. Es un veneno enérgico, pues una sola gota colocada en el pico de un ave basta para matarla. No tiene aplicaciones, y se estrae del bromuro de magnesio, que se encuentra en las *aguas madres* de las salinas.

44. **Combinaciones del bromo.** El bromo se combina con el hidrógeno, el silicio, el carbono, el fósforo, el azufre, el yodo y el cloro, cuyos compuestos no estan estudiados ni tienen aplicaciones.

45. **Cloro.—Historia.** Fue descubierto en 1774 por Schéele, que le dió el nombre de *ácido marino* desfogisticado. Llamóse luego *ácido muriático oxigenado*, y *gas oximuriático* segun Kirwan. Finalmente, Gay-Lussac y Thenard le denominaron *cloro*.

46. **Propiedades.** Este cuerpo es un gas amarillo verdoso, con un olor y sabor tan fuertes y caracterizados, que permiten se le reco-

(1) Las *aguas madres* son el producto de la incineracion de las plantas marinas de que se estrae por medio del agua el carbonato de sosa.

nozca con facilidad.—Su peso específico es=2,4216.—Hace amarilla la tintura de tornasol; apaga las bugías encendidas, cuya llama palidece desde luego y se enrojece en seguida antes de apagarse.

No cambia de estado á una temperatura de $-50.^{\circ}$ si está bien seco; pero húmedo, se congela y forma un hidrato.—Uniendo la presión al enfriamiento puede obtenerse líquido.

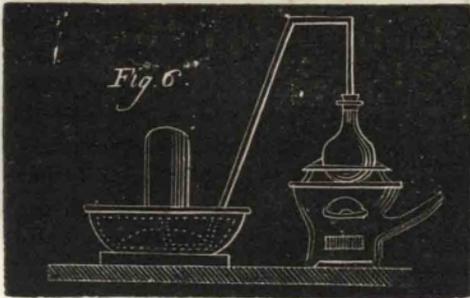
No se combina con el oxígeno sino en estado de gas naciente.

El cloro se une con el hidrógeno en volúmenes iguales, y forma gas *clorohídrico*. Esta combinación va acompañada de fenómenos singulares: 1.º Esta combinación no tiene lugar si la mezcla de hidrógeno y cloro se hace en paraje oscuro, sea cual fuere el tiempo empleado; 2.º espuesta la mezcla á la luz difusa, la combinación se efectúa lentamente y es forzosa la acción de los rayos solares para terminarla; 3.º finalmente, si la mezcla se espone inmediatamente á la luz solar ó al fuego, la combinación se efectúa instantáneamente con ruptura del frasco que contenga la mezcla.

El agua disuelve á la temperatura ordinaria una vez y media de su volúmen de cloro, y la disolución posee las mismas propiedades que este.—Espuesta á una temperatura de -2° ó -3° se produce una multitud de cristales luminosos, amarillo-oscuros, formados del ázoe y del cloro.

Este cuerpo no se encuentra puro en la naturaleza; pero en estado de combinación forma parte del ácido clorohídrico y de todos los cloruros.

47. **Preparacion.** Para obtener el cloro se coloca en un matraz



(fig. 6) peróxido de manganeso, sobre el cual se derrama ácido clorohídrico, observándose inmediatamente una efervescencia debida al desprendimiento del cloro, que es conducido por un tubo á frascos llenos de agua y saturados de sal marina.—La teoría es muy sencilla: una parte del ácido se descompone en cloro, que se desprende, y en hidrógeno, que se une á una parte del oxígeno del peróxido de manganeso, forma agua.

48. **Propiedades y usos del cloro.** El cloro ejerce una acción muy fuerte sobre la economía animal. Respirado por algunos instantes produce tos, y dificulta la respiración; si se continúa respirando, espantos sanguinolentos, y finalmente la muerte. Los químicos Pelletier y Rué perdieron la vida estudiando las propiedades de este gas.—Se neutralizan prontamente sus efectos por el desprendimiento del amoniaco.—Ataca las materias colorantes, vegetales ó animales, dándoles un color amarillento. De aquí el uso del clo-

ro para el blanqueo de las telas. Esta propiedad, lo mismo que la desinfectante, que posee el cloro, se debe á su afinidad con el hidrógeno, de cuyo principio se apodera.

Fumigaciones de cloro. Para hacer fumigaciones de cloro en enfermerías ó cárceles se toman 300 gramos de cloruro de potasio en polvo, 500 de bióxido de manganeso, 200 de ácido sulfúrico y 200 de agua. Se mezcla el cloruro de sodio, el bióxido de manganeso y el agua en una cápsula de cristal ó barro, á que se añade luego el ácido sulfúrico, y al momento se desprenderán unos vapores amarillos verdosos, que serán mas abundantes si se menea la mezcla. Conviene usar al efecto un tubo de cristal ó de porcelana. La pieza en que se haga la fumigacion debe estar perfectamente cerrada á lo menos una media hora. Las dosis indicadas son suficientes para desinfectar una pieza de 113 méetros cúbicos y se aumentará ó disminuirá en proporcion del espacio.

49. Cloro líquido.—Solucion de cloro. Cuando se quiere obtener este producto se emplea el aparato usado para obtener el gas en estado de disolucion en el agua, y que se llama *aparato de Wolf*.

50. Combinaciones del cloro. El cloro se combina con todos los demas cuerpos simples. Con el hidrógeno forma un ácido importante que luego estudiaremos. Las demas combinaciones no tienen usos, y únicamente las

51. Combinaciones del cloro con el yodo. Son el *proto-cloruro* y el *percloruro de yodo*, que se emplean en los daguerreotipos para obtener placas muy rápidamente impresionables.

52. Fluor ó phloro. Este cuerpo no puede obtenerse libre, porque ataca todas las vasijas en que se ha querido obtener, por lo cual no pudo estudiarse, ni darle aplicaciones.

53. Azoe ó nitrógeno.—Mofete. Notable por sus propiedades negativas. Es gaseoso, incoloro, inodoro é insípido; apaga los cuerpos en ignicion: su peso específico es =0,972. El frio le dilata sin haerle cambiar de estado. Es poco refractario. El oxígeno no tiene la menor accion forzosa sobre él: sin embargo, la chispa eléctrica da lugar á la formacion de algun ácido nítrico cuando los gases estan húmedos. Para las demas combinaciones es necesario que entrambos cuerpos se hallen en estado de gas naciente.

54. Caracteres esenciales. Se reconoce el azoe: 1.º en que es incoloro; 2.º en que apaga los cuerpos en combustion; 3.º en que enrojece la tortura de tornasol; 4.º en que es insoluble en el agua; 5.º en que no forma precipitado con el agua de cal.

55. El azoe está muy esparcido en la naturaleza, hace parte de los nitratos, del amoniaco, de algunas materias vegetales y de casi todas las materias animales. Finalmente, formá casi las $\frac{1}{8}$ partes del volúmen de aire atmosférico.

56. Estraccion. Se estrae el azoe del aire atmosférico, á cuyo efecto

se quema en una cantidad determinada de aire una ligera porcion de fósforo: pues apoderándose este del oxígeno, forma ácido fosfórico, dejando el ázoe en libertad. Para purificarle del gas ácido fosfórico en vapor que contiene, se le añade una ligera porcion de cloro, que forma cloruro de fósforo, luego se pone en el frasco un poco de potasa, y despues de tapado se agita, con lo cual el cloruro, el esceso de cloro y un poco de ácido carbónico se disuelven, y el ázoe que sobrenada en el líquido puede considerarse puro.

57. Combinaciones del ázoe. El ázoe no se combina directamente en circunstancias comunes con ningun cuerpo simple; pero en estado de gas naciente y en otras condiciones forma, compuestos muy interesantes, de los cuales estudiaremos algunos de otro lugar. Con el hidrógeno forma el *amoníaco*; con el carbono el *nitruro de carbono* ó *cianógeno*, que forma con el hidrógeno el ácido cianohídrico, veneno peligroso, que tambien daremos á conocer muy luego, y finalmente, con el yodo y el cloro forma *nitruros* de yodo y cloro, cuerpos peligrosísimos de manejar.

§. III. De los óxidos y ácidos no metálicos.

1. Cómo se distinguen los óxidos de los ácidos?—2. Qué combinaciones forma el oxígeno con el hidrógeno?—3. Quién descubrió la composicion del agua?—4. De qué medios se valió Lavoissier para descomponer el agua?—5. Cómo verificó Lavoissier la recomposicion ó síntesis del agua?—6. Cuáles son las propiedades físicas del agua?—7. Cuáles son sus propiedades químicas?—8. Cuál es el estado natural del agua?—9. De qué medios podemos valernos para reconocer la bondad de las aguas?—10. Qué preparacion se usa para destilar el agua?—11. Qué es destilacion?—12. Destilacion por el alambique.—13. Cuáles son las propiedades del bióxido de hidrógeno?—14. Qué usos tiene?—15. Cuáles son las propiedades del ácido bórico?—16. Cuáles son sus usos?—17. Cuáles son las combinaciones del carbono con el oxígeno?—18. Cuáles son las propiedades del ácido carbónico?—19. Dónde se encuentra este ácido?—20. Cómo se prepara?—21. Cuáles son sus usos.—22. Qué presenta de mas notable el ácido silícico?—23. Cuáles son las combinaciones del fósforo con el oxígeno?—24. Cuáles son las combinaciones del azufre con el oxígeno?—25. Cuáles son las propiedades del ácido sulfuroso?—26. Y su estado y preparacion?—27. Cuáles son sus usos?—28. Es muy importante el ácido sulfúrico?—29. Cómo se prepara el ácido sulfúrico y cuántas especies resultan de su preparacion?—30. Preparacion del ácido de Nordhaussen.—31. Cómo se obtiene la modificacion anhidro?—32. Qué propiedades presenta?—33. En qué se emplea?—34. Cómo se obtiene el ácido sulfúrico hidratado en los laboratorios?—35. Y para las artes?—36. Cuáles son las propiedades del ácido sulfúrico hidratado?—37. Qué fenómenos presenta el ácido sulfúrico con el agua?—38. Y con los metales?—39. Cuáles son sus usos?—40. Cuáles son las combinaciones del silicio con el oxígeno?—41. Cuáles son las combinaciones del yodo con el oxígeno?—42. Cuáles son las combinaciones del cloro con el oxígeno?—43. Cuáles son las del ázoe con el oxígeno?—44. Qué hay de notable en el óxido de ázoe?—45. Propiedades del bióxido de ázoe.—46. Estraccion del bióxido de ázoe.—47. Cuáles son las propiedades del ácido nitroso?—48. Cuáles son las propiedades del ácido hiponitroso?—49. Quién descubrió el ácido nítrico?—50. Qué propiedades tiene?—51. Cómo se prepara?—52. Cuáles son sus usos?

1. Distincion de los óxidos y de los ácidos. El principal carácter de los ácidos es el poderse combinar con los óxidos

los metales electro-positivos y formar sales; los caracteres accesorios son un sabor agrio y la propiedad de enrojecer el color azul vegetal.

El principal carácter de las bases ú óxidos báricos es el de poder combinarse con los ácidos y formar sales; sus caracteres accesorios son: un sabor urinoso, la propiedad de devolver su primitivo color azul al papel de tornasol enrojecido por un ácido, la de enverdecer la tintura de violeta y enrojecer el papel amarillo de cúrcuma.

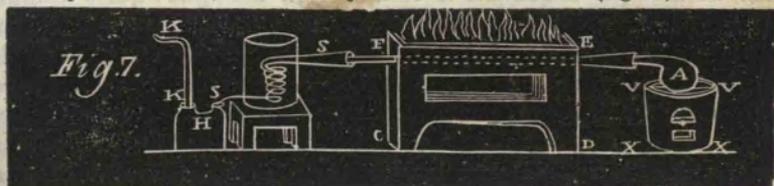
Asi los óxidos como los ácidos insolubles en el agua no pueden revelar los caracteres accesorios que se les asignan.

2. Combinaciones del oxígeno con el hidrógeno. El oxígeno al combinarse con el hidrógeno forma dos combinaciones, el *agua* y el *sobreóxido de hidrógeno* ú *agua oxigenada*.

3. Agua.—Óxido de hidrógeno.—Óxido hídrico. A pesar de la importancia de este líquido, de sus continuas y diversas aplicaciones y de ser necesario á la vida, no se ha conocido su composición hasta fines del siglo xviii, en que el genio de Lavoissier la descubrió, cuya gloria no pueden arrebatarse Watt, Cavendish y Priestley, segun opinion del ilustre Berzelius.

4. Medios de que se valió Lavoissier para descomponer el agua. Varias esperiencias empleó Lavoissier para hallar la composición del agua; pero la mas eficaz y decisiva fue la siguiente, que tomamos de las obras del mismo Lavoissier.

Esperiencia III.—Descomposicion del agua. Se toma un tubo de cristal EF poco fusible, enlodado y rodeado de bricho (fig. 7) de 8 á 12 lí-



neas de diámetro, que atraviesa un hornillo con una ligera inclinación de E á T, y dentro del cual se colocan 27½ granos de laminitas de hierro dulce en espiral. Al extremo superior E de este tubo se ajusta una retorta de cristal A, que contiene una cantidad de agua destilada. A su extremo inferior F se adapta un serpentín SS', que se introduce en S' en el cuello de un frasco H de dos tubuluras, en una de las cuales se adapta un tubo de cristal encorvado KK', destinado á conducir los flúidos aeriformes ó gases á un aparato propio para determinar su calidad y cantidad.

Asi todo dispuesto, se enciende fuego en el horno EFCD, y se mantiene de manera que se enrojezca el tubo de cristal EF sin fundirle (1), encen-

(1) A fin de evitar este inconveniente, se ha sustituido despues á este tubo uno de porcelana.

diendo tambien en el horno VVXX el fuego suficiente para mantener hirviendo el agua de la retorta A.

Efecto. Despréndese desde luego un gas inflamable 13 veces mas ligero que el aire atmosférico: el peso total que se obtiene son 15 granos, y su volúmen 416 pulgadas cúbicas próximamente. Comparando la cantidad de agua empleada primitivamente con la que queda en el frasco H, se halla un déficit de 100 granos. Por otra parte, los 274 granos de hierro encerrados en el tubo EF resultan pesar 85 granos mas, y su volúmen se halla aumentado considerablemente. En una palabra, este hierro se encuentra en el estado de óxido negro de hierro, como el que ha sido en el oxígeno.

Reflexiones. El resultado de esta esperiencia presenta una verdadera oxidacion del hierro por el agua; oxidacion del todo semejante á la que se opera en el aire con el auxilio del calor. Cien granos de agua aparecen descompuestos, 85 de oxígeno unidos al hierro para constituirle en el estado de óxido negro, y 15 granos de un gas inflamable y particular se han desprendido. De todo lo cual se deduce evidentemente que el agua es un compuesto de oxígeno y de la base de un gas inflamable, en la proporcion de 85 partes contra 15.—El agua, pues, independientemente del oxígeno, que es uno de sus principios, y que le es comun con otras muchas sustancias, contiene otro que le es peculiar, que es su radical constitutivo, y al cual nos vemos obligados á dar nombre, y ninguno nos ha parecido mas propio que el de *hidrógeno*, es decir, principio generador del agua; *hidros* agua, y *geno* yo engendro.

5. Recomposicion ó síntesis del agua. Lavoissier, no satisfecho de haber hallado por el análisis la composicion del agua, quiso comprobar este hecho por la síntesis formando este líquido. Al efecto, despues de hecho el vacío en un matraz de cristal de unos treinta cuartillos de capacidad y de boca ancha, se pasan á él por un aparato conveniente un volúmen de gas oxígeno y dos de hidrógeno, perfectamente puros y bien secos; se encienden los gases por medio de una chispa eléctrica, y continuando el suministro de los gases se consigue mantener largo tiempo la combustion. A medida que esta se efectúa, se van colocando en las paredes del matraz gotitas de agua, que van aumentándose poco á poco, hasta que ruedan por las paredes y se reunen en el fondo del matraz. Pesando el matraz antes y despues de la operacion, se viene en conocimiento de la cantidad de agua que se ha formado, teniendo en este hecho una prueba doble, pues el peso de los dos gases empleados es igual al del agua formada.

Este fenómeno de la descomposicion y recomposicion del agua se verifica continuamente á nuestra vista á la temperatura de la atmósfera y por efecto de las afinidades compuestas, y á esta descomposicion son debidos muchos de los fenómenos de la vegetacion.

Se puede descomponer el agua por medio de la pila.

Todos estos hechos prueban evidentemente que el agua es un compuesto

de 2 de hidrógeno y 1 de oxígeno= H^2O . — En peso contiene una parte de hidrógeno y ocho de oxígeno.

6. Propiedades físicas del agua. El agua es líquida á la temperatura ordinaria, trasparente, incolora, inodora, insípida, elástica, capaz de transmitir el sonido y mojar los cuerpos. Su compresibilidad, negada por mucho tiempo, ha sido demostrada por MM. Perkins, Oersted y Canton. Su peso específico es la unidad á que se comparan todos los líquidos y sólidos. Un litro de agua á $+ 4.^{\circ}$ pesa 1000 gramas.

El agua conduce mal el flúido eléctrico, refracta extraordinariamente la luz. Entra en ebullicion á los $100.^{\circ}$ á la presión ordinaria. El aumento y disminucion de esta retarda ó acelera su punto de ebullicion. Las sales que tienen afinidad con el agua la retardan igualmente; pero algunas sales metálicas la aceleran. El agua se volatiliza fácilmente, y el vapor que resulta, ocupa un espacio 1700 veces mayor que en el citado líquido. La tension del vapor del agua aumenta, lo mismo que la de los demas gases, con la temperatura.

El agua se condensa segun que la temperatura disminuye hasta $+ 4.^{\circ}$; y por el contrario, se dilata desde este punto hasta el de congelacion, que se efectúa á $0.^{\circ}$. Por eso el hielo es mas ligero que el agua, cuyo mayor grado de densidad es $+ 4.^{\circ}$. Su punto de congelacion puede retardarse, lo mismo que el de ebullicion, con las mismas sustancias salinas, habiéndose conseguido mantener el agua sin congelarse hasta $-12.^{\circ}$.

7. Propiedades químicas. El oxígeno se disuelve en el agua con cantidad tanto mayor quanto menor sea la temperatura y la presión mas fuerte. El aire se disuelve tambien, pero en menor cantidad. El hidrógeno se disuelve en una pequenísimas cantidad. De los metaloides solo el azoe, el yodo, el bromo y el cloro se disuelven en el agua. El boro y el carbono la descomponen á una elevada temperatura, formándose con el primero ácido bórico é hidrógeno, y con el segundo ácido carbónico y protocarburo de hidrógeno. El carbon puede absorber agua, y perder asi los gases que contenia. Calentado con ella el yodo la descompone, y forma ácido yodohídrico y ácido yódico. El cloro disuelto en agua constituye el cloro líquido. El calor ó la luz solar aplicados á esta disolucion determinan la descomposicion del agua, la formacion de ácido clorohídrico, de oxígeno que queda libre, y de un poco de ácido clórico.

Ningun metal es soluble en el agua; pero muchos la descomponen á diferentes temperaturas.

La mayor parte de los ácidos se disuelven en el agua, y muy particularmente los que tienen un sabor pronunciado.

Las aleaciones obran sobre el agua como los metales que contienen. La mayor parte de los óxidos metálicos son insolubles, aunque hay algunos, como los de la primera seccion, que se disuelven en el agua.

8. Estado natural. El agua se halla abundantemente en la naturaleza.

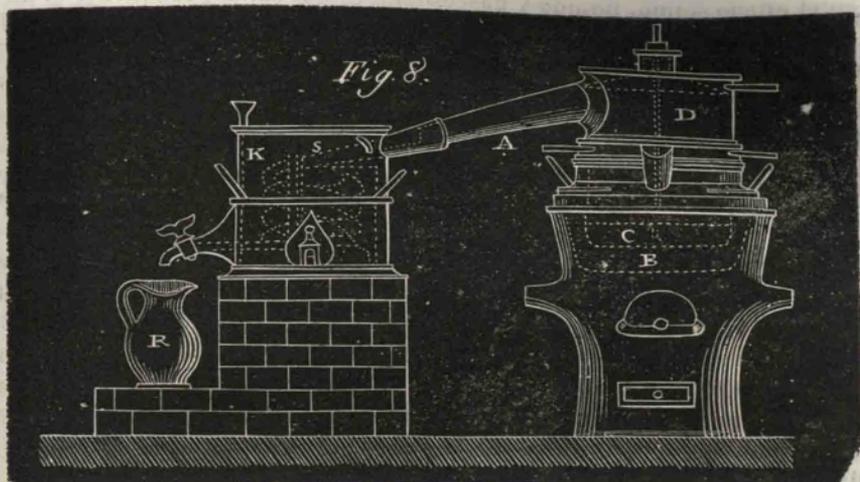
za en el estado sólido, líquido y gaseoso. En estado sólido, constituye el *hielo*, el *granizo* y la *nieve*. En estado líquido es mucho mas abundante, pues constituye los rios, los lagos, los mares, etc.; pero nunca está pura, conteniendo diversas materias, como sal comun, sal de cal, hierro, magnesia, ácido carbónico, sulfuhídrico etc. Cuando la proporcion de estos cuerpos es bastante para obrar en la economía animal, toma el nombre de *agua mineral*; pero si la cantidad de las sales es poco notable, de manera que no puede darle sabor, entonces toma el nombre de *agua dulce ó potable*. Finalmente, en estado de vapor se encuentra en bastante cantidad en la atmósfera.

9. **Medios para reconocer la bondad de las aguas.** Se considera el agua como suficientemente pura y buena para los usos comunes cuando es inodora, agradable al gusto, que disuelve el jabon sin formar cuajarones, y que no da precipitados abundantes por medio de los nitratos de bariita y plata ó del oxalato de amoniaco; y finalmente, cuando haciéndola evaporar desprende al principio de la operacion numerosas burbujas, sin que deje un residuo superior á cuatro decigramas por litro.

10. **Preparacion del agua destilada.** Para obtener el agua en estado de pureza y privada de aire, se destila, sin recoger los productos, hasta haber desperdiciado las 0,04 del agua empleada, y continúa la operacion hasta las $\frac{3}{4}$. En la primera parte se halla carbonato de amoniaco, procedente de las materias animales; en la segunda, por el contrario, ciertas sales que el agua encierra suelen obrar sobre sí y formar productos volátiles de que se carga el agua.

11. **Destilacion.** La destilacion es una operacion que tiene por objeto separar un producto volátil de sustancias que son menos volátiles que él. Hay varios medios de destilacion; pero el principal es

12. **La destilacion por el alambique.** Este instrumento se compone de tres partes, cuya forma ejerce una influencia esencial en el resultado; estas tres partes son: la *cucurbita*, el *chapitel* y el *refrigerante* (figura 8).



La cucurbita C debe tener una superficie dilatada con objeto de conseguir mas fácilmente la evaporizacion, pues está esta en razon directa de la mayor estension de aquella.

El chapitel D ha sufrido importantes y numerosas modificaciones ; pero hoy se ha reconocido ser el mejor uno pequeño ó simplemente un tubo de cobre encorvado , que se adapte exactamente á la caldera por el extremo mas ancho , ajustando la menor al *refrigerante*.

Este , conocido en Francia con el nombre de *serpentin* , es la parte destinada á la condensacion de los vapores y á volverles al estado líquido. En un principio era un tubo recto ; pero en el dia está enroscado en espiral y contenido en un vaso K , derramándose el líquido destilado por la llave en el recipiente R.

13. Bióxido de hidrógeno.—Agua oxigenada. Este compuesto es líquido , incoloro é inodoro. Destruye el color de curcumá ; tiene gusto metálico ; produce una picazon en la lengua y espesa la saliva : ataca la piel, la altera y destruye aplicado en capas densas : su tension es mas débil que la del agua. Todos los metales, menos el antimonio , el telurio , el hierro y el estaño, le reducen al estado de agua comun. Muchos ácidos metálicos le descomponen. Los ácidos, por el contrario, le fijan mas.

14. Usos. El agua oxigenada se emplea á lo exterior como un escitante muy enérgico , y para restaurar las pinturas antiguas ennegrecidas por el ácido sulfhídrico , en cuyo caso el sulfuro negro de plomo que se ha formado pasa al estado de sulfato blanco.

15. Acido bórico.—Acido borácico.—Sal sedativa de Hamberg. Sólido , blanco , inodoro y que enrojece la tintura de tornasol, aunque débilmente. Su peso específico es=4803 A mas alta

temperatura se funde y presenta en cristal incoloro y trasparente. Se volatiliza en el agua hirviendo.

Caractéres esenciales. Se reconoce este ácido disolviéndole en el alcohol, pues comunica á su llama un color verde.

16. **Usos.** Se emplea para analizar las piedras gemas, y en medicina como calmante y antiespasmódico.

17. **Combinaciones del carbono y del oxígeno.** El carbono se une con el oxígeno, y forma cinco compuestos, á saber: el *óxido de carbono*, CO ; el *ácido carbónico*, CO_2 ; el *ácido oxálico* C_2O_3 ; el *ácido cocrónico*, C_2O_4 ; el *ácido melítico*, C_3O_5 . Solo hablaremos del mas importante de estos compuestos, que es el

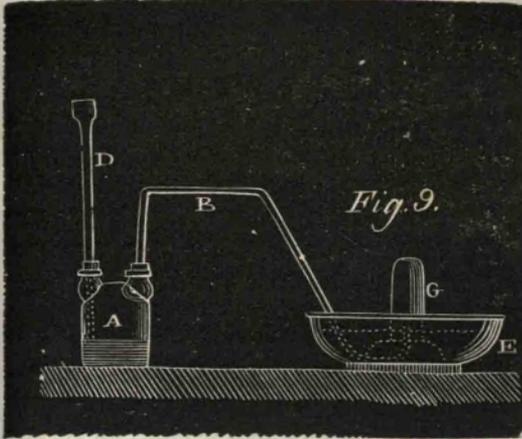
18. **Acido carbónico.—Propiedades.** El ácido carbónico es un gas incoloro, de sabor acre; su olor produce una especie de cosquilleo: enrojece débilmente la tintura de tornasol, apaga los cuerpos en combustion, y no solo es impropio para la respiracion, sino que asfixia los animales que le respiran. Su densidad es 1,5245; este peso, mayor que el del aire, hace que se le pueda trasvasar como un líquido. A—20 no cambia de estado; pero aumentando la presion liquifica.

A la temperatura ordinaria el agua disuelve vez y media el volúmen de este gas; pero aumentando la presion, y disminuyendo la temperatura, puede disolver hasta seis veces su volúmen.

19. **Estado natural.** El ácido carbónico existe en estado de gas: 1.º En el aire atmosférico, y en estado de pureza en muchas grutas (1); 2.º disuelto en el agua y en muchos medicinales; 3.º en combinacion en estado de carbonato con varios óxidos. Se forma ademas constantemente por la combustion del carbon y por la respiracion.

(1) Una de las mas conocidas es la nombrada del *Perro* cerca de Pouzzoles en Italia: contiene ordinariamente una capa de cinco á seis decímetros de gas *ácido carbónico*: por manera que un hombre puede bajar á ella sin peligro; pero un perro se asfixia inmediatamente.

20. **Preparacion.** La creta, los mármoles son carbonates de cal mas ó menos puros, que puestos en contacto con ácidos enérgicos desalojan el ácido carbónico, que puede recogerse fácilmente. Para prepararle se toman algunos fragmentos de mármol blanco, se introducen en un frasco de dos tubuluras (figura 9), á una de las cuales se adapta un tubo que va á parar á un frasco de Wolf que contiene un poco de agua ligeramente alcalina: á este frasco está adaptado otro tubo propio para recoger el gas y conducirlo á una cuba de agua ó mercurio. A la otra tubulura se adapta un tubo con un embudo para introducir por él ácido hidrocórico en cantidad suficiente para descomponer el carbonato de cal, y la operacion marcha por sí sola á la temperatura ordinaria.



le á una cuba de agua ó mercurio. A la otra tubulura se adapta un tubo con un embudo para introducir por él ácido hidrocórico en cantidad suficiente para descomponer el carbonato de cal, y la operacion marcha por sí sola á la temperatura ordinaria.

21. **Usos.** El agua con cinco veces su volúmen de gas ácido carbónico constituye el agua gaseosa, que sirve de base al agua de Seltz artificial, de tan comun uso. Sirve de alimento á las plantas, pues absorbe el carbono necesario, descomponiendo este ácido.

22. **Acido silíceo.—Sílice.** Bergmann examinó el primero las propiedades de la *silice*, que constituye la base de una gran cantidad de minerales: el cristal de roca, donde se halla pura, las piedras de chispa, los barro, la arena, la ágata, el ópalo etc. El *ácido silíceo* es blanco, pulverulento, insoluble en el agua y en los ácidos: su peso específico 2,66. Infusible al calor de nuestros hornos, solo se funde por medio de la lámpara alimentada con el oxígeno.

23. **De las combinaciones del fósforo y del oxígeno.** Se conocen cinco combinaciones del fósforo con el oxígeno, á saber: el *óxido de fósforo*, el *ácido hipo-fosforoso*, el *ácido fosforoso*, el *ácido fosfático* y el *ácido fosfórico*. Este último, que es el mas importante, se aplica en medicina para hacer limonadas: no tienen usos, por lo cual no nos ocuparemos de ellos.

24. **De las combinaciones del azufre con el oxígeno.** Las combinaciones del azufre con el oxígeno son cuatro: los ácidos *hipo-sulfuroso* y *sulfuroso*, é *hipo-sulfúrico* y *sulfúrico*.

25. **Acido sulfuroso.** Es un gas invisible, de un sabor fuerte y desagradable, de un olor picante, *sui generis*, que escita la tos.

estrecha el pecho y sofoca los animales que le respiran. Enrojece la tinctura de tornasol, y luego la vuelve amarilla. Su peso específico = 2,234. El calor no le descompone. Una baja temperatura le liquidifica, siendo suficiente para este efecto una mezcla de dos partes de hielo y una de sal comun. Líquido, es incoloro, trasparente, muy volátil, y entra en ebullicion á—10.º Al volatilizarse produce un frio tal, que puede solidificar el mercurio, liquidificar el cloro, el amoniaco y el cianógeno, y hasta solidificar este. El oxígeno no tiene accion sobre este ácido: el hidrógeno y el carbono le descomponen. El agua disuelve 37 veces su volúmen á la temperatura de 20.º, y presion de 0.^m 76. Este gas descompone el ácido sulfuhídrico, de que resulta agua y azufre. El potasio y el sodio le descomponen.

26. **Estado natural.**—**Preparacion.** Se encuentra este ácido en las cercanías de los volcanes. Se obtiene frotando el ácido sulfúrico por el mercurio y aplicando calor: el ácido se descompone en oxígeno, que forma con el mercurio un óxido que se une al ácido sulfúrico, produciendo un sulfato de mercurio, y en ácido sulfuroso que se desprende. Este mismo ácido se produce siempre que se quema el azufre al aire libre, siendo por consiguiente el que se desprende cuando se encienden pajuelas.

27. **Usos.** Se emplea para decolorar los tejidos, blanquear las telas de seda, lana, etc., quitar las manchas de frutas de los lienzos y evitar la fermentacion al cohólica (1); y en medicina suministrado en fumigaciones para las enfermedades de la piel.

28. **Acido sulfúrico.**—**Acete de vitriolo.** Es el mas importante de los ácidos, y fue descubierto por Basilio Valentin, monge y alquimista.

29. **Preparacion.** El ácido sulfúrico se prepara de dos modos, y segun que se emplea uno ú otro método, se obtienen dos modificaciones distintas, conocidas en el comercio bajo el nombre: 1.º de *ácido de Nordhausen*; 2.º de *ácido de Francia* ó de *Inglaterra*, ó de *ácido sulfúrico hidratado*.

30. El *ácido de Nordhausen* se prepara calentando el sulfato de hierro hasta que perdiendo su agua de cristalizacion haya pasado al estado de sulfato férrico, se introduce luego en retortas de barro, y se calienta hasta el rojo blanco. A esta temperatura el óxido férrico es abandonado por el ácido que se recibe en un recipiente de cristal adaptado á la retorta. Este ácido contiene dos modificaciones: la anhidro y la hidratada.

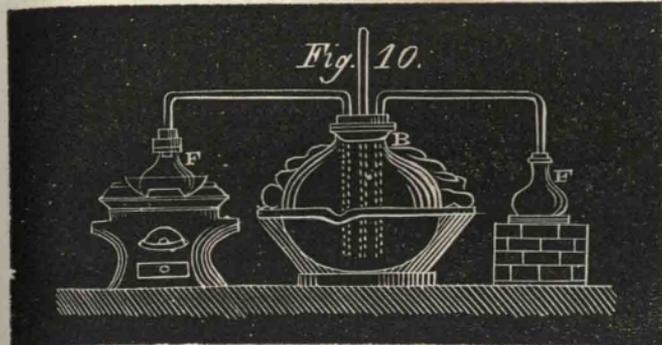
31. Esta es la que se obtiene de la operacion precedente. La *anhidro* se consigue calentando dulcemente la hidratada de Nordhausen en una retorta provista de un recipiente bien seco, produciéndose una masa de cristaltos semejantes al *abesto*.

(1) Con este motivo le emplean á menudo los traficantes de vinos.

32. **Propiedades.** Espuesto al aire, esparea un humo espeso: á + 18 se líquida: á + 20 su densidad es 1,97. A algunos grados mas de su punto de fusion se volatiliza; y tiene una afinidad tan marcada en el agua, que derramando algunas gotas de esta, presenta el mismo fenómeno que si se introdujese en el agua un hierro ardiendo.

33. **Usos.** Este ácido se emplea para disolver el índigo en su preparacion para la tintura de lana conocida con el nombre de *azul de Sajonia*.

34. *El ácido sulfúrico acuoso inglés ó hidratado (aceite de vitriolo)*



se obtiene en los laboratorios por medio del aparato (figura 10). Consiste en un globo B lleno de aire y cerrado con un tapon con tres agujeros, que dan paso á dos tubos encorvados y á un tubo recto que sirve para introducir

el aire á voluntad: los otros dos comunican con dos redomitas FF, de las cuales, la una desprende deutóxido de ázoe, y la otra gas ácido sulfuroso. Luego que estos dos gases húmedos llegan al globo B, el aire cede su oxígeno al deutóxido de ázoe y le convierte en ácido hiponítrico. Una parte de este ácido se descompone por el ácido sulfuroso, que se convierte en ácido sulfúrico, y que entonces se une con cierta cantidad de ácido nítrico y agua para formar unos cristallitos blancos que se adhieren á las paredes del globo, y que á su vez se descomponen por un exceso de agua, disolviéndose el ácido sulfúrico, y desprendiéndose deutóxido de ázoe y gas hiponítrico, sobre los cuales el aire y el ácido sulfuroso obran de nuevo.

35. En las artes se reemplaza el globo con un cuarto tapizado de plomo, á donde se dirige el ácido sulfuroso y el óxido de ázoe, que provienen de la combustion de ocho partes de azufre y una de nitro. La mayor parte del azufre se convierte en ácido sulfuroso á espensas del oxígeno del aire, y el resto, combinándose con el oxígeno del ácido nítrico, que queda convertido en bióxido de ázoe, pasa á ser ácido sulfúrico, que se une á la potasa del nitro. El bióxido de ázoe y el ácido sulfuroso, hallando en el cuarto aire y humedad, obran el uno con el otro del mismo modo que en el globo, y forman cristales que se disuelven en el agua que contiene el suelo del cuarto, suelo que está ligeramente inclinado para que pueda correr el ácido sulfúrico. Por este medio se obtiene un líquido de una densidad de 40 á 43.º del areómetro de Baumé. Este ácido no es puro, puesto que contiene agua, ácido sulfuroso y nitroso, y sulfato de hierro, plomo, potasa y cal. Se colo-

ca este líquido en una caldera de platino, y se calienta hasta 66.º, con lo cual se extraen los ácidos nitroso y sulfuroso. El ácido sulfúrico que se obtiene es claro, de una consistencia oleaginosa, en cuyo estado se emplea en las artes; pero para los usos químicos se separa con las sales procediendo á su destilacion.

36. Propiedades. Este ácido es siempre líquido, blanco, inodoro, de una consistencia oleaginosa, enrojece enérgicamente la tintura de tornasol, y su densidad es=1,842. Es un cáustico de los mas violentos, pues desorganiza rápidamente las materias animales y vegetales; por lo cual es tambien un veneno enérgico. A 12.º se congela y cristaliza, á menos que se le mantenga disuelto en agua, en cuyo caso resiste hasta 0.º Calentado poco á poco se dilata, hierve y se evaporiza sin descomposicion. El oxígeno y el aire no le alteran y solo se apropia su humedad. Aunque el aire le ennegrece, no es efecto suyo, sino de las materias orgánicas que contiene, que se descomponen en agua, que se combina con el ácido, y en carbono, que le da el color negruzco que se observa. El oxígeno, el boro, el carbono, el azufre y fósforo no le descomponen sino á una alta temperatura.

37. El ácido sulfúrico hidratado derramado en el agua se combina con ella, con desprendimiento de mucho calor y disminucion de volúmen. El calor producido es tal, que cuatro partes de ácido y una de agua elevan la temperatura á 103.º Si en lugar de agua se emplea nieve ó hielo en iguales proporciones, la temperatura se elevará mas; pero si se mezclase con proporciones inversas el termómetro baja á -17. Cuando el ácido está disuelto en agua, abandona por el calor un exceso de agua hasta que solo contenga un átomo, en cuyo caso se volatiliza.

38. Los metales le descomponen con facilidad, los unos á la temperatura ordinaria, los otros por medio del calor, de que resultan sulfatos y ácido sulfuroso que se desprende.

39. Usos. Son tantos y tan variados los usos á que se aplica el ácido sulfúrico, que, segun la expresion de M. Dumas, un cuadro exacto del consumo de este ácido en los diversos países presentaria la medida exacta del desarrollo de la industria general. Los químicos le usan ordinariamente como reactivo, y sirve para la formacion de casi todos los ácidos. Se emplea en la fabricacion de la sosa artificial, del alumbre, en la afinadura de la plata; y por decirlo de una vez, casi todas las operaciones de los laboratorios ó de las manufacturas reclaman directa ó indirectamente su auxilio. Algunas gotas de ácido sulfúrico en un litro de agua constituyen la limonada mineral usada en medicina.

40. Combinaciones del selenio con el oxígeno. El oxígeno con el selenio presenta tres combinaciones: el *óxido de selenio*, el *ácido selenioso* y el *ácido selénico*.