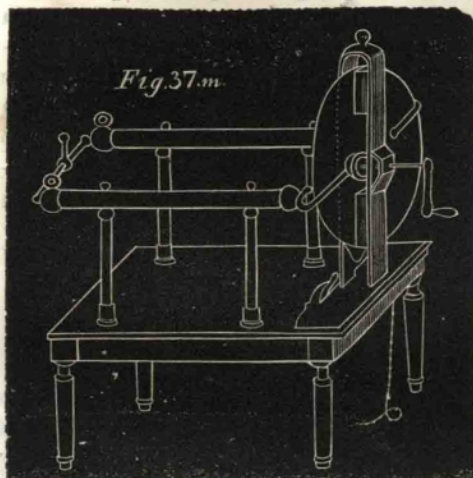


7. Aplicaciones de la electricidad por influencia. — Máquina eléctrica.



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 descomponete 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. Compónese 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

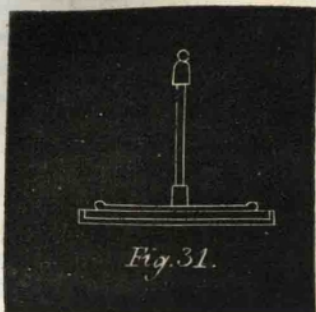


Fig. 31.

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. **Electróscofos.** 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.** Ilámense 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 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. **Escitador.** 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.

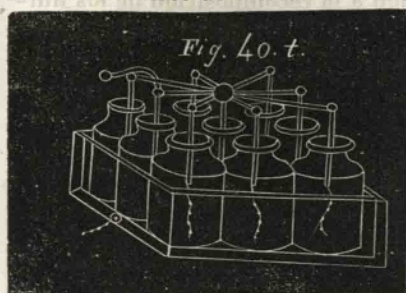
8. **Electrómetro condensador.** Consiste en un electrómetro comun de hojillas de oro, y terminado por su parte exterior en un disco de metal horizontal cubierto con una ligerísima capa de barniz de goma laca. Sobre este disco se coloca otro disco de igual diámetro, aislado por un mango de cristal (fig.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

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 barras 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 junta de un dedo al conductor electrizado de una máquina, saca una chispa que le hace experimentar una conmoción mas ó menos viva acompañada de una sensación de picazón. Colocado un hombre en un banquillo con pies de cristal, y puesto en comunicación 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 conmoción que se siente al descargar la botella de Leyde, cuando se tiene cogida la armadura exterior con la una mano y se toca con la otra el botón que comunica con la exterior, es mucho mas fuerte que la de las máquinas. Si varias personas forman la *cadena* y tocan las de los dos extremos cada una su armadura, todas experimentan simultáneamente la conmoción. Finalmente, la producida por la descarga de una batería eléctrica es siempre peligrosa y suficiente para matar varios animales; y multiplicando las botellas podría 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 inflamación del éter, de alcohol y de la resina. La detonación de una mezcla de gas hidrógeno y de oxígeno. La volatilización 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 esperiencia 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 discontinuos, 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 fisicos.—13. En cuántas clases pueden dividirse los efectos de la pila?—14. Mencionar algunos efectos fisiológicos de la pila.—15. Mencionar algunos efectos fisicos 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

esperimentaran vivas convulsiones, movimientos que pueden reproducirse por mucho tiempo despues 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 admitia en la rana la existencia y desarrollo espontáneo de dos flúidos eléctricos, y asimilaba el animal á una botella de Leyde, siempre en disposicion de ser descargada.

3. **Volta.** Volta, profesor de física en Pavia, repitiendo las experiencias de Galvani, fue conducido por sus investigaciones á una explicacion muy diferente. Comprobó desde luego que las convulsiones de la rana son infalibles y muy pronunciadas cuando el arco conductor que establece la comunicacion 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 hacia simplemente el papel de un electrómetro, mientras que la causa generatriz de la electricidad existia 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 incensantemente, 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 *flúido positivo*, y que la tension eléctrica aumenta desde la base donde es cero hasta la cúspide zinc, donde está en su máximo. Únicamente que, segun la teoría de Volta, la tension debería crecer proporcionalmente al número de *pares*, 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* contendría 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 crecería 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 conservarían cada una el estado eléctrico que poseían

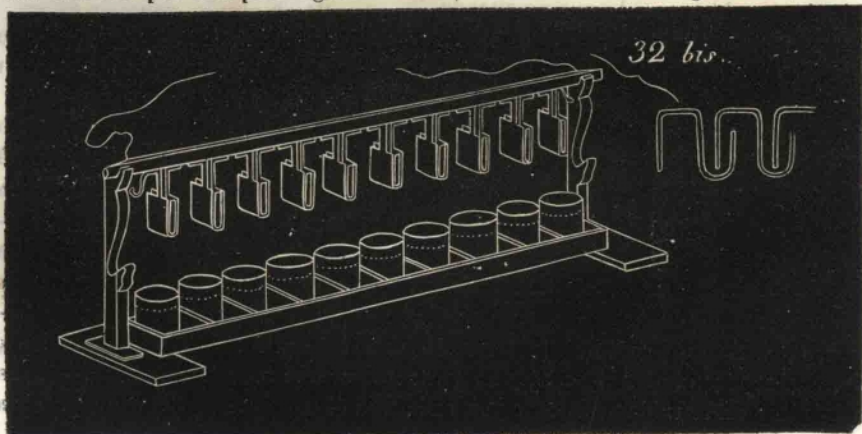
separadamente antes de su union.—Se llama polo positivo de la pila aislada la estremidad zinc, y polo negativo la estremidad cobre.

pila en actividad. Si se reúnen 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 conjunto será incessantemente 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 ú 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



fijas 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 teoría 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 esplicar, segun pretendia Volta, por el simple contacto de los dos metales.

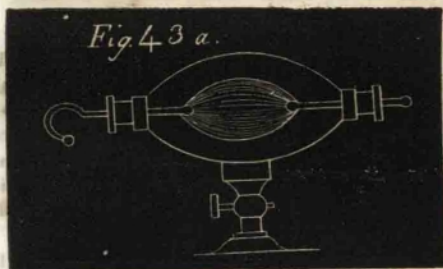
13. Efectos de la pila. Pueden dividirse en tres clases: *fisiológicos, físicos y químicos.*

14. Efectos fisiológicos. 1.º Si se tocan con las manos mojadas los dos polos de una pila aislada, se esperimenta 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 escita 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 esperiencia 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 esten 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 químicos. 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 descomposición 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 exceso de electricidad positiva libre en el polo zinc, y un exceso 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 química.

(2) Véase química.

(3) Sería salir de los límites 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 física en nuestros dias: 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 atraviase 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 están 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 una corriente vertical móvil al rededor de un eje vertical; 2.º la accion de dos

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

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

Para realizar esta disposición 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. Acción 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 acción atractiva y repulsiva sobre los solenoides; 3.º los *solenoides* *fijos* ejercen á su vez una acción 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. Acción 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 raciocinio 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 acción 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 acción ejerce la tierra sobre una corriente móvil al rededor de un eje vertical?—
2. Qué consecuencia se deduce de aquí?—
3. Qué acción ejerce la tierra sobre una corriente móvil al rededor de un eje perpendicular al meridiano magnético?—
4. Qué consecuencia se deduce de aquí?—
5. Qué son corrientes estáticas?—
6. Qué acción ejerce la tierra sobre un solenoide móvil?—
7. Qué consecuencia se deduce de aquí?—
8. Manifestar la acción mutua de los imanes sobre los solenoides.—
9. Cuál es la ley de la acción directiva de las corrientes sobre los imanes?—
10. Qué consecuencia se deduce de aquí?—
11. Acción 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 acción ejercen las corrientes sobre el hierro dulce? Esperiencias.—
15. A qué se llaman electro-ímanes?—
16. En qué están fundadas las tentativas de aplicación de los electro-ímanes como fuerza motriz?—
17. Qué se entiende por *hélice dextrorsum* y *sinistrorsum*?—
18. Acción 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 varía 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 aqui 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.—Experiencia. 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-Imanes. 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-Imanes 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-Imanes como fuerza motriz. La facilidad con que los electro-Imanes 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. Experiencias. 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-élec-*

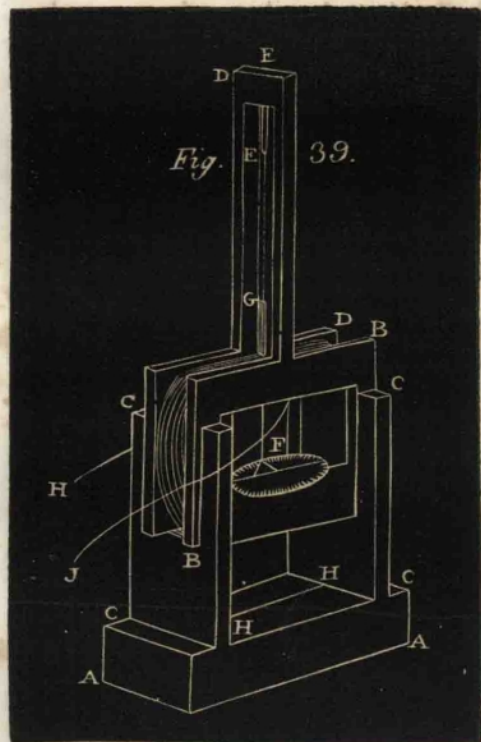
tricas y magneto-electricas, segun que sean producidas por la influencia de la electricidad voltaica, ó por la de un iman.

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

Esta proposicion ha sido demostrada por la experiencia.

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

23. Descripcion del galvanometro. 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 galvanometro 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 razon inversa de la longitud total del circuito, y en razon directa de la seccion del hilo que la trasmite y de su conducti-

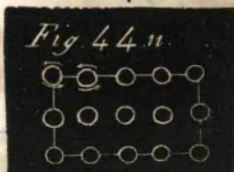
vidad.

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

25. Teoria de Ampere sobre el magnetismo. A pesar de lo incompleta que ha sido la esposicion 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 reunión de corrientes eléctricas; y un imán, según él, 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 reunión 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 cuál es el mas perfecto de estos aparatos?—6. De qué partes esenciales consta el termo-multiplicador de M. Meloni.

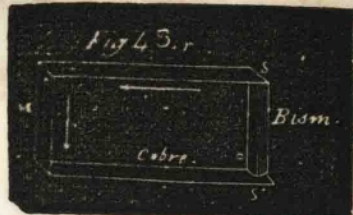
1. El calórico es tambien una causa de electricidad, asi como á veces es efecto de esta.—Las relaciones mutuas de estos dos agentes podrán demostrar un día su identidad.

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 galvanometro:

- 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.—Galvanoplastica.*

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 galvanoplastica.

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 así 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 lumínico?—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 línea 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 *lumínico* 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-trasparencia, 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*.

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



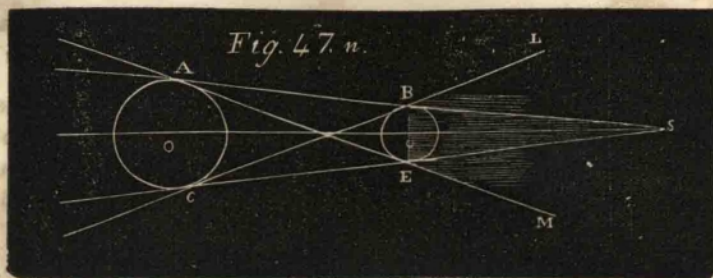
Fig. 46 a

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. Quando 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



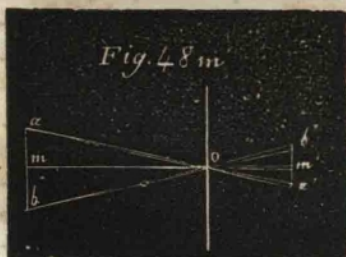
primera CL recibirán luz del globo luminoso O, sucediendo lo mismo con todos los puntos situados debajo de la segunda tangente AM; pero en el intervalo comprendido entre las líneas BL y BS se hallarán puntos que no recibirán la luz sino de una parte del cuerpo que ilumina, y de una parte tanto menor cuanto mas cerca esten 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.

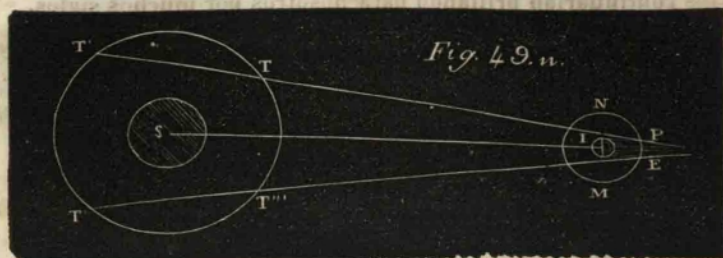
2.º Los cuerpos iluminados colocados delante del orificio presentan sobre el cuadro su imagen inversa.

Para concebir esto último figurémonos (fig. 48 m) el orificio *o* muy pequeño, y que sea *amb* el cuerpo iluminado. El punto *a* envía un pequeño hacesillo 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' 33".—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, sabemos cuál debe ser el momento exacto de la centésima inmersión. 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 varía con la inclinación 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.

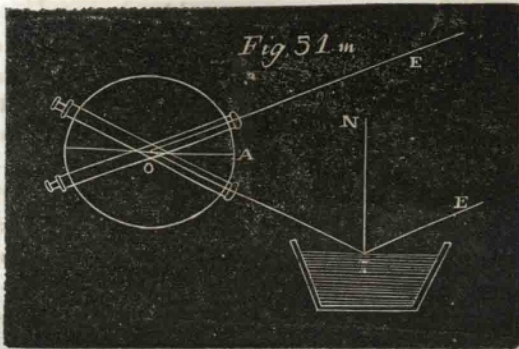
1. Qué sucede á un rayo luminoso cuando cae sobre la superficie pulimentada de un espejo? Qué es catóptrica?—2. Qué se entiende por ángulo de incidencia y ángulo de reflexion?—3. Demostrar las dos leyes de reflexion?—4. Demostrar los efectos de la reflexion de la luz en los espejos planos?—5. Efectos 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. Se dispone en un plano vertical un círculo repetidor cuyo limbo esté graduado. Un

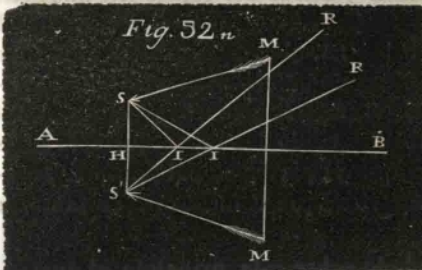


anteojo móvil al rededor de un eje horizontal, que pasa por el centro, se dirige primero hácia una estrella E, y haciendo girar el anteojo hasta que se distinga la misma estrella por reflexion sobre la superficie de un espejo plano horizontal, por ejemplo, un baño de mercurio, hallaremos siempre la imagen vista por re-

flexion en el mismo plano vertical descrito por el anteojo, y que ademas el ángulo EOI, comprendido entre la direccion primitiva de su eje y su direccion nueva, es exactamente doble del formado con el diámetro horizontal AB. Lo que demuestra las dos leyes enunciadas (fig. 51 m).

4. Espejos planos. *La reflexion de la luz es la verdadera causa de que veamos exactamente los objetos detrás de los espejos planos en una posicion simétrica á la que ocupan en efecto.*

Demostracion. Sea S un punto luminoso ó simplemente iluminado

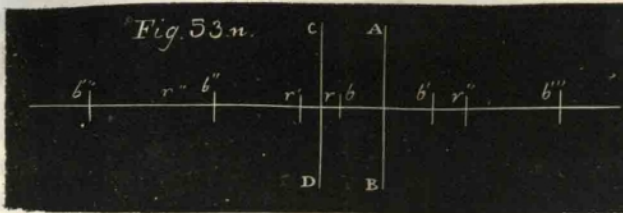


colocado delante de un espejo plano AB (fig. 52 n). Bajemos desde este punto la perpendicular SH, sobre el espejo, y prolonguémola en una cantidad HSI igual á sí misma. Sea SI un rayo incidente, la línea S'I prolongada será la direccion del rayo reflejado IR. Dedúcese de aqui que des-

pues de la reflexion, todos los rayos IR, I'R'..... seguirán las mismas direcciones que si hubiesen salido del punto S', simétrico del punto S; y como la vista refiere siempre la posicion de un punto luminoso al paraje en que van á encontrarse, resulta que el observador verá la imagen del punto S en el punto simétrico S'.

5. *Cuando un objeto iluminado está situado entre dos espejos planos paralelos, la infinidad de imágenes que se producen, y que estan situadas en una misma ruta perpendicular á las superficies reflejantes, es debido á la reflexion.*

Demostracion. En efecto, supongamos que el objeto L tenga una cara

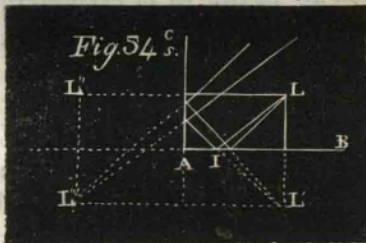


blanca y otra roja. La cara blanca (fig. 53 n) formará detrás del espejo AB una primera imagen b' : esta formará detrás del espejo CD

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 reflexion 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'' .

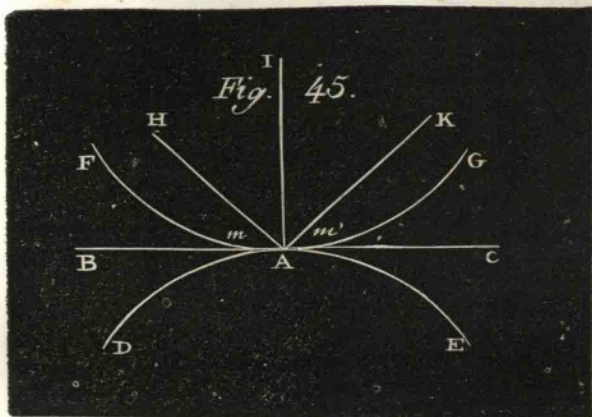
Del mismo modo los rayos que reflejados por el plano AC estan en el mismo caso que si partiesen del punto L'' , formarán al caer sobre AB una imagen simétrica, que coincidirá forzosamente con L'' .

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

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

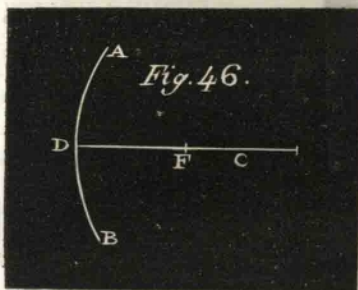
Reflexion sobre una superficie curva.

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.

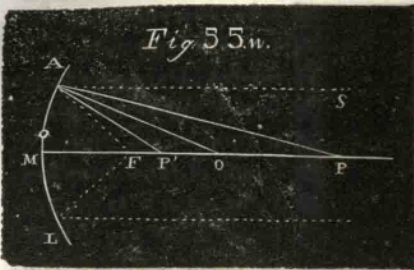
Espejos esféricos. Los espejos esféricos son de dos clases: cuando el segmento esférico de vidrio ó metal está pulimentado interiormente, se llama *espejo esférico-cóncavo*; cuando el pulimento es exterior, espejo esférico-convexo.



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*.

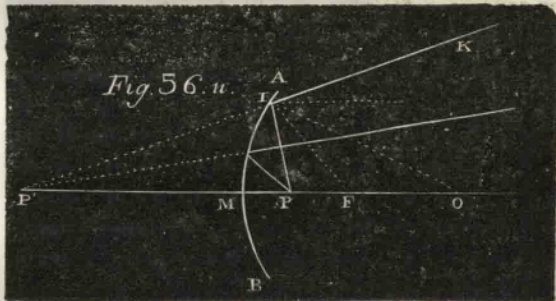
9. **Foco principal en los espejos cóncavos.** Si se dirige el eje de un espejo cóncavo hácia el sol, todos los rayos que vienen á herir su superficie se reunen por la reflexion en un corto espacio E, que se halla justamente en medio entre C y D, cuyo punto se llama *foco principal* del espejo, porque 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. — Asi 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*.



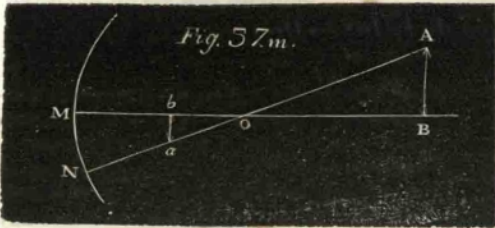
12. **Espejos convexos-focos.** Dedúcese fácilmente de lo dicho:

- 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 recíproco está siempre colocado entre el foco principal y el espejo.

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

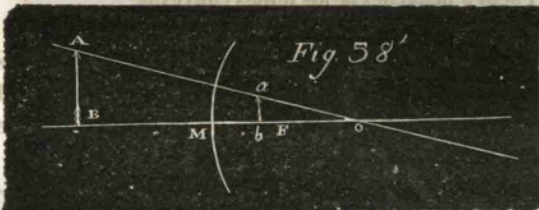
- 1.º Que un objeto luminoso colocado sobre el eje principal de un espejo cóncavo á una distancia tal que sus rayos puedan considerarse como paralelos; forma una imagen inversa con el foco principal del espejo.

2.º Un cuerpo iluminado AB (fig. 37 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. 37 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. 38') 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. 38, 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 hacedillo 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. Cómo 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 además 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.

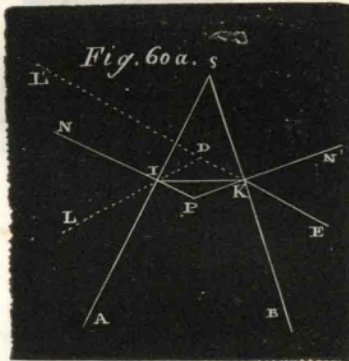
2.^a Cuando la incidencia varía, permaneciendo los mismos medios, la relacion del seno de incidencia al seno de refraccion permanece constante. — Este rayo se llama *indice de refraccion*.

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

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. Llámase *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 afilados 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).

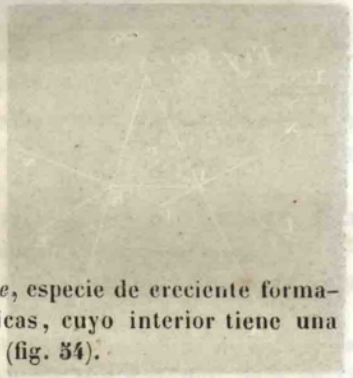


Fig. 54.

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.

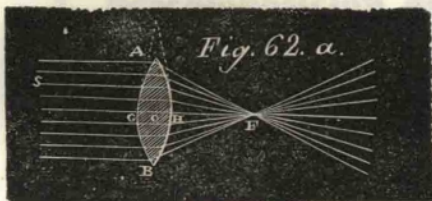
2.^a Clase.—Lentes divergentes, bordes anchos y mas gruesos que el centro. 1.^o Lente *bi-cóncavo*, formado de dos superficies esféricas opuestas por su convexidad (fig. 52).



2. Lente *plano-cóncavo*, un plano y una superficie esférica (fig. 53).

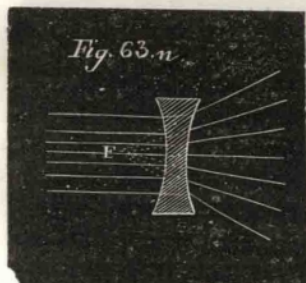


3.º *Menisco divergente*, dos esferas, cuyo interior tiene una curva mayor que el exterior (fig. 51).



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

Demostracion. Consideremos un haz 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 SI, 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.

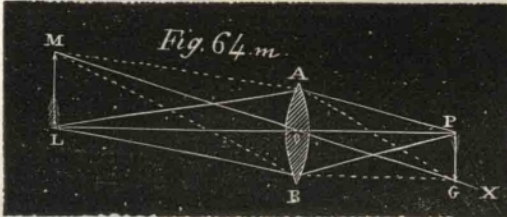


12. *La segunda clase de lentes son divergentes* (fig. 63).

Demostracion. Considerando un lente *bi-cóncavo*, y un haz 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*.

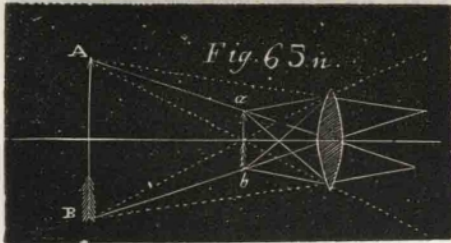


Focos recíprocos. Si suponemos que los rayos que caen sobre el lente parten del punto L (fig. 64 m) situado sobre su eje, dichos rayos despues de su emergencia cortarán al eje en su punto P, que

será el *foco recíproco* de L.

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 ampli-

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 tambien virtuales, réctas y menores que los objetos.

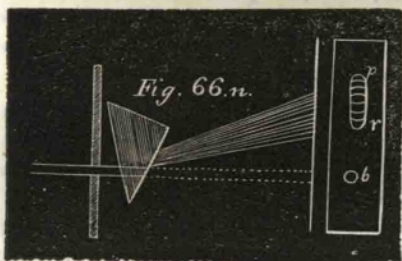
§. IV. *Dispersion de la luz.*

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-*



luz (1), y se hace penetrar en lo interior de la cámara por un orificio de 4 ó 3 milímetros de diámetro un pequeño hacesillo 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 hacesillo 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: *violado, 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.

5. 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 atravesase 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 son 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 asi 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 miopía 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?

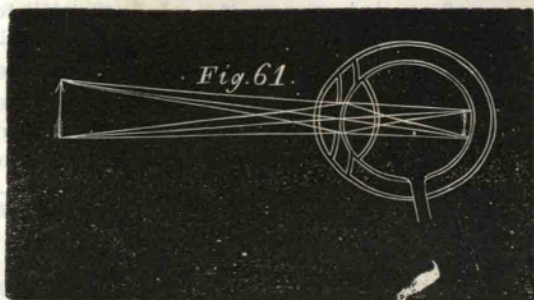
1. **Estructura del ojo (1).** El órgano de la vista en el hombre se compone de dos partes: las unas accesorias, las otras necesarias á la vision.

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 crystalino 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 *vitreo*.

(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 foço 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. **Esperiencia que demuestra la marcha de la luz en el ojo.**

Adelgazando la esclerotica 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 asi 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 objeto, 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 juzgar 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.

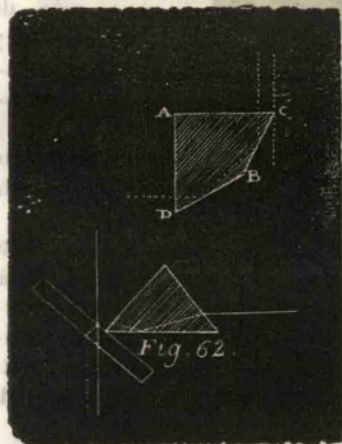
13. **Angulo visual.—Apreciacion de los tamaños.** Llámase *ángulo visual* el formado por las líneas rectas que saliendo de los extremos opuestos de un objeto vienen á cruzarse en el centro de la pupila. Los dos rayos correspondientes refractados por el cristalino forman al entrar en el humor vítreo 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 fantasmagoría?—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 Casaignain?

Cámara clara. Este instrumento ha sido imaginado por Wollaston



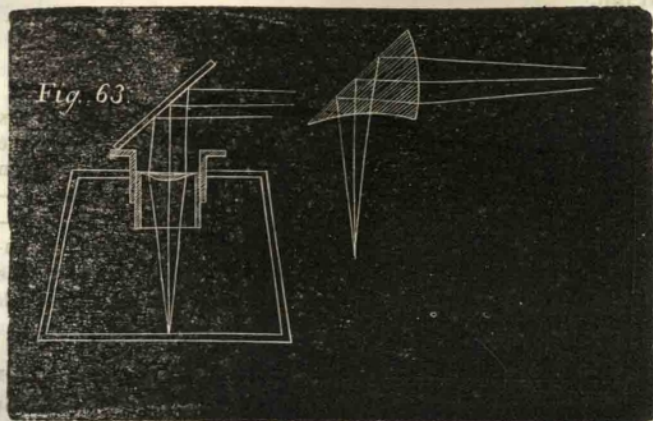
para obtener un dibujo fiel de un paisaje. Su parte esencial es un prisma cuadrilateral (fig. 62). Una de las caras que forma el ángulo recto A es vertical, y está vuelta hacia los objetos. Los rayos luminosos que envía penetran por esta cara AD en el prisma, sufren una primera reflexión total sobre 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 carton 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

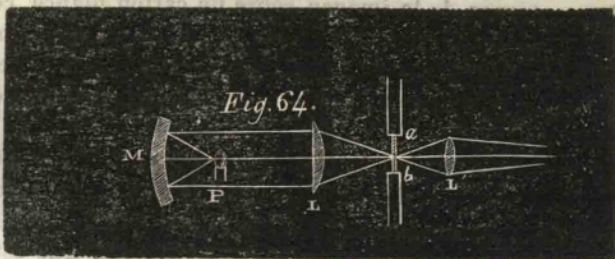


madera (fig. 63). Los rayos que penetran por este lente se refractan y concentran sobre el cuadro destinado á recibir las imágenes. Formas, contornos, tintas y medias tintas, colores, perspectiva aérea, todo se reproduce con admirable verdad.

Se ha sustituido con ventaja á la combinacion 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 combinacion 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

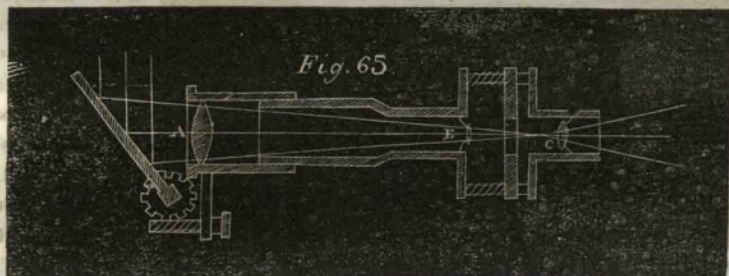


(1) Diremos algo de esta preparacion en los elementos de quimica.

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 experiencia otra luz que la que ha de contribuir al fenómeno.

5. **Fantasmagoria.** La *fantasmagoria* 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.

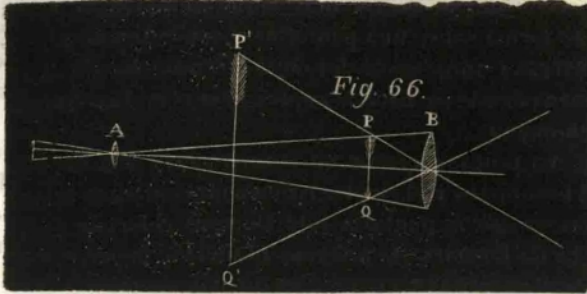
6. **Microscopio solar.** La teoría de este instrumento es la misma que la de la linterna mágica. Los rayos del sol reflejados por un espejo plano, colocado delante de la cámara oscura, caen sobre un lente convexo A, que les imprime un cierto grado de convergencia, son recibidos sobre otro lente B, que 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 amplificada 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*.

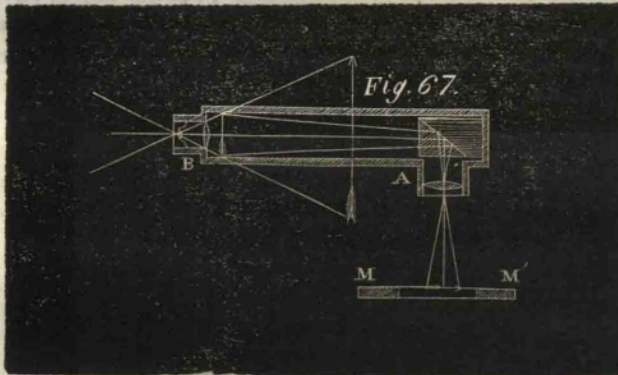
9. **Microscopio compuesto.** Este instrumento, cuyo objeto es hacer



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

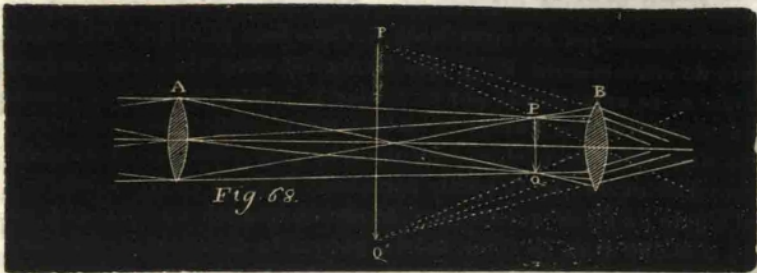
Microscopio compuesto de Amici. Este aparato está representado



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

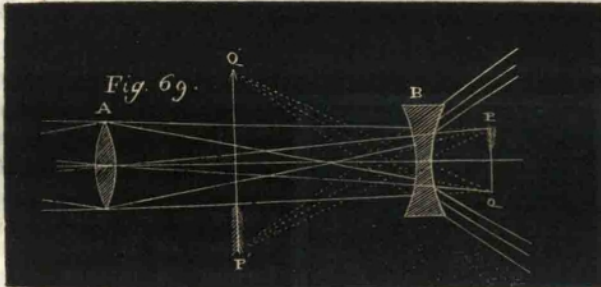
11. **Anteojos.** Los anteojos estan destinados á ver los objetos lejanos.

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.

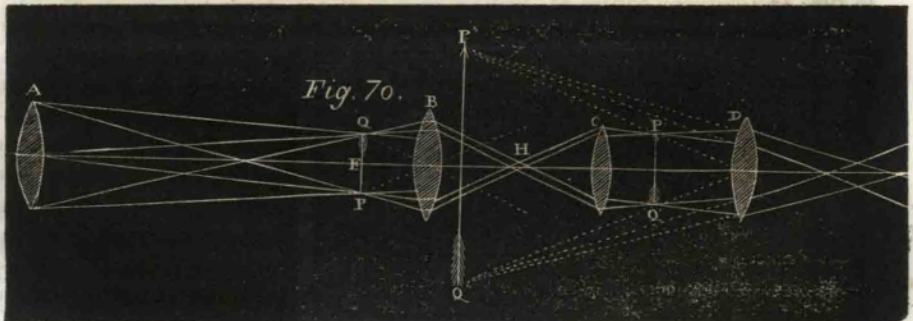
13. **Anteojo de Galileo.** En este anteojo el objetivo A es siempre



un vidrio convergente, 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 recta 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

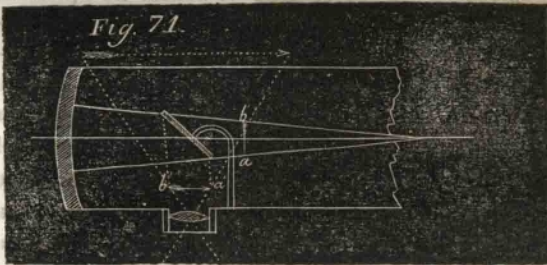


del objeto lejano. Los rayos que produce esta imagen, continuando su camino, caen sobre otro vidrio convergente B, cuyo foco coincide sensiblemente

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 armonia 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.

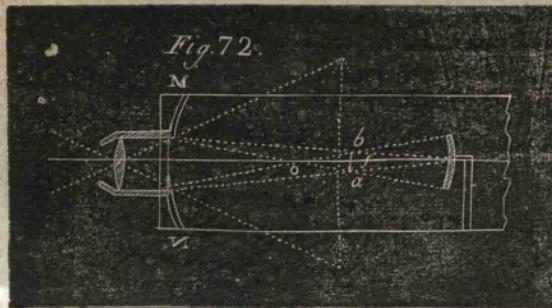
61. Telescopio de Newton. En este aparato el espejo cóncavo está



colocado en el fondo de un tubo, cuyo eje está vuelto hacia 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 espejo plano cóncavo, colocado de

manera que la imagen inversa *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 espejo

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

18. **Telescopio de Casagrain.** Al espejito cóncavo del telescopio que acabamos de mencionar sustituye Casagrain 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 alicios?—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 mas 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 hácia 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 mas inconstantes, cambian de dirección en pocos minutos, y á veces parece soplan simultáneamente de todos los puntos del horizonte.