

71

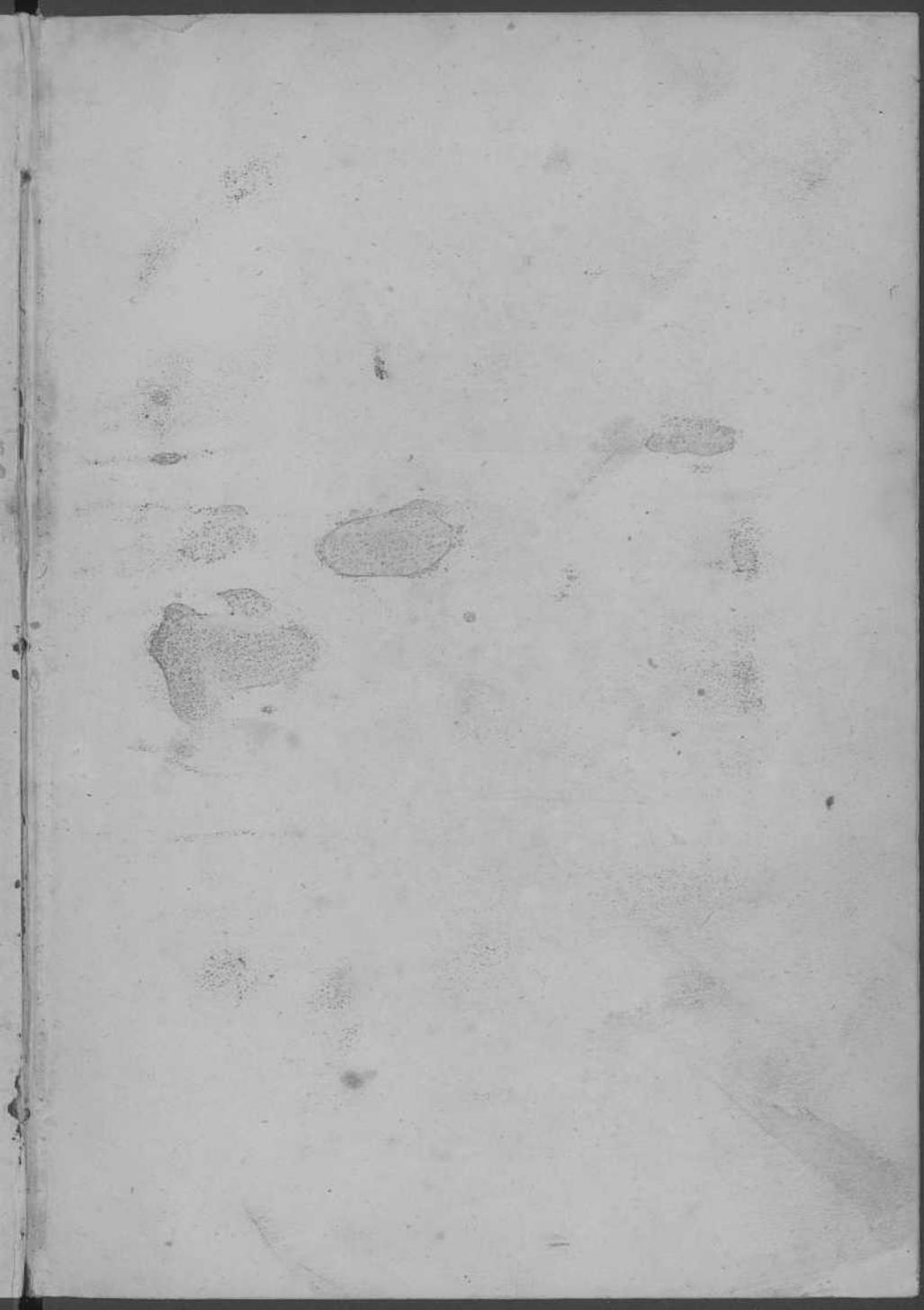
84
68

25
2

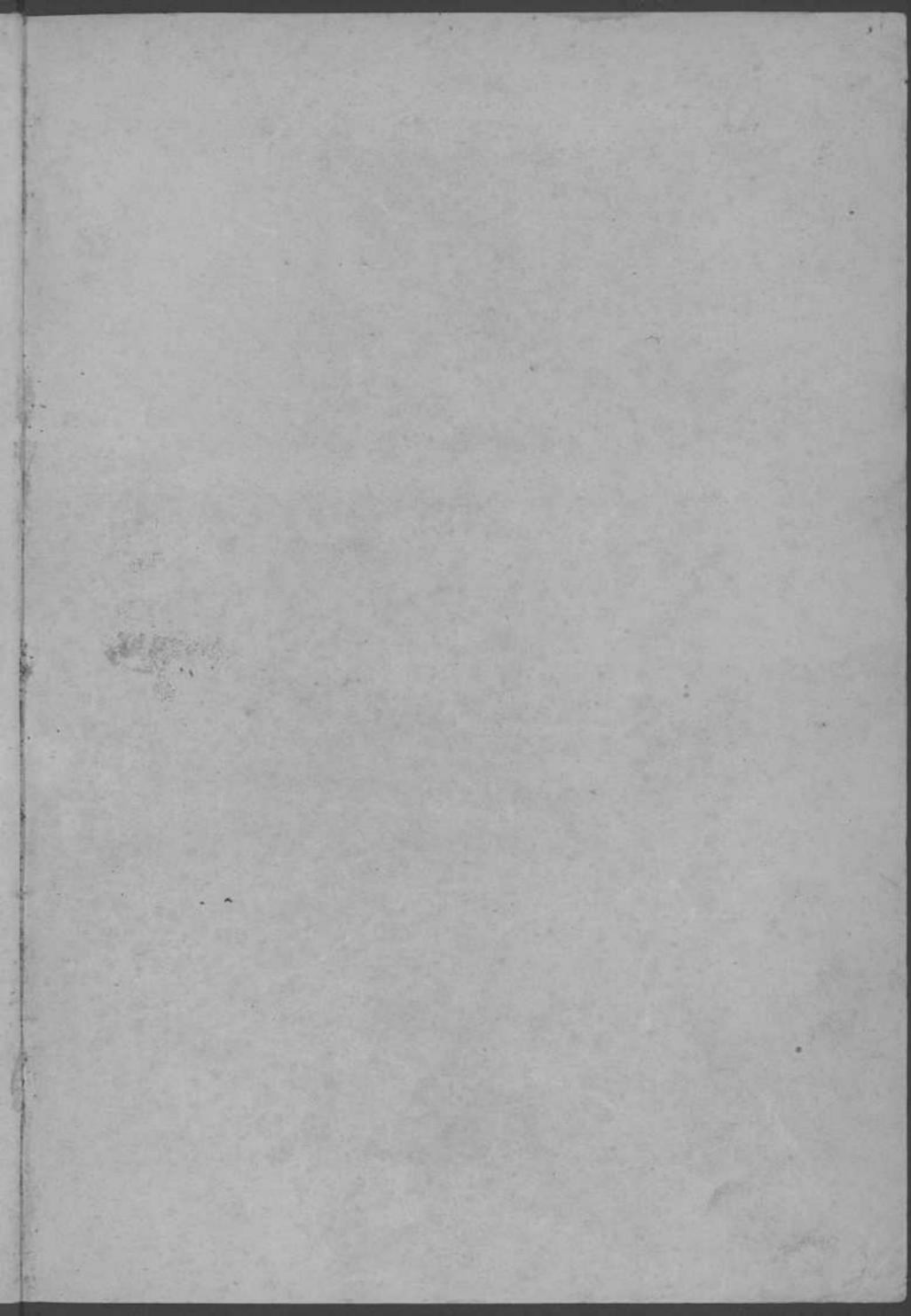
88 15
4 16

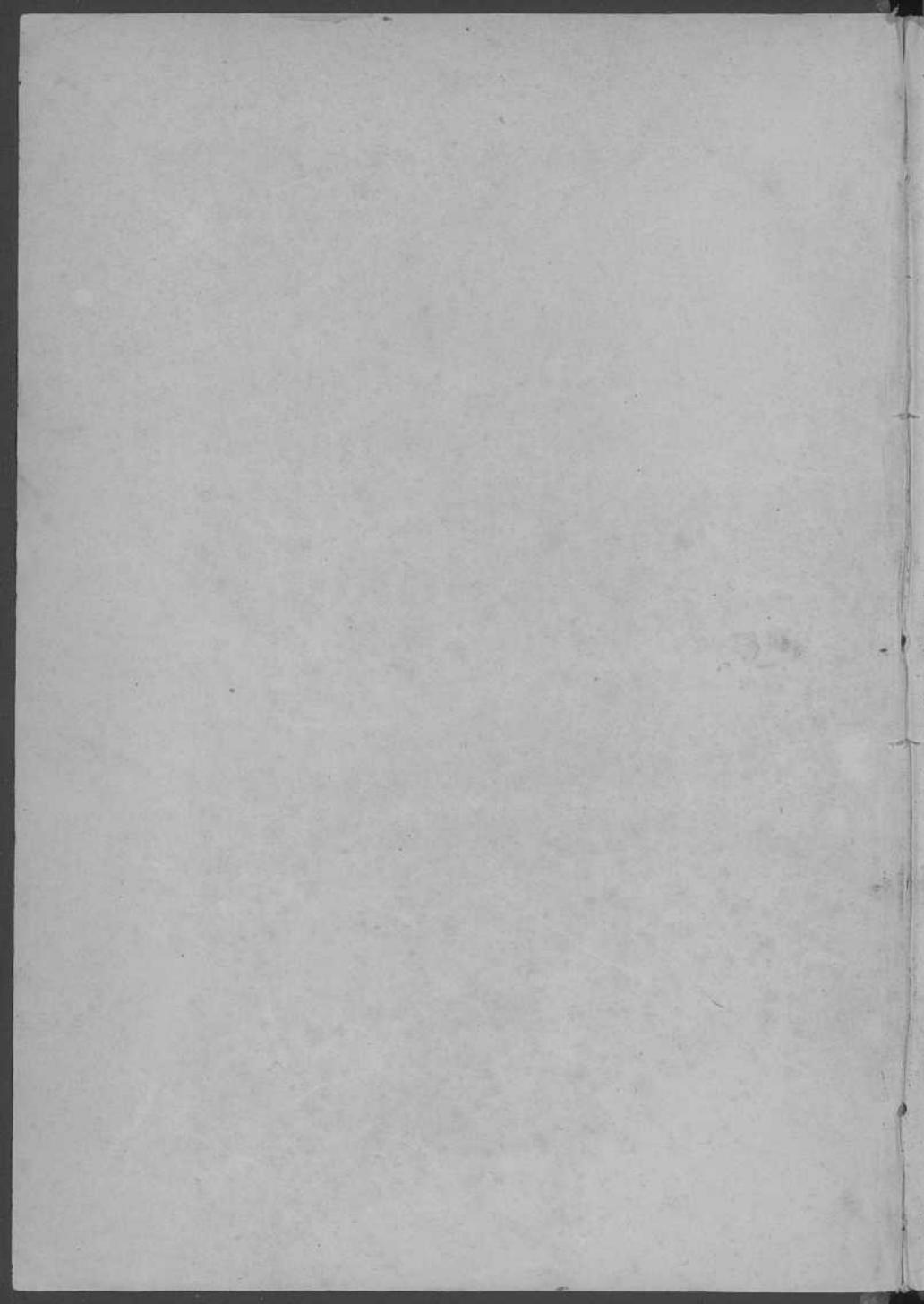
11











PROGRAMA

DE

FISICA Y QUIMICA.

PROGRAMA

FISICA Y QUIMICA

7c

PROGRAMA

DE UN CURSO ELEMENTAL

DE FISIQA

Y

NOCIONES DE QUÍMICA,

FOR

D. Venancio Gonzalez Valledor

y D. Juan Chavari,

Catedráticos de dicha asignatura en la Universidad Central.

SEGUNDA EDICION.



VEA DENTRO:

IMPRESA DEL COLEGIO DE SORDO-MUDOS Y CIEGOS,

Calle del Turco, núm. 41.

1851.

PROCESSION

DE WISSE

WISSE

D. H. H. H.

1841

1841

1841

1841

1841

1841

1841

La favorable acogida que obtuvo la primera edicion de esta obrita, de la que ya escaseaban los ejemplares, nos ha movido á hacer una segunda edicion procurando se hallen en ella todos los puntos capitales de la ciencia. Se ha aumentado en consecuencia, con algunas doctrinas y detalles de no escaso interés, tales como el *endosmose*, *estado esferoidal*, *barómetro aneroide*, *máquina hidro-eléctrica*, y algunas otras; lo cual unido á las mejoras verificadas tambien en la parte material de impresion y grabado, nos hace esperar que esta edicion será recibida con la misma benevolencia que la anterior.



Esta obra es propiedad de los autores, los que citarán ante la ley al que la reimprima: considerándose como de procedencia no legítima todos los ejemplares que carezcan de las contraseñas adoptadas para distinguirlos.



PROPIEDADES GENERALES DE LOS CUERPOS.



LECCION PRIMERA.

Consideraciones generales acerca de la Física; sus relaciones con las demás ciencias, importancia de sus aplicaciones, y exposicion de los medios empleados en diferentes tiempos para adelantar en su estudio.

1. LA FÍSICA, considerada en toda su extension, es sumamente vasta, comprendiendo todos los ramos que conocemos con el nombre de *ciencias naturales*; mas lo que nosotros entendemos propiamente por *Física es el estudio de los fenómenos que nos presentan los cuerpos de la naturaleza en cuanto afectan á su modo de estar, y el de los agentes ó fuerzas productoras de estos mismos fenómenos*. Entre los diferentes ramos del saber que mas ó menos inmediatamente se rozan con esta ciencia sobresalen las *matemáticas* en toda su extension, empleándose con ventaja, ya para generalizar resultados obtenidos por procedimientos puramente físicos, ya para descubrir en algunos casos relaciones entre fenómenos distantes al parecer; sirviendo siempre como un instrumento poderoso, y haciéndonos conocer las grandes ventajas que el análisis proporciona en todos los casos en que podemos aplicarle. La *Química* es otra de las ciencias que no solo tiene un enlace íntimo con la Física, sino que en realidad es solo su continuacion; puesto que la diferencia, en cuanto á su objeto, consiste en que asi como la Física estudia las modificaciones que afectan al *modo de estar* en los cuerpos, la Química se ocupá de las que se refieren á su *modo de ser*. De aquí proviene que se diga con harta frecuencia que en oca-

siones es difícil distinguir á cuál de estas dos ciencias, pertenece tal ó cual fenómeno; y á la verdad no es extraño que por medios que pertenecen á una de ellas se obtengan resultados que correspondan á la otra: mas sin embargo podremos siempre conocer á cuál pertenecen, observando que en Física nunca se dá lugar á cuerpos nuevos: todos son modificados, como ya llevamos dicho, únicamente en su modo de estar, pero no en su modo de ser, perteneciendo esto á la Química, en la cual por consiguiente se dá siempre lugar á la formación de cuerpos nuevos, sea por la descomposición del que se someta al experimento, sea por el resultado de la reunión de dos ó mas, si este fuese el objeto que nos propusiésemos.

Aunque sea difícil dar á una ciencia toda la importancia que reclama antes de haber terminado su estudio, bien se echa de ver desde luego la inmensidad de las aplicaciones de la que va á ocuparnos; ya se considere en cuanto tiene relación con la mecánica por lo que respecta al aprovechamiento y buen uso de las fuerzas que la naturaleza pone á nuestra disposición, ya por lo perteneciente al partido que sacamos del calor, de la luz y de los demás agentes llamados fluidos incoercibles é imponderables.

2. Por lo que llevamos ya dicho se infiere, y de la naturaleza de esta ciencia se deduce, que los medios que únicamente podemos emplear para adelantar en su estudio son *la observación y la experiencia*; ó lo que es lo mismo, la observación pasiva y la observación activa; esto es, ó estudiando cuidadosamente los fenómenos que se nos presentan, pero sin tratar de reproducirlos ó variarlos, ó bien variando las circunstancias en que se producen, y repitiéndolos cuantas veces creamos necesario hasta descubrir la relación que exista entre la causa y el efecto, que es hasta donde nos es posible llegar en estas investigaciones; lo cual conseguido, decimos haber descubierto la ley del fenómeno. Desde luego se echa de ver que cuando los fenómenos son tales que no están en nuestra mano su reproducción, como sucede con el granizo y algunos otros, los adelantos que puedan hacerse nunca serán muy rápidos, de donde resulta que sus causas no nos son suficientemente conocidas; pero cuando podemos repetirlos y variarlos á nuestro arbitrio, como se verifica en el descenso de los graves, logramos conocer perfectamente las leyes que rigen á estos fenómenos.

3. Sin embargo de esto, no en todos tiempos se ha dirigido el hombre por este único camino; que solo puede conducirle á la averiguacion de la verdad; los antiguos filósofos preferian forjarse un mundo á su modo, y en el silencio de su estudio imaginar que la naturaleza se amoldaba á sus ideas, desdeñándose de interrogarla, y cayendo con frecuencia y por consecuencia de este sistema en no pocos absurdos y aberraciones. El abuso de este sistema produjo necesariamente una reaccion que, dando por resultado la creacion de la fisica llamada experimental, proscribió todo lo que no fuese pura y simplemente experimento; como su mismo título indicaba, tendiendo á hacer de la ciencia una coleccion de hechos notables y curiosos, si se quiere, pero que, faltándoles la trabazon, el enlace y la dependencia, distaban mucho de constituir lo que debemos entender por una verdadera ciencia. Esta época es notable sin embargo; el impulso estaba dado, y no era ya difícil reconstruir la ciencia como se ha verificado sobre las dos sólidas bases de la observacion y la experiencia; de las que es imposible separarse sin aniquilar la ciencia misma. Este es pues el camino que ha conducido á la ciencia á la altura que ostenta en nuestros dias, y este es por consiguiente el que hemos de seguir en el curso de estas lecciones; tomando de la observacion un hecho que, estudiado sucesivamente por el raciocinio y el cálculo en su caso, y sometién-dole á la prueba de los experimentos, nos permita no solo conocerle debidamente y deducir aplicaciones de mas ó menos interés para los diferentes usos de la vida; sino establecer la relacion científica que tenga con los ya estudiados y conocidos, á fin de que nos sirva á la vez de guia y de estímulo para descubrimientos sucesivos.

LECCION II.

Clasificacion de las propiedades de los cuerpos, haciendo notar la necesidad de estudiar separadamente las que únicamente pertenecen á la materia; las que exclusivamente corresponden á los cuerpos, y las que son comunes á unos y otra. Explicacion de los tres estados en que los cuerpos se presentan.

4. Damos el nombre de *cuerpo fisico* á todo ser que pue-

de hacer impresion en el sentido del tacto; pues si bien es cierto que no en todos los casos tenemos absoluta necesidad de tocarlos materialmente para asegurarnos de su existencia, no consiste esto de modo alguno en que los otros sentidos puedan reemplazar ni sustituir al tacto, sino que el juicio que formamos en virtud de la costumbre, como veremos al tratar de la Luz, nos da la certidumbre de que la impresion se verificaria si efectivamente aplicásemos el sentido correspondiente; así es como nos aseguramos de que son cuerpos fisicos los edificios, los árboles, etc., que descubrimos á distancia.

5. Las circunstancias que los cuerpos presentan, y que ocuparán gran parte de estas lecciones, nos autorizan para considerar estos cuerpos como compuestos de particillas sumamente ténues que denominamos *átomos* ó *moléculas*, y cuya suma en cada cuerpo es lo que se denomina *masa* del mismo; de modo que *la masa es la suma de las partes materiales que constituyen un cuerpo*.

6. Los cuerpos producen en nuestros sentidos impresiones ó sensaciones que, referidas á los cuerpos mismos, es lo que denominamos *propiedades*; así la sensacion de la blancura que la nieve nos produce, referida al cuerpo mismo, constituye una propiedad que expresamos diciendo, la nieve es blanca. Entre estas propiedades de los cuerpos, que podemos decir que solas forman toda la ciencia de que nos ocupamos, hay unas que siendo comunes á todos, reciben el nombre de *generales*, y otras que no concurriendo en ellas igual circunstancia, se han denominado *particulares*. Sin dificultad se advierte que el estudio de las primeras ha de preceder al de las segundas; así como que de estas, y no de aquellas, hemos de servirnos para la clasificacion de los cuerpos, mediante la imposibilidad de establecer un orden dado entre objetos cualesquiera, tomando por base una circunstancia ó propiedad que igualmente convenga á todos.

7. En las propiedades generales de los cuerpos hay que hacer una subdivision en favor de dos de ellas, á las cuales damos el nombre de *inseparables*. A decir verdad, todas las propiedades son inseparables de los cuerpos; pero la mayor parte son tales que podemos hacer abstraccion de ellas, y considerar al cuerpo como desprovisto de tales propiedades; pero no sucede lo mismo con las dos ya indicadas, que son la *Extension* y la *Impenetrabilidad*.

8. Las demás propiedades generales son la *Porosidad*, la *Divisibilidad*, la *Compresibilidad*, la *Elasticidad*, la *Inercia*, la *Movilidad* y la *Gravedad*. De estas hay unas, como la extensión, la inercia, la movilidad y la gravedad, que pertenecen del mismo modo á la materia que á los cuerpos; otras, como la porosidad, divisibilidad, compresibilidad y elasticidad, que corresponden á los cuerpos y no á la materia; y finalmente la impenetrabilidad que es propiedad exclusiva de la materia. Volveremos á recordar estas subdivisiones cuando en las lecciones siguientes tratemos de cada una de estas propiedades, siendo fácil entonces demostrar las razones que existen para adoptar esta clasificación.

9. Los cuerpos se presentan bajo tres estados diferentes, que denominamos *sólido*, *líquido* y *aeriforme*; cuyos tres estados, consisten únicamente en la diversa trabazon que existe entre las moléculas de los diferentes cuerpos. No siendo posible estudiar debidamente esta parte hasta mas adelante, procuraremos sin embargo fijar las ideas de modo que tengamos luego que ampliarlas, pero no que corregirlas en ningun caso.

10. Los cuerpos *sólidos*, tales como la piedra, la madera, etc., son aquellos que no cambian de forma, que no permiten la separacion de sus partes sin un esfuerzo frecuentemente considerable de nuestra parte. Los cuerpos *líquidos*, como el agua, permiten obtener con un pequeño esfuerzo lo que en los sólidos no podíamos conseguir sin uno considerable: y finalmente los *aeriformes* ó *gases*, tales como el aire, no solamente no necesitamos esfuerzo para romperlos ó dividirlos, sino que, como probaremos mas adelante, se hallan sus moléculas en un estado continuo de repulsion. Podemos decir tambien que los cuerpos sólidos conservan por sí la forma que les ha dado la naturaleza ó las artes; así es que un cilindro de hierro no cambiará por sí su figura cilindrica, conservándola sin esfuerzo ni accion alguna por nuestra parte: los líquidos no pueden afectar una figura determinada mas que encerrándolos en vasos cuya forma adquieren, y la cual desaparece cuando el vaso lo verifica: los aeriformes se hallan en el mismo caso que los líquidos, aunque la repulsion que hemos citado modifica notablemente los resultados que con unos ú otros se obtienen; así es que un vaso cilindrico lleno de agua se reducirá á un cilindro mitad del primitivo si extraemos una mitad del líquido; pero si estuviere lleno de aire

y perfectamente cerrado, siempre sería el mismo el cilindro total, es decir, permanecería siempre lleno, aun cuando solo quedase una fracción cualquiera de la cantidad primitiva.

41. En los cuerpos rigurosamente considerados nada hay que los haga preferir uno á otro de estos estados; así se verifica que los cuerpos sólidos en su mayor parte pueden pasar á líquidos, y aun á aeriformes, y estos recíprocamente pasar á líquidos y llegar á solidificarse; de lo cual tenemos un ejemplo notable en el agua que, presentándose ordinariamente en estado líquido, fácilmente pasa á sólido ó hielo, y también se presenta en estado aeriforme ó de vapor. Cierto es que algunos cuerpos sufren una descomposición antes de llegar al estado de líquido; pero no podemos asegurar si la imposibilidad está en los cuerpos mismos, ó en los medios que tenemos á nuestra disposición hasta el día. Por lo que acerca del agua acabamos de exponer, se viene fácilmente en conocimiento de que el agente que produce estas transformaciones ó cambios de estado es el calor; como tendremos lugar de hacer notar al ocuparnos de esta y otras propiedades en el lugar correspondiente.

LECCION III.

Extension.—Consideraciones acerca del modo de medirla, y explicacion del nonius ó vernier.—Impenetrabilidad.—Medios experimentales para hacer constar esta propiedad en los tres estados de los cuerpos; ya sea respecto de los de estado semejante, ya con los de estado diferente.

12. En la leccion anterior decíamos que la propiedad llamada *extension* era de las que corresponden tanto á las moléculas ó materia de que los cuerpos se hallan formados, como á los cuerpos mismos; y fácilmente echamos de ver la exactitud de este aserto reflexionando que la extension no es otra cosa que *el espacio que ocupa un cuerpo*, cuya porcion de espacio limitado es lo que denominamos su *volúmen*. La extension, como la geometría nos enseña, consta de tres dimensiones, que son longitud, latitud y profundidad, altura ó grueso, las cuales han de encontrarse reunidas indispensablemente para constituir un cuerpo, ó aun cuando solo sea un átomo material; y no solamente debe verificarse de este modo, sino

que ni aun por medio de abstracciones podemos darnos cuenta de la existencia de un cuerpo que no sea extenso, y que no lo sea en las tres dimensiones; por cuya razon calificábamos esta propiedad entre las inseparables de los cuerpos. Sin embargo, esta propiedad por sí sola no basta para caracterizar la presencia de un cuerpo, puesto que, como veremos en la óptica, pueden formarse imágenes aéreas que constituyen un volumen, pero sin que éntre en su formacion un solo átomo de materia; hallándose las sombras en igual caso por constituir volúmenes geométricos, sin que la materia éntre inmediatamente en su formacion.

13. La medida de la extension pertenece exclusivamente á la geometría; pero no obstante, deberemos explicar el modo de conseguir con precision la medida de las longitudes por las continuas aplicaciones que tendremos necesidad de verificar. Nada tendríamos que dudar si la longitud propuesta comprendiese un número exacto de veces la unidad lineal, el pie, por ejemplo; pero la dificultad empieza cuando no se contiene un número exacto de pies, pulgadas y líneas en la magnitud cuya medida buscamos; dificultad que no se resuelve dividiendo la línea en porciones mas pequeñas, tanto por la dificultad de esta division, cuanto por la que resultaria de la lectura y coincidencia de la misma. Afortunadamente el aparato llamado *nonius* ó *vernier*, del nombre de su inventor, nada deja que desear respecto á la precision en la cuestion presente: consiste en unir una regla de madera, ó de cualquier sustancia á propósito, á aquella en que las divisiones longitudinales están marcadas, y que nos ha de servir para la operacion propuesta; la regla auxiliar ó *nonius* debe abrazar un número justo de divisiones, las cuales se dividirán sobre ella en una mas y el aparato estará concluido.

14. Supongamos que se haya dividido en líneas la regla AB (*fig. 1.*) que sirve de unidad, y que deseemos medir la longitud con una aproximacion de $\frac{1}{10}$ de línea. Tomaremos otra regla VV de 9 líneas de longitud, la que dividiremos en diez partes iguales; y la cual constituirá el *nonius*: cada una de sus partes será solamente de $\frac{9}{10}$ de línea, y por lo mismo diferirá $\frac{1}{10}$ de línea de las partes de la otra regla. Si se coloca la regla VV sobre la AB, de modo que se correspondan las extremidades A y V, no habrá coincidencia entre las otras divisiones; la primera señal del *nonius* quedará atrasada

de $\frac{1}{10}$ de línea, la segunda de $\frac{2}{10}$, la tercera de $\frac{3}{10}$ etc. Si ahora se hace coincidir la primera division de la regla y del nonius, este se hallará adelantado de $\frac{1}{10}$ de línea, partiendo de la extremidad de la regla, y estaría adelantado de $\frac{2}{10}$, $\frac{3}{10}$, $\frac{4}{10}$ etc. si se verificase la coincidencia sobre la 2.^a, 3.^a division de la misma. Entendido el fundamento del nonius, nada hay mas fácil que servirse de él.

Supongamos que se quiere medir una longitud CD con una aproximacion de $\frac{1}{10}$ de línea: para esto se la aplicará á la regla AB, haciendo coincidir exactamente las extremidades, y nos dará un cierto número de líneas, mas una fraccion que tratamos de apreciar. Para conseguirlo se aplica el nonius VV á la extremidad D de la longitud, y se observa cuál es la division que se corresponde con una de las de la regla. Sea v. gr. la 6.^a, lo cual nos dice que la fraccion vale $\frac{6}{10}$ de línea. Entendido esto, se concibe muy bien que puede disponerse el nonius de modo que dé aproximaciones mayores, para lo que no habrá mas que tomar 19 ó 29 líneas, y dividir esta distancia en 20 ó 30 partes iguales, lo que nos producirá el medio de apreciar fracciones de $\frac{1}{20}$ ó de $\frac{1}{30}$ de línea. Sin embargo, la aproximacion de $\frac{1}{10}$ de línea parece suficiente, porque pasado este limite resulta confusion en la lectura, no distinguiéndose bien cuál de las divisiones ha de tomarse para la coincidencia. Este aparato se emplea tambien para la medida de los minutos y segundos contenidos en un arco propuesto.

15. Además de la extension hemos colocado como inseparable la propiedad conocida con el nombre de *impenetrabilidad*, la cual es la *exclusion que todo cuerpo verifica de cualquier otro en la porcion del espacio que él ocupa, ó la imposibilidad de que un mismo espacio sea ocupado por mas de un cuerpo á la vez*. Esta propiedad pertenece á la materia exclusivamente, puesto que los cuerpos pueden penetrarse; si bien esto no se verifica respecto de las moléculas que los constituyen, las cuales se ven obligadas á estrecharse ó cambiar de posicion para dar paso al cuerpo penetrante. Así sucede que un clavo introducido en la pared, una estaca en el terreno, etc., penetran por entre las moléculas, á las que fuerzan á estrechar sus distancias, pero sin atravesar ó penetrar un átomo siquiera: por esto ha recibido esta penetracion el nombre de aparente, con el cual se la designa en la ciencia.

16. Por lo que precede se concibe muy bien que la penetracion de los sólidos entre sí solo puede ser aparente en el sentido que hemos asignado á esta palabra, y que si en lo interior de los mismos penetran líquidos ó gases se verifica tambien por la interposicion de las partículas, pero excluyéndose estas mutuamente.

17. Se prueba la impenetrabilidad de los sólidos con los líquidos, y recíprocamente, introduciendo un sólido en una vasija que contenga un líquido, y se notará que este se derrama si el vaso estaba lleno, y en el caso de no estarlo el líquido se eleva del mismo modo que si se hubiese aumentado de un volumen igual al del sólido introducido. La impenetrabilidad de los líquidos unos con otros se prueba echando en una vasija que contenga un líquido una porcion de otro que tenga con el primero una accion química débil, y si se puede nula; en cuyo caso se observa que el volumen que resulta es igual á la suma de los volúmenes parciales, sin que obste para esto el que los líquidos se mezclen ó se interpongan sus respectivas moléculas: y deciamos que la accion química fuese nula, porque existen en otro caso ejemplos de penetracion aparente, como se verifica introduciendo en un vaso agua y ácido sulfúrico, y agitándolos, en cuyo caso se observa una disminucion de volumen, lo que no proviene de una penetracion verdadera, sino de una union mas íntima entre los átomos, como lo prueba el calor desprendido y que se hace sensible en lo exterior de la vasija de un modo notable.

18. Fácil es tambien el probar la impenetrabilidad de los líquidos con los gases, y al contrario; para lo cual no hay mas que tomar un vaso cualquiera é introducirle boca abajo en un depósito de líquido, y se notará que este no penetra en lo interior del vaso invertido, elevándose por la parte exterior casi del mismo modo que si fuese un sólido macizo. Con la mira de fijar la atencion en este experimento acostumbra á ponerse una cerilla encendida y flotante, la que, introducida debajo del vaso en cuestion, produce el notable espectáculo de una luz debajo del agua. Cierto es que un poco de líquido entra en el vaso, y que esta cantidad aumenta con la profundidad; pero esto no se opone á la impenetrabilidad, y mas adelante tendremos lugar de ocuparnos de esta circunstancia. En esto está fundada la construccion de la campana de buzos que se emplea para descender y trabajar bajo del agua, y la

cuba hidroneumática, aparato destinado á trasvasar y recoger los gases, y de la que puede desde luego formarse idea consultando la fig. 1.ª, lám. 6.ª Consiste en una capacidad llena de agua, sobre la cual y recubierta aun por el líquido se coloca una tabla destinada á sostener las vasijas que deben recibir el gas; las cuales invertidas y llenas tambien de agua se situan sobre un agujero que la tabla lleva en su medio, debajo del cual se pone la capacidad que contiene el gas que ha de trasvasarse, ó se hace llegar el tubo que comunica con el aparato productor como se observa en la figura citada; y en este caso el gas desaloja al agua ocupando su sitio en la campana superior. Cuando por exigirlo así la operacion, se emplea mercurio en vez de agua, el aparato recibe el nombre de *hidrargiro-neumático*.

19. La impenetrabilidad de los gases unos con otros es igualmente fácil de hacer constar: para lo cual se dispone un frasco en que por la reaccion de un ácido sobre el carbonato de cal se desprenda gas ácido carbónico, el cual se recibe en un vaso comun; y como este gas, segun se explicará en tiempo y lugar oportuno, no puede alimentar la combustion, se introduce en la vasija una cerilla encendida, y se ve que inmediatamente se apaga, lo cual prueba que el gas ácido carbónico ha desalojado al aire, y por lo tanto que estos cuerpos se excluyen ó son impenetrables.

20. La impenetrabilidad se basta á sí misma para determinar la existencia de un cuerpo; pero fácilmente echaremos de ver que en la idea de impenetrabilidad va implícitamente unida la de extension, de modo que pudiéramos decir que estas dos propiedades son las que caracterizan la materia, y que son, rigurosamente hablando, las únicas que la pertenecen.

LECCION IV.

Porosidad.—Razones para admitirla en todos los cuerpos, y experimentos que lo confirman.—Divisibilidad.—Diferencia que presenta esta propiedad considerada matemática ó físicamente.—Razones y hechos que prueban que la divisibilidad física no es ni puede ser indefinida.

21. Por lo que llevamos explicado en las lecciones precedentes hemos podido convencernos de que los cuerpos son un

conjunto ó agregado de moléculas, y que estas se hallan unidas de modo que no permiten fácilmente la interposicion de otras cualesquiera: falta examinar si estas moléculas se hallan en contacto inmediato, ó si por el contrario están separadas de uno ú otro modo. La observacion y la experiencia nos enseñan que las moléculas no están en ningun cuerpo unidas por un contacto íntimo, sino separadas por intervalos mas ó menos considerables, que reciben el nombre de *poros*, y de aquí el admitir la *porosidad* como una propiedad general de los cuerpos.

22. Todos los cuerpos sólidos son porosos, lo que en muchos se prueba inmediatamente por presentarse los intersticios á la simple vista, como sucede con el corcho, la piedra pomez y otros varios; algunos otros presentan los poros visibles con el auxilio de instrumentos ópticos, y otros varios no permiten ser distinguidos por ninguno de estos medios. De aquí proviene la division que algunos hacen de la porosidad en *aparente* y *molecular*. Podemos tambien observar la porosidad de un gran número de cuerpos por la circunstancia que presentan de absorver líquidos, los que por lo ya expuesto no pudieran introducirse en lo interior de los cuerpos sólidos si estos careciesen de porosidad: en algunas ocasiones es necesario una fuerte presion para determinar la introduccion de las partículas líquidas en los poros del sólido, al paso que en otras se consigue sin esfuerzo alguno.

Los metales mas compactos, las piedras, y todos los sólidos por fin, podemos asegurar que son porosos por la circunstancia que presentan de poder disminuir de volúmen; lo cual no puede verificarse de otro modo que estrechándose las distancias ó poros que el cuerpo presente, no pudiendo admitirse que las moléculas se hagan mas pequeñas, puesto que, como ya sabemos y tendremos ocasiones repetidas de comprobar en lo sucesivo, no poseen mas propiedades que la extension y la impenetrabilidad.

23. Los líquidos nos presentan pruebas de porosidad bien sensibles, no solamente respecto de los sólidos, sino unos líquidos con otros: sabemos con efecto que cuando en una vasija se reune agua y vino común, v. gr., el volúmen que resulta es la suma de los volúmenes de ambos cuerpos; y observamos al mismo tiempo que todo el líquido ha sido tenido, efecto de la interposicion de las moléculas del uno entre las moléculas

del otro; ó lo que es lo mismo, de acomodarse las partículas de cada uno en los poros que el otro le presenta.

24. Poco tendremos que decir respecto de los gases, recordando el estado de repulsion en que sus moléculas se encuentran, porque esta propiedad no solo nos prueba su porosidad, y nos dice que es mayor que la de los demás cuerpos, sino que siempre está tendiendo á aumentar indefinidamente.

25. Esta propiedad es realmente inseparable de los cuerpos, puesto que ninguno existe á quien no comprenda; pero no la hemos colocado como tal porque podemos mentalmente separarla de ellos, pues nada mas fácil que figurarse un cuerpo cuyas moléculas, hallándose en contacto íntimo, no presenten poro alguno; sin embargo de que la naturaleza no nos presenta ningun ejemplo de cuerpo semejante.

26. Al observar que las moléculas de los cuerpos no están en contacto inmediato, ocurre naturalmente averiguar si será posible separar unas de otras las partes que los componen, ó lo que es lo mismo, si podrán ser divididos; y las observaciones diarias, de lo que continuamente pasa á nuestra vista, nos autorizan para decir que son divisibles, ó que la *divisibilidad* es una propiedad general de los cuerpos.

27. La divisibilidad puede considerarse *geométrica ó físicamente*: la primera, como que únicamente se entiende en abstracto, puede llegar al infinito, puesto que, por pequeña que una cantidad sea, aun podemos imaginar la subdivision de la misma en una porcion de partes cualesquiera. Si consideramos la divisibilidad material ó *física*, vemos que puede llevarse hasta un punto sorprendente, por cuanto las mas ténues partículas de los cuerpos, examinadas con el microscopio, nos presentan cuerpos mas ó menos regulares, y que se concibe muy bien la posibilidad de nueva subdivision en ellos; hasta que las moléculas en su mayor grado de separacion, llevadas hasta ser invisibles por la disolucion ó por otros medios, nos indican el término de toda division, la imposibilidad de toda separacion ulterior. Así podemos decir que la *divisibilidad matemática es indefinida* ó no reconoce limites; pero la *divisibilidad física debe ser limitada*, sin que podamos admitirla como indefinida ni empleando fuerzas físicas, ni haciendo uso de las químicas; es decir que llegará á los átomos de la materia, pero que no podrá pasar de allí en ningun caso.

28. Ningun fenómeno conocemos que nos dé derecho á

mirar la materia como divisible al infinito; y desde luego se concibe que si las moléculas elementales de los cuerpos fuesen divisibles, no serian ellas las moléculas verdaderas, sino las que resultasen de esta division; y si estas fuesen tambien divisibles, tampoco les convendria la denominacion de moléculas, siéndolo sí las que por la division hubiésemos obtenido: de forma que continuando del mismo modo, y procediendo de série en série, hemos de llegar necesariamente á unas partículas completamente indivisibles, las cuales, y no otras, serán los verdaderos átomos de la materia: además, si la materia fuese divisible al infinito, se combinaria de infinito número de maneras, y por tanto veriamos sin cesar cuerpos nuevos totalmente distintos de los que los precedieron y de las formaciones sucesivas; y como la observacion y la experiencia nos dicen que esto no se verifica, podemos concluir que la divisibilidad de la materia no puede ser indefinida.

29. Sin embargo, la naturaleza y las artes nos presentan ejemplos de una divisibilidad prodigiosa, y que prueba la tenuidad casi infinita de los átomos de la materia. Un grano de carmin puede teñir una gran cantidad de agua, subdividiéndose por lo tanto en un número inconcebible de partes; el oro puede batirse hasta obtener hojas de $\frac{1}{36,000}$ de pulgada: y el agua en las burbujas que forma agitándola con jabon llega á producir una hoja ó película de $\frac{1}{2,000,000}$ de línea.

30. Si los sólidos y líquidos permiten una divisibilidad tan asombrosa, por lo que respecta á los gases recordaremos solo el estado de repulsion en que se encuentran, y bastará para convencernos de que la divisibilidad en ellos llega sin esfuerzo hasta las moléculas elementales.

LECCION V.

Compresibilidad.—Medios de asegurarnos de que esta propiedad reside en todos los cuerpos, y determinacion de la ley que se manifiesta en los gases.—Elasticidad.—Experimentos que prueban que esta propiedad es general en los cuerpos, y clasificacion de los mismos con respecto á esta propiedad.

31. Hemos visto que los cuerpos pueden ser divididos, ó lo que es lo mismo, que empleando esfuerzos mas ó menos

considerables, es posible separar sus diferentes partes; y que esta divisibilidad puede bajo la influencia de agentes determinados, extenderse hasta las moléculas de los cuerpos: nos proponemos ahora averiguar si es posible reducirlos de volumen ó comprimirlos, y si efectivamente esta acción puede desenvolverse en todos ellos, para concluir que la *compresibilidad* es una propiedad general de los cuerpos.

32. Nada más fácil al parecer que probar la compresibilidad de los sólidos, puesto que, empleando un esfuerzo más ó menos enérgico y repetido, se logra verificar una impresión en ellos que pudiera tomarse como prueba de su compresibilidad; así es que basta el esfuerzo de la uña para producir una impresión en el plomo y varias clases de madera, pero es difícil asegurarse que la compresión ha tenido lugar, porque podrá muy bien suceder que solo se verifique un resbalamiento de las moléculas, que las coloque en nuevas posiciones, pero que no altere la relación de las distancias ó poros: así es que para convencernos directamente de la compresibilidad de los cuerpos sólidos sería necesario asegurarse de que la disminución de una de las dimensiones del cuerpo no producía nunca el aumento de las demás; esto no es tan fácil como pudiera creerse; de modo que la principal razón que tenemos para mirar la compresibilidad como una propiedad general consiste en que todos aumentan de densidad en virtud de las acciones ejercidas para comprimirlos: verdad es que aun no ha llegado la ocasión de apreciar la fuerza de esta prueba, pero podemos mirarla como un hecho, interin llegamos á la altura necesaria para ocuparnos de estas cuestiones.

33. Los líquidos han sido mirados por mucho tiempo como incompresibles, hasta que Canton probó y midió su compresibilidad; sin embargo, lo son tan poco, que para las aplicaciones se los puede considerar como desprovistos de esta propiedad. Para hacer constar la compresibilidad de los líquidos hay un aparato debido á Oersted, denominado *piezometro*, y que consiste en lo siguiente: dentro de un vaso de paredes gruesas y lleno de agua (*fig. 2.^a*) va colocada una botellita de cuello largo y estrecho, en la cual se echa el líquido que se trata de examinar, y que va separado del agua exterior por una gota de mercurio que sirve de índice para indicar la disminución de volumen; esta botella se sitúa sobre una lámina metálica, en la cual lleva una escala que indica porciones igua-

les del volúmen del líquido contenido, y á su lado se coloca en la misma plancha un tubo abierto por su parte inferior con su escala correspondiente que mide volúmenes iguales, y finalmente en la boca del frasco lleva un cilindro macizo que ajusta exactamente, y al cual denominamos émbolo ó piston, destinado á verificar la compresion por medio de un tornillo de presion.

Haciendo que el piston comprima el agua del vaso, ésta, que como veremos á su tiempo trasmite la presion en todas direcciones, oprime el líquido de la botella, y el indice de mercurio nos señala sobre la escala la disminucion de volúmen ó la compresion verificada; y el tubo inmediato nos dice, por razones que examinaremos en seguida, el esfuerzo que se ha empleado para conseguir la compresion. Esta es tan pequeña, que el agua, por medio del esfuerzo que produce el peso de una columna de mercurio de 28 pulgadas francesas de altura, que es lo que decimos una atmósfera, se comprime solo 0,000046 de su volúmen primitivo.

34. Los gases son muy compresibles, y nada hay mas fácil que asegurarse de ello oprimiendo una vejiga llena de aire, ó introduciendo un piston en un cilindro que contenga el mismo fluido; pero no solamente se verifica que sufre una reduccion de volúmen tanto mas considerable quanto mas enérgica es la presion, sino que existe una relacion conocida entre volúmenes y presiones, la que se denomina *ley de Mariotte* por ser debida á este sabio. Para determinarla se toma un tubo encorvado (*fig. 3.^o*) y cerrado en el extremo de la rama mas corta, se echa mercurio de modo que se coloque en la linea AB, dejando encerrado en la rama corta, que deberá estar dividida en partes de igual capacidad, un volúmen de aire igual al exterior en cuanto á las circunstancias en que se encuentra; en este estado se echa mercurio hasta M, que suponemos á una altura de 28 pulgadas sobre el nivel del brazo corto; y el volúmen de aire se reduce á la mitad, llegando el mercurio hasta C; si aun añadimos otra columna igual de mercurio hasta T, el volúmen se reducirá á la tercera parte del primitivo, y se reduciria á la cuarta parte aumentando otra columna igual de azogue, y así prosiguiendo.

35. Examinando lo que aquí sucede, vemos que las presiones ejercidas son 1, 2, 3, 4 etc., y los volúmenes ocupados vienen expresados por 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ etc., lo que se ex-

presa diciendo que *los volúmenes ocupados por una misma masa de gas se hallan en razon inversa de las presiones ejercidas*. Esta es la ley de Mariotte, que es una de las que mas frecuentemente tendremos necesidad de citar.

36. Llegados á este punto, ocurre naturalmente la cuestion siguiente: ¿los cuerpos que han sido comprimidos, permanecen con el volúmen adquirido cuando cesa el esfuerzo comprimente, ó recobran el volúmen primitivo? No hace aun muchos años que se hubiera contestado que habia cuerpos en quienes se verificaba lo primero, y otros á quienes sucedia lo segundo; pero en el dia puede decirse que todos los cuerpos reobran con mas ó menos energía para recobrar el volúmen ó forma primitiva, á cuya reaccion, á cuyo esfuerzo designamos con la palabra *elasticidad*, y de aquí el decir que esta es una propiedad general de los cuerpos.

37. Tratándose de los sólidos, vemos con efecto que una varilla de acero templado si se la encorva y se la abandona en seguida á sí misma, vuelve á tomar su anterior forma rectilínea haciendo una serie de movimientos de va-y-ven, ó como decimos en fisica, de oscilaciones; y si esto mismo lo hacemos con una varilla de plomo, nos hallaremos que permanece encorvada, y nada observamos en ella que dé indicios de que trate de recobrar su posicion primitiva, pareciendo por tanto que el plomo se halla desprovisto de elasticidad, pero sin embargo no es así: todos los cuerpos tienen un limite de elasticidad, que se manifiesta en unos por la desintegracion ó fractura del cuerpo, y en otros por conservar las moléculas las nuevas posiciones adquiridas; tanto la varilla de acero como la de plomo han sufrido al encorvarse una separacion de las moléculas en la parte convexa, y una aglomeracion en la parte cóncava; las moléculas separadas deben desenvolver una accion tendiendo á agruparlas como anteriormente se encontraban, y las aglomeradas tenderán á recobrar las distancias anteriores; y conspirando al mismo fin ambas acciones, el resultado debe ser el adquirir nuevamente la posicion perdida; pero si se excede el limite en el acero, la ruptura será inevitable, así como el plomo permanecerá doblado por acomodarse las moléculas en sus nuevas situaciones. Esto nos dice que hay cuerpos mas y menos elásticos respectivamente; así el plomo recobrará la posicion que tenia si el desarreglo de las moléculas es corto, de lo cual podemos asegurarnos separán-

dole poco de su posicion; así se verifica que si de una altura dada dejamos caer sobre un plano resistente una bala de plomo, resulta una faceta en el sitio del choque, al paso que un perdigon, cayendo de la misma altura, rebota sin conservar impresion alguna, en razon á que el desarreglo de sus moléculas ha sido corto, y no habiendo llegado al limite que le corresponde han reobrado como las de acero para colocarse en las posiciones anteriores.

38. De todo esto se deduce que no hay cuerpo desprovisto de elasticidad; si bien en algunos es tan poca que pueden ser mirados como no elásticos en la mayor parte de las aplicaciones. Los cuerpos no recobran todos del mismo modo su forma ó volúmen anterior, pues unos lo verifican instantáneamente ó en un tiempo indivisible, y otros tardan un tiempo apreciable, aunque muy corto. Damos á los primeros el nombre de cuerpos elásticos de primera especie, y á los otros el de elásticos de segunda; sobresaliendo en los de primera el marfil, el vidrio y el mármol; y entre los de segunda la goma elástica, la plumazon y el esparto, etc. Tendremos necesidad de recordar y aun de ampliar estas consideraciones cuando tratemos de la comunicacion del movimiento, y entonces como ahora nos convenceremos de que no hay cuerpo alguno sin elasticidad, así como en los sólidos no hay ninguno que podamos mirar como perfectamente elástico.

39. Los líquidos son elásticos, como lo prueba el piezómetro, en el cual vuelve el índice á su posicion primera en cuanto cesa la presion ejercida; sin embargo, como hemos visto que los líquidos son poco compresibles, parece que su elasticidad no debe ser grande, pues poco podrá reobrar un cuerpo cuyas moléculas han sido tambien poco agrupadas; pero cuando nos ocupemos de la acústica y veamos la dependencia que hay entre la elasticidad y la produccion y propagacion del sonido, nos convenceremos de que la elasticidad de estos cuerpos es mucho mayor de lo que á primera vista parece corresponderles.

40. Los gases no solamente son elásticos, sino que lo son perfectamente; y ninguna duda puede quedarnos de ello recordando la continua repulsion de sus moléculas, que están siempre tendiendo á ensancharse, á ocupar mayor espacio, ó lo que es lo mismo, desenvolviendo un resorte enérgico y continuo. Es tan notable la elasticidad en estos flúidos, que se

dice con frecuencia *estado elástico*, como sinónimo de estado gaseoso ó aeriforme, y esta propiedad conduce á aplicaciones de la mayor importancia, que serán desenvueltas en el curso de estas lecciones. Decimos que son perfectamente elásticos porque jamás pierden esta propiedad, á diferencia de los sólidos que pueden, sino perderla enteramente, debilitarse de un modo notable por el uso y por otras causas.

LECCION VI.

Inercia.—Explicacion de sus leyes é influencia de esta propiedad para modificar siempre la accion de las fuerzas.—*Movilidad.*—Explicacion de esta propiedad.—*Gravedad considerada solo como una causa de movimiento.*—*Cohesion.*—*Dureza.*—*Maleabilidad.*—*Ductilidad.*

41. *Inercia* llamamos á la *falta de aptitud que tiene la materia para darse movimiento á sí propia*, cuya propiedad, como anteriormente hemos indicado, corresponde á los cuerpos del mismo modo que á la materia que los forma. Se concibe sin dificultad que un cuerpo fijo ó en reposo no puede nunca darse movimiento á sí propio, y que por lo tanto permanecerá eternamente en el sitio que se le coloque, si una causa externa no viene á cambiar las condiciones en que se encuentra. Pero la inercia no solo consiste en la permanencia en el reposo, sino tambien en la del movimiento: asi que decimos que *un cuerpo conservará indefinidamente el estado de reposo ó movimiento en que se encuentre, á menos que causas exteriores no vengan á aniquilar ó interrumpir el estado en que se halla.*

42. La segunda parte de la proposicion parece á primera vista dudosa, puesto que lo que observamos diariamente es exactamente lo contrario; y nuestros antepasados, juzgando de este modo, sostenian que la materia tendia mas al reposo que al movimiento: y efectivamente lo que la experiencia diaria nos enseña es que todo cuerpo en movimiento llega á pararse al cabo de mas ó menos tiempo; pero si observamos cuidadosamente las circunstancias que producen esta aniquilacion del movimiento, veremos que todas ellas no son mas que resistencias ú obstáculos que el cuerpo encuentra en su marcha, la cual no cesaria nunca si aquellos no existiesen. Si hacemos

marchar una esfera á lo largo de un plano, hallaremos que tarda mas en pararse á medida que el plano y la esfera presentan menos asperezas ó están mas pulimentados; de modo que á medida que disminuyen los obstáculos que en este caso produce, lo que mas adelante explicaremos con el nombre de rozamiento, el movimiento es de mayor duracion; de forma que si este tuviese lugar en paraje en que las resistencias fuesen nulas, como sucede con los cuerpos de nuestro sistema planetario, nos dice la observacion y la experiencia que entonces no cesaria jamás.

43. Además se observa que cuando queremos detener un cuerpo tenemos necesidad de emplear un esfuerzo mas ó menos considerable para conseguirlo; esfuerzo que estamos seguros que, si le aplicásemos al mismo cuerpo en reposo, seria capaz de determinar su movimiento; luego para aniquilar el movimiento de un cuerpo hay que comunicarle otro en sentido contrario: de donde se sigue que si concedemos al cuerpo la facultad de aniquilar el movimiento adquirido, le concedemos tambien la de darse un movimiento á sí propio en este caso; y como las propiedades físicas de los cuerpos son las mismas, ya se los considere fijos ó ya en movimiento, vendremos á parar en que los cuerpos gozarian la facultad de darse movimiento á sí mismos hallándose en reposo, lo que es absurdo, y se halla en contraposicion con lo que, como la primera parte de la proposicion establece, la experiencia diaria nos enseña; luego la segunda parte de la proposicion es verdadera, y por tanto un cuerpo en movimiento solo será detenido por los obstáculos exteriores que encuentre en su marcha.

44. La observacion y la experiencia, no menos que las consideraciones que preceden, nos dicen que cuando desenvolvemos un esfuerzo para poner un cuerpo en movimiento esta accion es recíproca, y el cuerpo desenvuelve tambien un esfuerzo en sentido contrario; de modo que cuando nuestra mano solicita un cuerpo, este solicita nuestra mano con la misma energía y en direccion contraria; y como el esfuerzo consumido en la accion ejercida puede considerarse como absorbido ó segregado por la accion en sentido contrario que el cuerpo produce, de aqui viene el decir que *la reaccion es siempre igual y contraria á la accion*, que es otra de las leyes de inercia.

Al ocuparnos de las leyes de la comunicacion del movi-

miento tendremos ocasion de recordar estas leyes y de confirmarlas con diferentes ejemplos.

45. Reflexionando sobre las leyes de inercia se echa de ver fácilmente que esta propiedad de los cuerpos ha de modificar necesariamente los efectos que sin ella producirían los esfuerzos que pudiéramos comunicarles, puesto que los cuerpos oponen una resistencia á abandonar el estado en que se encuentran, sea este de reposo, ó sea de movimiento, cuya resistencia ha de vencerse necesariamente, y en lo cual se ha de consumir por lo que va dicho una parte del esfuerzo, el cual por lo tanto no producirá todo el efecto útil que debiéramos esperar en otro caso.

46. La circunstancia que los cuerpos presentan de poderse mover en virtud de un impulso comunicado es lo que se designa con el nombre de *movilidad* la cual es una propiedad general de los cuerpos, puesto que no existe ninguno que no pueda ocupar sucesivamente diversas porciones del espacio; y la observacion y la experiencia nos dicen que esta propiedad siempre los acompaña, por quanto ningun cuerpo conocemos que no se halle en movimiento, toda vez que la tierra y los cuerpos que llenan el espacio se encuentran girando sin cesar.

47. Tanto el reposo como el movimiento puede ser considerado absoluta ó relativamente. Decimos que un *cuerpo se halla en reposo absoluto cuando persevera en un mismo punto del espacio*; y decimos que está en *reposo relativo cuando conserva la misma posicion respecto de otros que consideramos como fijos*. El reposo absoluto no existe en el sistema del mundo, pues que todos los cuerpos, como antes decíamos, giran sin cesar. *Movimiento absoluto señala el estado de un cuerpo que cambia realmente de sitio en el espacio*; y *movimiento relativo el de un cuerpo que cambia de posicion respecto de otros que suponemos inmóviles*. Resulta de estos principios que la medida del movimiento absoluto es imposible, porque no conocemos ningun punto fijo que pueda servirnos de señal ó de partida.

48. Los cuerpos, cuando cesan de estar sostenidos, adquieren un movimiento de descenso, cuya accion, que parecen adquirir por sí mismos, es lo que conocemos con el nombre de *gravedad*. Este movimiento adquirido no solamente no se opone á las leyes de inercia, sino que es una de las causas

que hacen aniquilar el esfuerzo que á un cuerpo puede comunicársele al dirigirle por el aire oblicua ú horizontalmente: efectivamente, esta accion de la gravedad obra como si residiese en el centro de la tierra y ejerciese una atraccion de todos los cuerpos hácia este punto, atraccion por otra parte que no admite tregua ni descanso, y está actuando continuamente: por lo tanto ya actúe sola, ya combinada con una impulsión cualquiera, el cuerpo se dirige verticalmente en el primer caso, y describiendo una curva en el segundo hasta tocar con la tierra, donde queda aniquilado el movimiento por su resistencia.

49. Esta acción, que sin cesar actúa sobre los cuerpos, y que tiende á unirlos todos con la tierra y á estrechar las distancias que los separan de su centro, es lo que, como ya dicho, conocemos con el nombre de gravedad: la atraccion que retiene á los cuerpos de nuestro sistema planetario á distancias dadas del sol, al rededor del cual giran, recibe el nombre de *gravitacion*, y finalmente, la que mantiene unidas las moléculas de los cuerpos, impidiendo que las partículas de los mismos se dispersen en el espacio, lo cual parece que debiera suceder puesto que en virtud de la porosidad sabemos que no se hallan en contacto íntimo, se denomina *cohesion*. Mas adelante se nos presentará ocasion de recordar lo perteneciente á estas acciones, y entrar en pormenores imposibles de comprender en este lugar.

50. De la cohesion de las partículas nace la diferente resistencia que presentan los cuerpos, ya á ser divididos, ó ya á cambiar de colocacion las moléculas. De aqui se origina lo que llamamos *dureza*, que es una propiedad relativa que varía hasta con el modo de ensayarla, pues que hay cuerpos que ceden á la percusion ó choque, y son casi inatacables por la presion y el rozamiento: este segundo medio es el que se emplea para conocer la dureza, es decir, viendo el cuerpo que ataca ó raya á otro, en cuyo sentido decimos que el diamante es el mas duro de los cuerpos.

51. Cuando se estudia esta propiedad bajo el aspecto de colocar las moléculas de los cuerpos en nuevas posiciones, da lugar á la *maleabilidad*, ó facultad de extenderse en láminas por medio del martillo ó de los laminadores, y á la *ductilidad*, ó facultad de dejarse estirar en hilos por medio de la hilera.

MECANICA DE SOLIDOS.



LECCION VII.

Explicacion de lo que entendemos por fuerzas, de lo que se da el nombre de resultante y de componentes.—Diferentes casos que ocurren en el problema general de la composicion de fuerzas.

52. Los diversos agentes que actúan sobre los cuerpos reciben el nombre de *fuerzas* cuando se los considera como causas de movimiento, así podemos decir que *fuerza es todo lo que comunica ó tiende á comunicar un movimiento*. A poco que reflexionemos sobre esta definicion nos convenceremos de su exactitud, puesto que observamos cuerpos que no adquieren movimiento sensible, aun cuando nos conste que se hallan solicitados por fuerzas considerables.

53. Las fuerzas son cantidades, puesto que pueden sufrir aumento ó disminucion, y no solo son cantidades, sino que son medibles, y por tanto del dominio de las matemáticas. Una fuerza queda determinada cuando se da su *direccion*, su *magnitud ó intensidad*, y su *punto de aplicacion*; representándose lo primero por líneas, lo segundo por partes tomadas sobre las mismas, y el punto de aplicacion por las coordenadas correspondientes.

54. Un cuerpo sobre el cual actúan fuerzas en mas ó menos número, y no logran imprimirle un movimiento, decimos que está en *equilibrio*; lo cual no debe nunca confundirse con el *reposo*, que nos indica la carencia de toda fuerza. Si el cuerpo solicitado no está en equilibrio adquirirá un movimiento; pero observaremos que cualquiera que sea la relacion de las fuerzas, el cuerpo no seguirá mas de un camino, puesto que es imposible que siga dos ó mas á la vez; y de aquí concluimos que el sistema de fuerzas podrá ser reemplazado por una fuerza única, estimada en la direccion del movimiento adquirido, y capaz de producir por si sola el mismo efecto que

todas las demás reunidas: á esta fuerza denominamos *resultante* del sistema, y las que han concurrido á su determinacion reciben el nombre de *componentes*. En el caso del equilibrio la resultante es cero.

55. Consideradas las fuerzas del modo que antecede, todo cuanto á las mismas concierne está reducido á simples cuestiones de geometría; y la ciencia que se ocupa de examinar las relaciones de estas fuerzas entre sí, y con las resultantes respectivas, es la que conocemos con el nombre de *Mecánica*, que se divide en mecánica de sólidos y en mecánica de flúidos, comprendiendo en esta denominacion los líquidos y los aeriformes: y se subdivide luego en *Estática*, que trata del equilibrio de los sólidos, y en *Dinámica*, que considera su movimiento, en *Hidroestática*, que se ocupa del equilibrio de los flúidos, y en *Hidrodinámica*, que tiene por objeto el estudio de sus movimientos.

56. Considerada la mecánica con toda generalidad, podemos decir que tiene por objeto la resolucion de este problema: dadas las componentes determinar la resultante; y considerarle tambien inversamente, esto es, dada la resultante hallar las componentes que la han producido. La mecánica es una ciencia aparte, y para cuyo estudio son necesarios conocimientos algo superiores de matemáticas; pero procuraremos exponer con la mayor sencillez posible todas las cuestiones de esta ciencia que, perteneciendo igualmente á la física, son de todo punto indispensables si se ha de progresar en su estudio.

57. Las fuerzas pueden formar ángulos ó ser paralelas, y en el primer caso pueden estar situadas en un mismo plano ó en planos diferentes; y de aqui los diversos casos que ocurren en la composicion de fuerzas, todos los cuales examinaremos sucesivamente del modo físico que hace á nuestro propósito.

58. Por lo que va dicho respecto al equilibrio y al movimiento se viene en conocimiento de que *un cuerpo solicitado por una fuerza única nunca podrá estar en equilibrio*, pues que obedeciendo el cuerpo en virtud de la inercia á la fuerza que le solicita, necesita otra por lo menos que destruya el efecto de la primera. El caso mas sencillo pues de equilibrio es el de dos fuerzas, que para producirle es indispensable que sean iguales y directamente opuestas, pues solo es

tando el cuerpo solicitado igualmente, y en sentidos opuestos, es como únicamente podrá permanecer fijo por la acción de dos solas fuerzas, porque entonces estas se destruyen y nos dan una resultante cero.

LECCION VIII.

Determinacion de la resultante en las fuerzas concurrentes cuando se hallan situadas en un mismo plano.

59. Las diferentes fuerzas que suponemos solicitan á un cuerpo pueden actuar en la prolongacion de una misma recta, y en este caso pueden verificarlo siguiendo todas una misma direccion, ó actuando en direcciones opuestas. Si todas actúan en una misma direccion, *la resultante es igual á la suma de todas ellas*, y actúa en la direccion única en que lo verifican las componentes. Si fuesen dos solas fuerzas actuando sobre un punto en sentidos contrarios, *la resultante será igual á su diferencia* y actuará en el sentido de la mayor, en razon á que esta fuerza mayor puede imaginarse descompuesta en dos, una igual á la menor, que se destruirá con ella, y otra que vendrá representada por el exceso ó diferencia, que obrará como si estuviese sola, y por consiguiente será la resultante del sistema. Si las dos fuerzas fuesen iguales, *su resultante seria cero*, como ya hemos dicho, y el sistema estaria en equilibrio. Si en vez de ser dos solas fuerzas fuesen en gran número, hallariamos la resultante de las que actuasen en un sentido, que sabemos seria igual á su suma, y procediendo del mismo modo buscaríamos la resultante de las que fuesen en el sentido opuesto, y vendriamos á parar al caso anterior de dos solas fuerzas, que serian ahora las dos resultantes determinadas; de modo que la resultante final estará representada por la diferencia entre las dos sumas verificadas. Esta resultante actuará en el sentido de la mayor de las resultantes parciales ó de la mayor suma; pero no es seguro que lo verifique en el sentido del mayor número de fuerzas, pues que puede muy bien suceder que dos solas fuerzas, actuando en un sentido, produzcan una suma mayor que la que resulte de un gran número si estas son mas pequeñas y obran en sentido opuesto.

60. Si las fuerzas fuesen dos y formasen ángulo, la resul-

tante pasaría necesariamente por dentro del mismo, y tomaría por tanto una dirección intermedia que la observación y la experiencia nos dicen que estará representada siempre por *la diagonal del paralelogramo construido sobre las intensidades de las fuerzas*. Continuamente estamos viendo ejemplos que lo confirman; así es como la marcha de un barco con remos, marcando estos la dirección de las componentes, sigue aqúel la dirección de la diagonal.

61. Si las fuerzas concurrentes fuesen en gran número, pero situadas todas en un mismo plano, se hallaría la resultante final construyendo un paralelogramo sobre dos de las fuerzas dadas y marcando su diagonal, con lo que el sistema quedaría reducido á una fuerza menos; luego se repetiría igual operación con la resultante hallada y otra de las fuerzas, y así continuando hasta hallar la última diagonal, que será la resultante pedida.

Sean cuatro fuerzas P, P', P'' y P''' (*fig. 4.ª*) que concurren en el punto A ; sobre las P y P' construiremos el paralelogramo $APBP'$ cuya diagonal AB será la resultante; sobre AB y P'' trazaremos el $ABCP''$, y su diagonal AC será resultante de las AB y P'' ; sobre esta diagonal AC y P''' se construirá el $ACRP'''$, y su diagonal AR será la resultante final que buscáremos. Si las fuerzas fuesen en mayor número se procedería del mismo modo, de forma que la operación sería en este caso mas larga, pero no mas difícil.

62. Si las fuerzas siendo concurrentes no se hallasen en un mismo plano, la resultante se determinaría construyendo un paralelepípedo sobre tres de ellas, cuya diagonal sería su resultante; y continuando del mismo modo análogamente á lo verificado en el caso anterior.

63. Las fuerzas en general pueden constituir equilibrio, en cualquier número que se hallen, siempre que se encuentren de modo que el efecto de cada una sea aniquilado por el concurso de las demás; lo que se expresa diciendo que *cuan-do un sistema de fuerzas producen equilibrio, cada una es igual y directamente opuesta á la resultante de todas las demás*.

Sean para esto tres fuerzas P, Q, S . (*fig. 5.ª*) que concurren en el punto A , y que producen equilibrio; las fuerzas P, Q darán una resultante S' que debiendo producir el mismo efecto que las componentes, se equilibrará con la fuerza S , y como dos fuerzas no pueden producir equilibrio mas que en el

caso de ser iguales y directamente opuestas, la fuerza S es igual y directamente opuesta á la resultante de las otras dos. Si ahora consideramos la resultante P' de las Q y S , aplicando el mismo razonamiento será igual y directamente opuesta á P ; sucediendo lo mismo á la Q' respecto de la fuerza Q .

64. Si dada una fuerza y considerada como resultante se nos pidiesen las componentes, el problema sería indeterminado, aun en el caso de ser dos las fuerzas pedidas, puesto que la geometría nos dice que una recta puede ser diagonal de infinito número de paralelógramos.

65. La magnitud de la resultante en el caso del paralelógramo de las fuerzas depende de la que corresponda á las componentes, pero también tiene una gran influencia el ángulo que forman; imaginémosnos para esto (*fig. 6.*) el paralelógramo $APRQ$, del cual es diagonal la R , resultante de las P y Q ; si permaneciendo la misma la magnitud de estas fuerzas llegan á tomar la posición P' , Q' , la resultante será R' , menor que la anterior; y estaría representada por R'' cuando las fuerzas, conservando su intensidad, se hallasen en las posiciones P'' y Q'' . Si estas fuerzas llegasen á ser directamente opuestas por ir aumentando el ángulo, la resultante sería igual á su diferencia; y si las componentes, en el caso contrario de ir disminuyendo el ángulo que forman, llegasen á superponerse, entonces la resultante vendría representada por la suma; de modo que los límites de la resultante ó diagonal están dados por la suma y la diferencia de las componentes.

LECCION IX.

Determinacion de la resultante de las fuerzas paralelas cuando van en un mismo sentido.

66. Las fuerzas paralelas han de considerarse siempre aplicadas á un mismo cuerpo; ó en el caso de que sean cuerpos diferentes, que se hallen invariablemente unidos; es decir, que siempre ha de haber un enlace invariable entre sus puntos de aplicacion, porque en el caso contrario cada fuerza obraría por sí con entera independencia de las demás, y no resultaría lo que entendemos por sistema de fuerzas, sin el cual no existe la resultante en ningun caso.

67. Cuando las fuerzas paralelas sean dos y vayan en un

mismo sentido darán *una resultante igual á su suma*, paralela á las componentes y en el mismo sentido que ellas; lo cual debe por precision ser así, pues que las dos fuerzas dadas no pueden destruirse total ni parcialmente en la disposicion que las suponemos; de modo que la resultante de las P y Q (*fig. 7.*) será la fuerza R paralela á ellas y tal que $R=P+Q$. Su punto C de aplicacion dividirá en dos partes iguales á la línea AB que une los de aplicacion de las componentes, en el solo caso de que estas sean iguales; pero si no lo fuesen se acercaría siempre á la mayor hasta el caso de confundirse con ella cuando la menor hubiese desaparecido, de modo que existirá una relacion siempre entre la intensidad de las componentes y las distancias AC y CB, que por lo que va expuesto se podrá representar por $P:Q::BC:AC$, de donde resulta $P \times AC = Q \times BC$; lo cual nos dice que el punto de aplicacion de la resultante se obtendrá dividiendo la línea que une los de aplicacion de las componentes en partes recíprocamente proporcionales á las intensidades de las mismas; y que si se multiplican las componentes por sus distancias al punto de aplicacion de la resultante se obtendrán productos iguales de cada lado; cuyos productos se denominan *momentos* de las fuerzas.

68. Como las fuerzas paralelas pueden ser en mayor número, la determinacion de su resultante final se verifica por procedimientos análogos á los empleados en las fuerzas concurrentes; es decir, se halla la resultante de dos de las componentes, y luego la que corresponde á la resultante hallada y á otra de las fuerzas dadas, prosiguiendo del mismo modo hasta venir á parar á dos fuerzas únicas, cuya resultante lo será de todo el sistema propuesto.

Sean cuatro fuerzas P, P', P'' y P''' aplicadas á los puntos A, B, D, E (*fig. 8.*), que por lo dicho arriba se hallarán invariablemente unidos; hallaremos la resultante S de las P y P', la cual será igual á la suma de las componentes, paralela á ellas, y aplicada á un punto G que divida la AB en partes inversamente proporcionales á las fuerzas P y P'; por el mismo procedimiento determinaremos la T, que será resultante de S y P'', y cuyo punto de aplicacion será L; y del mismo modo hallaremos la R que corresponde á las T y P''', y que es la resultante buscada en este sistema; porque S lo es de P y P', y siéndolo T de S y P'', lo será de P, P' y P''; y R, siéndolo de T y P''', debe serlo de P, P', P'' y P''', y por

tanto es la resultante final buscada. Esta resultante es paralela á las componentes, pues que S lo es á P y P' , T á S y P'' , y R á T y P''' . Es al mismo tiempo igual á la suma de las componentes, porque $S = P + P'$ y $T = S + P'' = P + P' + P''$, de donde $R = T + P''' = P + P' + P'' + P'''$.

69. Si estas fuerzas girasen de un modo cualquiera en el espacio, pero conservasen su paralelismo y sus puntos de aplicacion, la resultante giraria tambien del mismo modo, permaneciendo paralela á las componentes y pasando siempre por el mismo punto de aplicacion; el cual punto C por esta razon ha recibido el nombre de *centro de fuerzas paralelas*.

Podemos repetir aquí lo que dijimos en el problema correspondiente á las fuerzas que concurren en un punto; y es que en el caso de ser mayor el número de fuerzas, sería la operacion mas larga, pero no mas complicada ni difícil.

70. Si se nos diese la resultante y se pidiesen las componentes nos hallariamos, como sucedió en la cuestion igual propuesta para las fuerzas concurrentes, con un problema indeterminado; pues que aun en el caso mas sencillo de ser dos las fuerzas pedidas y con la condicion de iguales; debiendo los puntos de aplicacion hallarse á distancias iguales del de aplicacion de la resultante propuesta, son infinitos los puntos que cumplen con esta condicion.

71. Lo que sí es posible y necesario en muchas ocasiones es descomponer una fuerza dada en tantas otras paralelas como sea necesario, iguales dos á dos y simétricamente colocadas. Sea para esto la fuerza dada R (*fig. 9.*) aplicada al punto C de la recta AB , y supongamos que se nos pide su descomposicion en un número de fuerzas iguales todas, y colocadas dos á dos simétricamente. Para conseguirlo descompondremos el valor de R en sumandos iguales, que serán y representarán las fuerzas p, p', p'', p''' y q, q', q'', q''' , y las colocaremos en los puntos tomados á distancias iguales, puesto que lo son las fuerzas $a, b; a', b'; a'', b''; a''', b'''$; con lo cual quedarán satisfechas las condiciones pedidas.

LECCION X.

Determinacion de la resultante de las fuerzas paralelas cuando van en sentidos opuestos.—Pares de fuerzas.

72. Supongamos dos fuerzas paralelas (*fig. 10*) que van en un mismo sentido P y Q , cuya resultante será R ; es evidente que este sistema no producirá equilibrio, puesto que da lugar á una resultante que estando representada por la suma de las componentes nunca llegará á ser cero. Si nos propusiésemos contrabalancear este sistema con el objeto de que el cuerpo estuviese en equilibrio, tendríamos dos medios para conseguirlo; ó destruir cada una de las fuerzas del sistema por medio de otra igual y directamente opuesta, ó introducir una fuerza única igual y directamente opuesta á la resultante. Elijamos este segundo medio, é introduciendo la fuerza R' igual y directamente opuesta á R , tendremos que el sistema de las tres fuerzas P , Q y R' se halla evidentemente en equilibrio.

Sabemos que cuando un sistema de fuerzas está en equilibrio cada una de ellas es igual y directamente opuesta á la resultante de las demás; así que la fuerza R' es igual y directamente opuesta á la resultante de P y Q , y efectivamente es la condicion con que ha sido introducida: la fuerza P será por consiguiente igual y directamente opuesta á la resultante de Q y R' , así como la fuerza Q se hallará en el mismo caso respecto de las R' y P .

75. Sean las dos fuerzas dadas las P y R' paralelas y actuando en sentidos contrarios; su resultante por lo que va dicho será igual y directamente opuesta á Q , y vendrá representada por Q' ; su magnitud, siendo igual con Q , y teniendo de antes $R = P + Q$, será $Q' = R - P$, es decir que estará dada por la diferencia entre las componentes. Será paralela á las mismas, puesto que su direccion, si bien en sentido contrario, es la misma que Q , y se hallará actuando en el sentido de la mayor, que es evidentemente R' , pues que teníamos $R = P + Q$.

74. Su punto B de aplicacion no se halla entre los de las componentes, sino fuera; pero no ofrece dificultad su deter-

minacion, porque teniendo de antes $P \times A = Q \times BC$ resultará ahora que $BC = \frac{P \times AC}{Q}$.

75. En el caso de que las dos fuerzas dadas fuesen iguales, su resultante seria cero; pero el sistema, si bien no tendria movimiento de traslacion, le adquiriria de rotacion; circunstancia notable que ha hecho que se dé un nombre particular á la combinacion de fuerzas que la produce: así es que dos fuerzas iguales, paralelas y en sentidos contrarios, constituyen lo que llamamos un *par de fuerzas*.

76. Como en el problema de la composicion de fuerzas paralelas puede ocurrir que vayan unas en un sentido y otras en el opuesto, en este caso se determinará la resultante de las que van en un sentido por el procedimiento explicado, é igualmente se verificará con las que van en el opuesto, y vendremos á parar á un sistema de dos fuerzas únicas, paralelas y en sentidos contrarios, cuya resultante sabemos ya determinar.

De lo expuesto en el problema general de la composicion de fuerzas se deduce que todo sistema de estas, viene siempre á reducirse á una resultante única ó á un par de fuerzas.

LECCION XI.

Aplicacion de las fuerzas paralelas á la investigacion del centro de gravedad, y determinacion de este punto en los diferentes cuerpos.—Explicacion de las diferentes clases de equilibrio relativamente á esta cuestion.

77. Hemos examinado la accion de la gravedad considerando como una fuerza que actúa sin cesar sobre los cuerpos, tendiendo á dirigirlos al centro de la tierra. Esta fuerza no solo actúa sobre masas considerables, sino que se hace sensible y ejerce su accion sobre los átomos de la materia; y se concibe sin dificultad que debe ser así por cuanto los cuerpos caen, no solo cuando forman un todo coherente, sino reducidos á polvo impalpable; y además las moléculas, que como sabemos no se hallan en contacto inmediato, caen todas del mismo modo, como lo prueba el que el cuerpo por el solo acto de su descenso no cambia nunca de forma, lo que quie-

re decir que las moléculas conservan sus posiciones anteriores.

78. Ejerciéndose esta fuerza sobre las mas pequeñas moléculas de los cuerpos, se advierte, considerando como va dicho, que la forma del cuerpo no sufre alteracion, que todas las acciones son iguales, paralelas, y en una misma direccion; de donde resulta que nos hallamos con un sistema de fuerzas paralelas, iguales y en un mismo sentido; su resultante pues será igual á su suma, tambien paralela y en la misma direccion: efectivamente, el cuerpo cae en la direccion vertical en que lo verificarian sus partículas separadas; y por lo que respecta á la suma, puesto que todas son iguales, la resultante será tanto mayor cuanto mas considerable sea el número de las moléculas; esto es, cuanto mayor sea el número de las moléculas; ó en otros términos, cuanto mayor sea la masa del cuerpo. El valor de esta resultante es lo que se llama *peso* del cuerpo; así que pesar es medir una fuerza, la cual no es otra que la resultante de las acciones que la gravedad comunica á todas las moléculas del cuerpo.

79. Siendo el peso del cuerpo el que mide la intensidad de la resultante de este sistema de fuerzas paralelas, esta resultante tendrá un punto de aplicacion, que será el centro de fuerzas paralelas, el cual en este caso recibe el nombre de *centro de gravedad*. La determinacion de este punto es del mayor interés para la estabilidad de los cuerpos, puesto que sabemos que para hacer que un sistema de fuerzas se destruya y el cuerpo esté en equilibrio, ó debemos introducir otro en que cada una de las fuerzas sea igual y directamente opuesta á cada una de las del sistema primitivo, ó introducir una fuerza única que equilibre á la resultante; de aqui se sigue que para impedir que la fuerza de la gravedad imprima movimiento á los cuerpos, ó lo que es lo mismo, para que no caigan, es indispensable ó sostener todas las partículas del cuerpo una por una, ó sostener el centro de gravedad, lo que es lo mismo que destruir la resultante.

80. Al ocuparnos de las fuerzas paralelas en general deciamos que su centro permanecía siempre el mismo aun cuando las fuerzas girasen de un modo cualquiera; y aplicándolo al caso presente diremos que el centro de gravedad no cambia nunca y permanece siempre el mismo, cualquiera que sea la posicion del cuerpo; puesto que por una parte el centro de gravedad y el de fuerzas paralelas son aqui una misma cosa,

y por otra, que es enteramente lo mismo para el caso, que la direccion de las fuerzas cambie y los puntos de aplicacion permanezcan fijos; ó que, permaneciendo inalterables las direcciones de las fuerzas, sean los puntos de aplicacion los que giren, que es lo que tiene lugar cuando los cuerpos cambian de posicion de un modo cualquiera.

81. El centro de gravedad es un punto que se halla siempre dentro de la figura del cuerpo, y comunmente en lo interior de su masa; asi es como el centro de gravedad de una esfera se halla siempre en su centro, ya sea el cuerpo hueco ó sea macizo. En los casos en que los cuerpos son homogéneos, y que su forma es un cuerpo geométrico regular, la determinacion de su centro de gravedad no ofrece dificultad alguna; asi es que el centro de un paralelepípedo se halla en el concurso de sus diagonales, ó lo que es lo mismo, á la mitad de su altura; el de un cilindro á la mitad de su eje; y si consideramos las simples figuras geométricas, y aun las líneas, como poseyendo un centro de gravedad, veremos que el de todo polígono regular se halla en su centro, y el de toda línea en su mitad.

82. Hemos indicado la necesidad de considerar los cuerpos como homogéneos para la determinacion del centro de gravedad; y con efecto, este punto se halla siempre en el centro en una esfera homogénea; pero no lo estará ya si un hemisferio fuese de un cuerpo diferente del que formase el otro, ó si un hemisferio fuese hueco y otro macizo, etc. Tanto en estos casos, como cuando los cuerpos no tengan un centro geométrico, se puede descubrir la colocacion del centro de gravedad suspendiendo el cuerpo por un punto, v. gr. A (*fig. 11.*) por medio de un hilo AP, y como para el equilibrio el centro de gravedad ha de estar sostenido, se hallará precisamente en la prolongacion AS del hilo: suspendiéndole en seguida por otro punto cualquiera B, el centro de gravedad se encontrará en la prolongacion BT, y por lo mismo se hallará en el punto de concurso G. Este punto se encuentra colocado en el triángulo á la tercera parte de la linea AS, contando desde S, y en la pirámide y cono á la cuarta parte de una linea análoga.

83. Los cuerpos pueden estar en equilibrio en dos posiciones, cuando el centro de gravedad está lo mas bajo ó lo mas alto posible; en ambos casos se hallará sostenido; la

vertical que pase por él se encontrará dentro de la base de sustentacion y el cuerpo no caerá, permaneciendo por lo tanto en equilibrio, el cual será *estable* cuando el centro de gravedad se halle lo mas bajo posible, ó *inestable* en el otro caso; asi es como una pirámide apoyada sobre una de sus caras se halla en su máximum de estabilidad, porque el centro de gravedad se encuentra á la cuarta parte de la base, por lo que vuelve á recobrar su posicion cuando se la obliga en algun tanto á alterarla; pero esta misma pirámide se hallará en equilibrio inestable si se apoya por uno de los vértices, en cuyo caso el centro se halla á los tres cuartos de altura; y asi es que separada, siquiera sea muy poco de su posicion, la abandona para no recobrarla jamás por sí misma.

Vemos por lo que precede que la estabilidad de los cuerpos será tanto mayor quanto mas bajo se halle el centro de gravedad y mas ámplia sea la base de sustentacion; en lo que está fundada la práctica de colocar planchas de plomo en la parte inferior de los objetos que deseamos que no caigan, ó lo que es lo mismo, que se conserven en su posicion, en atencion á que el cuerpo caerá irremisiblemente en cuanto la vertical tirada por el centro de gravedad salga fuera de la base de sustentacion.

LECCION XII.

Ideas generales sobre las máquinas, y clasificacion de las mismas, segun el apoyo ú obstáculo sobre que insisten.

84. Las *máquinas* son instrumentos que sirven para poner en equilibrio y aun para producir el movimiento de los cuerpos por medio de fuerzas cualesquiera. En toda máquina hay que considerar el *motor* ó fuerza que se emplea, y que denominamos *potencia*, la fuerza que debe vencerse, á la cual se da el nombre de *resistencia*, y la máquina, que es el cuerpo intermedio, que transmite la accion de la una sobre la otra.

Las máquinas no son cuerpos libres, sino cuerpos sujetos á moverse sobre el obstáculo en que insisten; de donde viene la clasificacion de las máquinas en tres clases: una que comprende aquellas cuyo obstáculo ó punto de apoyo es un punto; otra á la que pertenecen aquellas cuyo punto de apoyo ú obstáculo es una línea, y por último las que se apoyan en un

plano ó superficie. A la primera clase pertenecen la *palanca* y la *polea*, á la segunda el *torno*, y á la tercera el *plano inclinado*, la *rosca* y la *cuña*. Esta clasificacion que adoptamos no es seguramente la única que puede establecerse, puesto que el torno se refiere á la palanca, en cuyo caso resultan solo dos máquinas, palanca y plano inclinado; y si aun este, como fácilmente puede hacerse, se refiere tambien á la palanca, no resulta mas que esta máquina única: así como si para ordenarlas atendemos solo á su denominacion, resultan siete, que son: palanca, polea, torno, plano inclinado, cuña, tornillo, y las *cuerdas* ó máquinas funiculares.

Las máquinas que dejamos indicadas son las que se denominan simples; resultando las compuestas de las diferentes combinaciones que con las primeras puedan verificarse.

85. Atendiendo á la idea que hemos dado en general de las máquinas, se nota que será posible mover una masa considerable, con el intermedio de una máquina, empleando una fuerza incapaz de verificarlo actuando sola é inmediatamente; de donde resulta que las máquinas favorecen á la potencia: pero aunque esto es así, no debe creerse que las máquinas dan fuerza; esto es imposible de todo punto en razon á que no pueden dar lo que no tienen, y que sabemos que son cuerpos inertes que necesitan un esfuerzo exterior para ponerse en movimiento, y por consiguiente consumen una parte de la fuerza que se les aplica; á lo que hay que añadir la que tambien inútilmente consume el rozamiento, como mas adelante examinaremos. Todo consiste en que la disposicion de las fuerzas aplicadas á la máquina sea tal que la resultante de ellas pase por el punto de apoyo y se destruya con él; de manera que si en este punto imaginamos una nueva fuerza, que en realidad existe, igual y directamente opuesta á la resultante, hallaremos que sumándola con la potencia se emplea mas fuerza en el uso de las máquinas que sin ellas; mas como en realidad el esfuerzo empleado es solo al que hemos dado el nombre de potencia, pues que el punto de apoyo está dispuesto de modo que nada hay que hacer por nuestra parte para que la resultante sea destruida, de aqui nace el decir que favorecen á la potencia; pero sin aumentar absolutamente su fuerza.

86. Nos convenceremos aun mas de esta verdad cuando observemos que si las máquinas favorecen á la potencia es

siempre á expensas del tiempo empleado; de modo que con las máquinas se verifica solamente la resolucíon de una cuestíon muy sencilla, y que todo el mundo conoce; esto es, que un hombre solo puede hacer la labor de diez, pero tardando un tiempo diez veces mayor.

87. Las máquinas ó cuerpos interpuestos entre la potencia y la resistencia no merecerán llevar el nombre de tales, si no nos dan medios de cambiar una de las tres cosas siguientes: 1.^o *La direccíon del movimiento.* 2.^o *El género del movimiento.* 3.^o *La velocidad.* Hay máquinas que cambian dos de las tres cosas indicadas, y alguna, como el torno, en que se cambian las tres.

LECCION XIII.

Leyes del equilibrio en la palanca.—Explicacion de la balanza comun y de la romana.—Sistemas de palancas.

88. La *palanca* es una barra inflexible, recta, curva ó angular, sujeta á girar sobre un punto llamado de *apoyo*; la potencia y la resistencia se aplican en general á las extremidades, y las distancias desde el punto de apoyo á la potencia y á la resistencia es lo que se denomina *brazos de palanca*. En esta máquina, así como en las demás que hemos de considerar, nada en rigor tenemos que establecer de nuevo, bastándonos para su inteligencia la aplicacion de los principios ya establecidos.

Consideremos la palanca PR (fig. 12), en la que P nos representa la potencia, R la resistencia y C el punto de apoyo. Sabemos que si la potencia actúa de alto abajo y se coloca en P', la resistencia se elevará y se situará en R', donde vemos que cambia la direccíon del movimiento, y por lo tanto que es una verdadera máquina. La resultante de P y R pasará por el punto C, el cual no solo sufrirá el esfuerzo de esta accíon, sino que habrá de sostener la palanca, cuyo peso puede ser en algunas ocasiones considerable. La relacion entre las fuerzas y los brazos de palanca es la que ya conocemos de la fig. 7, esto es $P:R::CR:CP$, ó bien $P \times CP = R \times CR$, ó traduciéndolo al lenguaje vulgar, diremos que *la potencia y la resistencia están en razon inversa de los brazos de palanca.*

89. Al colocarse la palanca en la posicíon P'R', el ca-

mino andado por la potencia es el arco PP' , y el andado por la resistencia el RR' ; y como estos arcos tienen la relación de los brazos de palanca, tenemos que *la potencia multiplicada por el espacio ó camino que anda es igual á la resistencia multiplicada por el camino ó espacio correspondiente*; ley general de todas las máquinas, tanto simples como compuestas.

90. Si los brazos de palanca fuesen iguales, lo serian también la potencia y la resistencia; porque en la proporción anterior si $CR=CP$, resulta $P=R$. La potencia estará tanto más favorecida cuanto actúe sobre un brazo de palanca más considerable, pues que de ser $CP > CR$ resulta $R > P$.

91. Las palancas se dividen en tres géneros, de los que el primero es el representado en la fig. 12, en que el punto de apoyo se halla entre la potencia y la resistencia; la de segundo es aquella (fig. 13) en que la resistencia está entre el punto de apoyo y la potencia; y la de tercero (fig. 14) tiene situada la potencia entre el punto de apoyo y la resistencia. En todas ellas la relación entre la potencia y la resistencia es la misma que dejamos establecida. En la de primer género hemos visto que puede favorecerse ó perjudicarse la potencia, según que actúe sobre un brazo de palanca más largo ó más corto que la resistencia; en la de segundo género siempre se halla favorecida la potencia, pues su brazo de palanca PC es la totalidad de la misma, y por tanto siempre mayor que RC ; y en la de tercero encontramos que la potencia estará siempre perjudicada, pues que su brazo de palanca PC será siempre menor que el de la resistencia RC que es la totalidad de la palanca; por esta razón las palancas de este género se emplean generalmente solo cuando las resistencias son débiles y hay economía en el empleo de fuerzas que quedarían sin ocupación en otro caso; sin embargo, también pueden emplearse con la mira de evitar volúmenes inútiles ó considerables en la estructura de alguna máquina, como ejemplo de lo cual pudieran citarse nuestros brazos, que son palancas de este género.

92. La *balanza* común no es más que una palanca de primer género, cuyos brazos son iguales, y que por lo mismo da la igualdad entre la potencia y la resistencia; esto es, entre el cuerpo que se quiere pesar y los pesos conocidos que se destinan á conseguir el equilibrio. Para que la balanza es-

Está bien construida se necesita que los dos brazos sean iguales en longitud y en peso, y que tenga mucha libertad en sus movimientos. Con la mira de que la masa del aparato no sea muy considerable, y al mismo tiempo que los brazos tengan la suficiente resistencia para presentar siempre una palanca de longitud invariable, se hace que la forma de la barra sea semejante á la de una hoja de espada colocada de filo ó canto, y al eje se le da la figura de una hoja de cuchillo apoyada por su filo, con lo cual se consigue que, apoyándose por el menor número de puntos posible, la adherencia que se establece sea muy corta, y por consiguiente tenga el aparato una gran movilidad; además, y con el objeto de que no se desgaste con tanta facilidad la arista ó corte, se construye de acero bien templado y se la hace apoyar sobre planos de ágata; sustancia suficientemente resistente para que no se produzca impresion por el rozamiento del eje; y aun para conseguir mejor este objeto llevan las balanzas unas horquillas que sostienen la barra de modo que el eje quede suspendido sin apoyarse en los planos cuando no se hace uso del aparato. En las extremidades de los brazos lleva una disposicion particular para la suspension de los platillos, que consiste en dos ejes en forma de cuchillo, que se cruzan apoyándose uno en otro, con lo que se consigue que descendan siempre verticalmente, y que el rozamiento sea muy pequeño: los platillos pueden tener formas cualesquiera, y peso tambien cualquiera, siempre que sea igual en ambos; y para su suspension son preferibles las varillas á los cordones ó cadenas, en razon á que el peso de estos cuerpos puede sufrir alteracion por la introduccion de sustancias extrañas en sus intersticios.

95. En la parte de barra que corresponde al eje lleva una aguja perpendicular á este, la cual recibe el nombre de fiel, y tiene por objeto asegurarse de la horizontalidad de la palanca. Este fiel se coloca por la parte superior cuando la balanza va suspendida de unas láminas metálicas que se denominan armas de la balanza, y entre las cuales se oculta en el caso de equilibrio, y va colocado por la parte inferior cuando el aparato se apoya en un pie cualquiera: en una y otra colocacion se acostumbra á poner un arco dividido, cuyo cero señala el fiel en la posicion vertical, y cuyas divisiones de una y otra parte no tienen por objeto la medida de la inclinacion del aparato, sino que sirven para ganar tiempo cuando los pesos se ejecutan; en

efecto, para que el peso nos sea indicado por la completa inmovilidad de la palanca necesitamos esperar mucho tiempo, toda vez que en virtud de su gran movilidad las oscilaciones se aniquilan con una gran lentitud; pero podemos dispensarnos de aguardar á que cesen completamente observando el arco que el fiel describe de cada lado, y el equilibrio estará establecido, ó lo que es lo mismo, el peso estará determinado cuando estos arcos sean iguales.

94. La colocacion del centro de gravedad en la balanza debe ser en la vertical que pasa por el eje, pero mas bajo que el punto de suspension. Si coincidiese con el apoyo (*fig. 15*) en C, la vertical que por él pasa se hallaria siempre apoyada, ó el centro de gravedad sostenido, ya tuviese la posicion horizontal AB, ya la situacion inclinada A' B'; es decir, que la balanza permaneceria en equilibrio en todas las posiciones, y nada por consiguiente nos indicaria la igualdad de pesos. Si el centro de gravedad estuviese mas alto, v. gr. en G (*fig. 16*), estaria sostenido en el caso de la horizontalidad AB; pero al inclinarse la balanza y colocarse en A' B', el centro de gravedad pasaria á G', y la vertical tirada por este punto saldria fuera de la base C de sustentacion, el equilibrio seria inestable y el aparato descenderia indefinidamente del lado B; seria necesario cargar pesos en el otro lado para sacarle de esta posicion, lo cual conseguido caeria indefinidamente tambien de este lado, y por tanto con una balanza semejante seria imposible pesar los cuerpos. El centro de gravedad por consiguiente debe hallarse mas bajo tal como en G (*fig. 17*), en cuyo caso el equilibrio subsistirá en la posicion horizontal, por hallarse el centro sostenido, y en el caso de inclinarse la balanza y tomar la posicion A' B', el equilibrio seria estable, pues la vertical que pasa por G' sale fuera de la base de sustentacion, pero lo verifica del lado del brazo que se eleva, tendiendo por consiguiente á hacerle descender y fijarle en su posicion de equilibrio, en la cual queda al cabo de un número mas ó menos considerable de oscilaciones.

95. La balanza es de un uso indispensable y frecuente en las investigaciones de física y de química, por cuya razon nada hay en su estructura y disposicion que no merezca un examen detenido. Como la circunstancia de ser los brazos de balanza iguales en longitud y en peso no es fácil que se halle matemáticamente satisfecha, debemos á Bordá un método in-

genioso de tener el peso exacto de los cuerpos, aun faltando estas condiciones. Consiste en poner en un platillo el cuerpo cuyo peso se busca y hacerle equilibrio colocando en el otro cuerpos cualesquiera; conseguido esto, se quita el cuerpo y se le reemplaza por pesos conocidos que haciendo equilibrio al otro platillo, representarán el peso exacto que deseamos, independientemente de la longitud y peso del brazo de balanza, puesto que en uno mismo se han colocado sucesivamente el cuerpo propuesto y los pesos que le representan. Como este procedimiento exige dos operaciones, ha recibido el nombre de *método de las dobles pesadas*.

96. La romana es una palanca de primer género de brazos desiguales; la potencia consiste en un cilindro ó pilon que puede correr á lo largo del brazo mayor, y que produce el equilibrio cuando los momentos son iguales. Nada hay mas sencillo, puesto que de cada lado del punto de apoyo tenemos un factor constante y otro variable; de la parte de la potencia esta es constante y el brazo de palanca variable; y de la otra parte el brazo de palanca es constante y la resistencia ó cuerpo que se ha de pesar, variable en cada caso. Para averiguar el peso sería necesario tener el brazo mayor dividido en partes iguales, multiplicar su longitud por el peso de la potencia y dividir por la longitud del otro brazo; mas como esta operación, aunque sencilla en si misma, sea algo difícil de practicar para las personas que han de usar por lo general este aparato, se ha adoptado el medio de señalar sobre el brazo mayor el valor del cuarto término ó del peso correspondiente á la situacion del pilon en cada caso; así y en este sentido se dice que una extension longitudinal, como es la del brazo de la palanca, se halla dividida en arrobas, libras, onzas, etc.

97. Se emplean sistemas de palancas cuando se quiere vencer una resistencia muy considerable, las cuales, multiplicando los puntos de apoyo, hacen mas fácil su manejo que lo que sería con una sola palanca de una longitud extraordinaria. Determinando en cada una la condicion de equilibrio correspondiente, y observando que la resistencia de la primera es la potencia para la segunda, y así continuando, todo está reducido á formar una razon compuesta que nos dirá la relacion entre la potencia y la resistencia en este aparato.

LECCION XIV.

Leyes del equilibrio en la polea.—Diversas disposiciones de las mismas.—Medios de calcular la relacion entre la potencia y la resistencia en esta máquina.

98. La *polea* ó *garrucha* es un cilindro de poca altura, sujeto á girar sobre su eje, el cual se apoya en unas chapas ó armas semejantes á las de la balanza. En su superficie convexa lateral lleva una hendidura ó canal donde se aplica la cuerda, y que se denomina garganta, carril ó cajera. La polea es un aparato que necesita el concurso de la cuerda para que pueda ser de utilidad; razon por la que algunos no han querido admitirla en el número de las máquinas simples.

99. La polea puede colocarse *fija*; es decir, sujetas las armas de modo que solo tenga movimiento de rotacion; y puede disponerse *móvil*, de manera que tenga movimiento de rotacion y de traslacion.

En el primer caso (*fig. 18*) la potencia se halla en P, la resistencia en R y el punto de apoyo en C. Si imaginamos que la potencia y la resistencia sean trasladadas á P' y R', que es donde realmente ejercen su accion, y consideramos que la parte de polea inferior pudiera suprimirse en el caso de equilibrio, pues solo tiene por objeto facilitar el movimiento, y que el arco superior P' R', en igual caso solo se emplea en sostener el cordón, vemos que quedan únicamente los radios CP' y CR', es decir, una palanca angular de brazos iguales; por consiguiente tendremos que *la potencia será igual á la resistencia*.

Si la direccion de los cordones fuese paralela (*fig. 19*), la palanca seria recta y la relacion la misma, pues la igualdad de los radios subsistiria siempre. La polea, lo mismo que la palanca, á la cual se refiere, nos da medios de variar la direccion del movimiento; única ventaja que de la polea fija sacamos, pues nunca favorece á la potencia.

100. En la polea móvil (*fig. 20*) la potencia se halla en P, la resistencia en R cargando inmediatamente sobre el aparato, y el punto de apoyo en C. Si consideramos trasladadas las fuerzas P, C y R á los puntos P', C' y R', tendremos, uniendo la potencia con el punto de apoyo, y del mismo

modo la resistencia, una palanca angular de primer género que nos dará $P:R::C'R':C'P'$; esto es, que la potencia es á la resistencia como el radio de la polea á la cuerda del arco que abraza el cordón. En esta polea puede la potencia estar mas ó menos favorecida, segun sea la abertura de los cordones, y por consiguiente segun sea el arco cuya cuerda es el brazo de palanca; así, cuando el arco sea la sexta parte de la circunferencia, la cuerda $C'P'$ será igual al radio, y por consiguiente la potencia y la resistencia iguales; y cuando la cuerda sea un diámetro (*fig. 21*), que se verificará cuando los cordones sean paralelos, dará lugar á una palanca de segundo género, en que el brazo correspondiente á la potencia es el diámetro, y el que corresponde á la resistencia es el radio; de modo que $P:R::1:2$ es decir que con una potencia como uno venceremos una resistencia como dos.

Este es el caso mas favorable de la polea, pues que si los cordones se juntasen por su parte superior, el arco es verdad que será mayor, pero la cuerda disminuirá como sabemos, y la potencia por lo tanto se hallará menos favorecida.

101. La polea es un aparato sumamente usado, y que, del mismo modo que decíamos en las palancas, pueden enlazarse unas con otras y favorecer indefinidamente á la potencia, si bien á expensas del tiempo. Para dar una idea de esto, determinaremos la relacion entre la potencia y la resistencia en un sistema de poleas (*fig. 22*) de los mas sencillos y fáciles de disponer. El aparato se compone de una polea fija *a* y de tantas movibles *b*, *c*, *d*, como se quiera, ó sea necesario, que en la figura están reducidas á tres. En la polea inferior carga un peso de 8 onzas, libras, etc., y como es polea móvil, y los cordones son paralelos, la potencia será la mitad de la resistencia, es decir, 4; la carga, pues, de la polea *c* es de 4 onzas, y por la misma razon que en la anterior, la potencia de esta polea, que es á la vez resistencia de la siguiente *b*, es solo de 2; por las mismas razones la potencia en esta es solo de 1, la cual aplicada á la polea fija *a*, como en esta la potencia y la resistencia son iguales, resulta que la potencia aplicada al sistema es igual con la unidad, de forma que la relacion entre la potencia y la resistencia en este sistema es como 1 : 8. Si aumentásemos una polea mas, la potencia de ella estaria representada por 8, y la resistencia lo estaria por 16 en conformidad de lo establecido; así que la relacion seria de

1. : 16. Otra polea mas nos produciria la relacion de 1 : 32 y así prosiguiendo.

Deciamos al considerar las máquinas en general que no daban fuerza, y que lo único que hacian era ayudar á la potencia en razon á destruirse con el obstáculo ó obstáculos, ó llámense puntos de apoyo, gran parte de la resistencia. En el aparato presente vemos confirmada esta verdad: porque las 8 onzas que sostiene la polea inferior, como en virtud de su movilidad no quedará esta en equilibrio si los cordones no están igualmente tensos, resulta que entre ambos ramales sostendrán el peso, mas la polea; así es que uno de ellos, que es la potencia, sostendrá 4, y los otros 4 los sostendrá el otro cabo, ó mas propiamente el punto fijo á que está aplicado: del mismo modo en la polea siguiente *c* sus 4 de carga serán sostenidos por mitad entre la potencia y el punto fijo; sucediendo lo mismo con la siguiente *b* en que, siendo 2 su carga, uno será sostenido por el punto fijo, y otro, aplicándose á la polea fija, será sostenido por la potencia. La carga de esta polea fija está representada por 2, siguiendo las consideraciones anteriores; de modo que, aunque la potencia ó esfuerzo que realmente aplicamos está representado por la unidad, la carga de los puntos fijos vemos que puede formar una suma considerable.

LECCION XV.

Condiciones para el equilibrio en el torno. — Necesidad indispensable de la rueda expresa ó suplida. — Ruedas dentadas, medios de disponerlas, y aplicaciones mas notables á que dan lugar. — Cric ó gato.

102. El *torno* es un cilindro unido á una rueda, cuyo centro se halla en el eje y al rededor del cual gira; la potencia se aplica tangencialmente á la rueda, y la resistencia en una direccion tangente al cilindro.

Si imaginamos la proyeccion del aparato sobre un plano perpendicular al eje (*fig. 23*), la circunferencia exterior nos marcará la rueda y la interior el cilindro. La potencia *P* se podrá trasladar á *P'* y la resistencia *R* á *R'*; y recordando cuanto á este propósito dejamos dicho en la polea, tendremos una palanca de primer género, en la cual $P:R::CR':CP'$, es decir, que *la potencia es á la resistencia como el radio del ci-*

Cilindro es al de la rueda. Si la potencia no actuase en una dirección paralela á la resistencia, tal como P'' , trasladándola á P''' resultaría una palanca angular, cuya relación sería la misma que la anterior por ser iguales CP' y CP''' por radios de un mismo círculo.

105. En este aparato se cambia, como hemos dicho anteriormente, la dirección del movimiento, el género del mismo y la velocidad; lo primero porque actuando la potencia de arriba-abajo, la resistencia se dirige de abajo-arriba; lo segundo porque la potencia girará con la rueda y tendrá un movimiento circular en tanto que la resistencia le adquiere rectilíneo; y lo tercero porque la velocidad es diferente por el diverso radio que tienen la rueda y el cilindro.

104. La rueda no se halla siempre espesa del modo que va explicado, sino suplida por medio de manubrios ó palancas que, representando fielmente á la rueda, evitan la construcción de esta en gran escala, la cual consumiría una gran parte de fuerza en virtud de su inercia, y necesitaría un local considerable para actuar con desembarazo.

105. El torno recibe el nombre de *cabrestante* cuando su eje es vertical; y tanto en este como en los otros casos, su efecto en cuanto á favorecer á la potencia, se aumenta por medio de sistemas de poleas convenientemente dispuestas.

Se supone en el torno aplicada la resistencia al eje de la cuerda, lo cual hace que sea necesario aumentar el radio del cilindro con el valor del radio de la cuerda. Por esta razón se construye el cilindro de altura bastante para que la cuerda no tenga que arrollarse sobre sí misma; pues si esto sucediese se hallaría el radio del cilindro aumentado en la segunda vuelta con el diámetro de la cuerda arrollada, mas el radio de la que se envuelve ahora; y en la vuelta siguiente con dos veces el diámetro de la cuerda igual número de veces arrollada, más el radio de la vuelta que consideramos, y así continuando lo cual llevaría consigo la necesidad del aumento de la potencia.

106. Las *ruedas dentadas* son verdaderos tornos que deben actuar unos sobre otros, y llevan para conseguirlo unas salidas ó dientes, que pueden situarse en el plano de la circunferencia de la rueda, ó bien, según la necesidad, perpendiculares ó inclinadas sobre el mismo. El cilindro lleva también unas estrias ó canales profundas para engranar en las ruedas y entonces recibe el nombre de *piñon*. En este aparato, sien-

do un verdadero torno, la potencia es á la resistencia como el radio del piñon es al de la rueda; y de aqui resulta que en un sistema de ruedas dentadas *la potencia es á la resistencia como el producto de los radios de los piñones es al producto de los radios de las ruedas.*

Las ruedas dentadas son de un uso muy frecuente en la maquinaria, lo cual observamos en los relojes, que no son otra cosa que ruedas dentadas, dispuesto en ellas el diámetro y el número de dientes respectivos, de modo que pueda una de ellas describir una circunferencia cuando otra recorra solo una dozava parte de la misma.

107. El *eric ó gato* se compone de una barra metálica, dentada por uno de sus lados, colocada dentro de una caja, en la que se mueve en el sentido de su longitud; los dientes de la barra engranan en los de un piñon, que gira por medio de un manubrio, al que se aplica la potencia. La resistencia que un diente de la barra opone al diente correspondiente del piñon puede ser considerada como un peso aplicado á un cilindro del mismo radio que el piñon, y el radio del manubrio como una barra fijada en el mismo; de modo que tenemos un torno cuyo cilindro es estriado y que engrana con los dientes de la barra; así que *la potencia es á la resistencia como el radio del piñon es al radio de la circunferencia que el manubrio describe.*

Muchas veces se ponen dos tornos; es decir, los dientes del piñon engranan en los de una rueda cuyo piñon lo verifica en los de la barra. Entonces la potencia es al esfuerzo que se ejerce sobre un diente de la rueda, como el radio del piñon es al de la circunferencia descrita por el manubrio; y el esfuerzo mencionado es al peso que la barra sostiene como el radio del piñon de la rueda es al radio de la misma. Multiplicando estas dos proporciones se tiene que *la potencia es á la resistencia como el producto de los radios de los piñones es al producto de los de la rueda y del manubrio.*

LECCION XVI.

Condiciones para el equilibrio de los cuerpos en planos inclinados.—Idem de la cuña.

108. Damos el nombre de *plano inclinado* á todo el que forma con el horizonte un ángulo que no llegue á 90° . En el plano inclinado (*fig. 24*) AB es la base, BC la altura y AC la longitud. Si colocamos un cuerpo sobre el plano inclinado, la accion de la gravedad, siendo oblicua al mismo, no podrá mantenerle en equilibrio; pero no pudiendo tampoco el cuerpo seguir la direccion vertical correspondiente DE, esta se descompondrá en dos, una DH perpendicular al plano y que se destruirá por la resistencia del mismo, y otra DF paralela que producirá todo su efecto para dirigir al cuerpo á lo largo de AC.

Esta descomposicion se verificará real y efectivamente por cuanto vemos que el plano sufre una presion, lo que hace que no sea indiferente la resistencia que le demos, y prueba la existencia de una fuerza perpendicular que tiende á romperlo ó doblarle; y por lo que respecta á la paralela no podemos dudar de su existencia toda vez que nos señala la direccion en que el cuerpo se mueve, y no puede concebirse el movimiento en una direccion en que no actúe fuerza alguna.

109. Si la altura del plano aumentase, ó hablando con propiedad el ángulo BAC, la componente DH iria disminuyendo, y la DF acercándose á la resultante DE; llegado el ángulo á 90° , la componente DH desaparece y la DE se confunde con DF; efectivamente, en este caso la accion de la gravedad no sufre descomposicion alguna, el cuerpo no se apoya en el plano, y este por tanto no sufre presion ninguna; y por el contrario, si el ángulo disminuye, el valor de DH aumenta, y el de DF disminuye hasta que siendo el ángulo de 0° , la DH se confunde con DE y la DF desaparece; y así debe ser en razon á que siendo el plano horizontal la accion de la gravedad se destruye por entero, y no queda accion paralela que pueda producir movimiento alguno.

110. Para determinar la relacion de la potencia con la resistencia en esta máquina, recordaremos el principio general espuesto anteriormente, que nos dice que la potencia multiplicada por el espacio ó camino que anda es igual á la resis-

tencia multiplicada por el espacio ó camino correspondiente. En esta máquina el camino que realmente anda la potencia es la longitud AC, y el que corresponde á la resistencia es BC, ó altura del plano, que es lo que se eleva, y en virtud del principio anterior tendremos $P \times AC = R \times BC$, de donde $P : R :: BC : AC$; esto es, *la potencia es á la resistencia como la altura del plano es á su longitud.*

111. Podemos considerar el caso en que la potencia sea paralela á la base (fig. 25), cuyo caso realmente está comprendido en el anterior, pues que una dirección paralela á la base es oblicua respecto de la longitud, y por lo mismo sufrirá una descomposicion; pero es útil tener en cuenta este caso que recibe aplicación inmediata considerando el plano inclinado del modo que luego veremos. En este caso la resistencia anda como antes la altura BC del plano; y la potencia P anda la base AB, de donde resulta $P \times AB = R \times BC$; $P : R :: BC : AB$, que nos dice que *la potencia es á la resistencia como la altura es á la base.*

112. La *cuña* es un plano inclinado que se introduce para alzar los cuerpos, ó para separar sus partes (fig. 26). La diferencia entre el plano inclinado propiamente dicho y la cuña, está reducida á que en el plano, este se halla fijo y el cuerpo marcha á lo largo del mismo; y en la cuña el cuerpo solo tiene movimiento ascensional, y la máquina se desliza por la parte inferior del cuerpo que se quiere elevar. En la cuña se verifican diferentes circunstancias que dependen de la naturaleza de los cuerpos á que se aplica, y que hacen variar notablemente las condiciones del equilibrio ó del movimiento; hay cuerpos en los que el filo ó corte C de la cuña no ejerce acción pasados los primeros momentos porque el cuerpo se abre delante del corte, como se ve en la figura, al paso que en otros el filo va produciendo siempre efecto útil, y sufriendo el aparato un gran rozamiento y presión en toda la estension de sus caras. La potencia P se aplica siempre sobre la cabeza AB de la cuña, y la acción se transmite en las direcciones Q y S sobre las paredes laterales.

Tal vez no hay un aparato de uso mas común, pues que los clavos, los alfileres, los cuchillos, y en general todo instrumento punzante ó cortante, no son otra cosa que cuñas que se introducen para verificar la separacion de las moléculas de los cuerpos segun la necesidad.

LECCION XVII.

Generacion del tornillo y leyes para el equilibrio en el mismo.

—*Explicacion del tornillo sin fin.*—*De las cuerdas ó máquinas funiculares.*

113. El *tornillo* es un cilindro recto, rodeado de un filete uniforme y saliente, que hace en todas sus posiciones un mismo ángulo con la generatriz.

Se llama *paso del tornillo ó de la rosca* el intervalo AB (fig. 27) comprendido entre dos filetes consecutivos medido paralelamente al eje del cilindro. Si sobre AB se construye un triángulo rectángulo en B, cuya base BM sea igual á la circunferencia del cilindro, y hacemos que el triángulo se arrolle al mismo, el punto M vendrá á confundirse con B; la hipotenusa AEB conservará constantemente la misma inclinación sobre AB y sus paralelas, y marcará la posición del filete sobre el cilindro, cuyo filete en las vueltas sucesivas debe ser hipotenusa de triángulos, como BFI, perfectamente iguales al primero, para que la inclinación sobre la generatriz sea la misma, y los filetes sean por consiguiente paralelos; de donde se sigue que todos los pasos de rosca son iguales.

Un punto pesado en equilibrio sobre el filete del tornillo se encuentra sobre un plano inclinado, cuya altura es el paso de la rosca, y la base la rectificación de la circunferencia del cilindro. Se puede concebir el filete del tornillo como compuesto de tantas líneas paralelas entre sí como puntos tenga la sección del mismo, suponiendo que cada una de estas líneas rodea un cilindro de un radio igual á la distancia que existe entre ella y el eje del tornillo.

114. La *tuerca* es un sólido horadado cilíndricamente y rodeado en lo interior por un filete igual al que exteriormente lleva el tornillo á que se aplica. Podemos representarnos la parte interior de la tuerca como el molde de la parte de tornillo que abraza. La potencia actúa en la extremidad de una palanca, colocada en la tuerca ó en el cilindro perpendicularmente al eje.

115. Si imaginamos el tornillo fijo y vertical (fig. 28), la tuerca abandonada á la acción de la gravedad debe recorrer todos los filetes inferiores; á lo que solo puede oponerse una

potencia horizontal F aplicada á la tuerca misma. Supongamos que el peso P de la tuerca se descomponga en tantos mas pequeños representados por p como puntos de los filetes de esta se apoyen en los correspondientes del tornillo, y al mismo tiempo imaginemos que la potencia F se descomponga en tantas otras horizontales como puntos hemos considerado. Sea f la fuerza elemental que ha de hacer equilibrio al pequeño peso p colocado en A . Tirese por el eje la horizontal IAD pasando por el punto A , y supongamos que la fuerza f actúa perpendicularmente á ID , y además que el peso p esté detenido por una fuerza s paralela á F : llamemos H el paso de la rosca como altura del plano inclinado que consideramos, hagamos $IA=r$ como radio del cilindro, y $ID=R$ como radio de la circunferencia que ha de describir la potencia. Puesto que la fuerza s sostiene al peso p por medio de un plano inclinado en el que s siendo horizontal es paralela á la base, tendremos $s:p::H:2\pi r$

Considerando á IAD como una palanca, cuyo punto de apoyo es I , y observando que la fuerza f ha de producir el mismo efecto que s , tendremos $f:s::r:R$.

Multiplicando ambas proporciones $f:p::H:2\pi R$, vemos que esta relacion es independiente de r , y por tanto será la misma entre la totalidad de las fuerzas f ó F y la de los pesos p ó P ; luego $F:P::H:2\pi R$; lo que nos dice que *la potencia es á la resistencia como el paso de la rosca es á la circunferencia descrita por la potencia.*

De aquí se deduce que podemos favorecer á la potencia aumentando el brazo de palanca, ó disminuyendo el paso de la rosca.

116. Si tenemos un torno cuya rueda sea dentada, y que engrane en el paso de una rosca ó tornillo, al cual se aplica la potencia por medio de un manubrio, tendremos lo que se llama *tornillo sin fin.*

Para determinar la relacion entre la potencia y la resistencia en esta máquina, observaremos que lo que produce la resistencia en el tornillo es lo que constituye la potencia en el torno. En la primera máquina, la potencia es á la resistencia que opone uno de los dientes de la rueda como el paso de la rosca es á la circunferencia descrita por la potencia; y en la segunda, la resistencia del diente de la rueda, que aquí es la potencia, es al peso ó resistencia aplicada al cilindro como el radio de este cilindro es al radio de la rueda. Multiplicando

ordenadamente tendremos que en esta máquina *la potencia es á la resistencia como el paso de la rosca multiplicado por el radio del cilindro, es al radio de la rueda multiplicado por la circunferencia que describe la potencia.*

117. Las cuerdas ó máquinas funiculares tienen muy poco uso consideradas en sí mismas; pero le tienen muy frecuente acompañando como hemos visto al torno y á la polea. Una cuerda no puede estar perfectamente tensa mas que en la posicion vertical; pues en toda otra situacion la accion de la gravedad sobre cada uno de sus puntos, acompañada de la flexibilidad de la cuerda, da lugar á una curva, lo cual produce una descomposicion de fuerzas, que es causa de que no se transmita toda entera la accion de la potencia cuando la cuerda no es vertical. Hemos considerado las cuerdas como líneas matemáticas, ó como si la accion de las fuerzas se ejerciese solo en el eje; pero bien se conoce que en la práctica no es absolutamente cierto el que así se verifique, y ya tratando del torno hemos tenido ocasion de notar la influencia del grueso ó diámetro de la cuerda en la relacion de las fuerzas que allí considerábamos.

LECCION XVIII.

Exposicion de la influencia del rozamiento, y principios generales acerca de la cantidad de movimiento.

118. Hemos considerado la relacion entre la potencia y la resistencia en las máquinas en el caso de equilibrio, y prescindiendo de todas las circunstancias que mas ó menos concurren á alterar esta misma relacion. Bien se echa de ver desde luego que la fuerza que aplicada á una máquina es suficiente para el equilibrio, no lo será para el movimiento si no recibe un aumento que pueda vencer la inercia de todo el sistema, la rigidez de las cuerdas y el frotamiento.

La rigidez de las cuerdas produce una resistencia considerable, y es una de las causas de que no puedan emplearse poleas ó cilindros de pequeño diámetro, puesto que, debiendo ajustarse las cuerdas perfectamente á las superficies de estos cuerpos, es muy difícil de conseguir sin un grande esfuerzo y detrimento de la cuerda misma. El uso disminuye la

rigidez de la cuerda, pero es á espensas de la resistencia que presenta la misma.

El *rozamiento* proviene de las asperezas que los cuerpos presentan en su superficie; asperezas que pueden disminuirse por el pulimento, pero nunca aniquilarse; porque siendo los cuerpos porosos, han de tener por precision cavidades ó intersticios, y por consiguiente partes salientes ó asperezas. Cuando se ponen en contacto las superficies de dos cuerpos, las partes salientes de cada uno se acomodan con mas ó menos exactitud en las cavidades del otro; de donde resulta que si han de resbalar estas superficies, no podrán verificarlo sino doblando ó rompiendo las asperezas.

El rozamiento aumenta hasta cierto punto con la presion que se ejerce sobre las superficies en contacto, puesto que esta fuerza determina una mayor adherencia entre los cuerpos. La estension de las superficies presenta tambien su influencia sobre el rozamiento, especialmente cuando estas superficies no están aplanadas ó pulimentadas. La naturaleza del cuerpo ejerce tambien influencia sobre el rozamiento; observándose que este es mas considerable en cuerpos homogéneos que en los de naturaleza diferente, por cuanto en aquellos, siendo sensiblemente iguales los poros, y por consiguiente las partes salientes, se acomodan unas en otros, no solo mas fácilmente, sino en mayor número; de donde se sigue la necesidad de un mayor esfuerzo para vencer esta resistencia.

El rozamiento no es el mismo cuando un cuerpo desliza ó resbala que cuando rueda sobre una superficie: se ha llamado al primero, que es mas considerable, *rozamiento de primera especie*, y de *segunda* al que tiene lugar en el otro caso. El rozamiento se disminuye con el pulimento de las superficies, puesto que el pulimento no es otra cosa que privar á la superficie en cuestion, hasta donde es posible de las desigualdades ó asperezas que presenta. Además del pulimento, el rozamiento disminuye por la interposicion de cuerpos mas ó menos flúidos entre ambas superficies, porque estas sustancias no solo tapan los poros de ambos cuerpos, sino que dejan interpuesta una capa flúida, en la cual por consiguiente gozan las moléculas de una gran movilidad; y en esto está fundado el colocar en los parajes de gran rozamiento en las máquinas, sustancias crasas que producen el efecto conocido de la disminucion del rozamiento.

El rozamiento se aumenta por consiguiente erizando de asperezas las superficies; lo cual se observa en algunas herramientas y armas, cuyo asidero lleva esta disposicion para que no se escapen de la mano, en las asperezas del pavimento, indispensables casi á nuestra marcha, ó al menos á nuestro equilibrio, pues sabido es lo que se verifica y la dificultad de marchar sobre el hielo ó sobre un piso de mármol pulimentado. Tambien el rozamiento se aumenta haciendo que el de segunda especie se convierta en rozamiento de primera, y se disminuye procediendo al contrario.

119. Considerada ya la accion de las fuerzas y su aplicacion á las máquinas, asi como la influencia de los obstáculos que en todo caso se encuentran, nos falta considerar el efecto útil de estas mismas fuerzas, puesto que de todo lo expuesto se deduce que una fuerza dada no puede producir el mismo efecto aplicada á cuerpos diferentes; así vemos que el hombre pone fácilmente en movimiento algunos cuerpos, y que se halla en la imposibilidad de verificar lo mismo con todos.

La accion de una fuerza aplicada á un cuerpo, debe descomponerse en tantas fuerzas iguales y paralelas cuantas sean las moléculas del cuerpo mismo. Probaremos que han de ser iguales observando que todas se mueven del mismo modo, sin atrasarse ni adelantarse unas á otras, conservando el cuerpo por lo tanto su forma primitiva; y se probará que son paralelas viendo que no se alteran de ningun modo las relaciones de posicion entre las moléculas. Esto nos dice ya por qué una fuerza produce un efecto tanto mas considerable cuanto menor es la masa á que se aplica; y al contrario, produce un efecto que puede llegar á ser nulo si la masa es muy considerable. En el primer caso será corto el número de fuerzas en que la dada haya de descomponerse, lo que dará para cada una un valor tal vez considerable; en el segundo caso siendo en gran número las moléculas, y por lo tanto las fuerzas parciales en que ha de descomponerse la primitiva, corto será el valor que á cada una corresponda; y si bien es cierto que nunca será nulo y que la inercia quedará vencida por pequeño que á este valor le supongamos, tambien se verifica que la resistencia de los intermedios y el rozamiento pueden ser suficientes para aniquilar aquella pequeña cantidad, y por lo tanto para que la fuerza no produzca efecto.

120. Vemos por lo que precede que en la estimacion de

una fuerza ha de entrar por necesidad la masa á que se aplica; pero tambien echaremos de ver que esto no basta, y que necesitamos además saber la rapidez con que la mueve ó la velocidad que la comunica. Como esta velocidad será la misma para todas las moléculas del cuerpo segun va espuesto, podemos representar la accion de la fuerza por el producto de la masa por la velocidad $f=mv$, que es lo que se llama *cantidad de movimiento*.

Si suponemos otra fuerza aplicada á otra masa diferente, será $f' = m' v'$, de donde $f:f' :: mv:m'v'$, que nos dice que *las fuerzas son entre sí como el producto de las masas por las velocidades*: Si suponemos iguales las masas, nos dará $f:f' :: v:v'$, que es decir que en este caso *las fuerzas son como las velocidades*; y si estas fuesen iguales, tendríamos $f:f' :: m:m'$, que nos dice que *las fuerzas serian como las masas*. Por último si las fuerzas son iguales $f=f'$, lo serán las cantidades de movimiento $mv=m'v'$, y formand oproporcion $m:m' :: v':v$, lo cual nos dice que, en el caso de ser *las fuerzas iguales, las masas se hallan en razon inversa de las velocidades*.

LECCION XIX.

Movimiento uniforme.—Determinacion de sus leyes.—Movimiento uniformemente acelerado.

121. Las fuerzas, consideradas ya como produciendo movimiento, pueden ser *instantáneas* ó *continuas*; es decir, pueden desenvolver su accion sobre el cuerpo en un periodo de tiempo indivisible, que es lo que decimos instantáneamente; ó pueden actuar sin interrupcion durante todo el tiempo que permanece el cuerpo en movimiento.

Las fuerzas instantáneas en virtud de la inercia, producirán solo movimiento en la direccion rectilinea en que la impulsion se comunique; y como en el cuerpo nada existe que pueda aumentar ni disminuir la accion que recibe, resultará que se moverá con igual rapidez durante todo el tiempo que permanezca en movimiento; ó lo que es lo mismo, correrá en tiempos iguales espacios iguales, cuyo *movimiento* es el que llamamos *uniforme*.

En la determinacion de las circunstancias de este movimiento entran tres cantidades, que son: el *tiempo*, el *espacio*

y la *velocidad*. Llamamos *velocidad al espacio recorrido en la unidad de tiempo*; por consiguiente la *velocidad repetida tantas veces como unidades indique el tiempo*, nos espresará fielmente el espacio total recorrido en toda la duracion del movimiento, lo cual se espresa por $E=VT$. De aquí resulta inmediatamente $T=\frac{E}{V}$, es decir, que *el tiempo viene repre-*

sentado en este movimiento por la relacion del espacio con la velocidad; deduciéndose tambien que el tiempo está en razon directa del espacio é inversa de la velocidad. Del mismo modo $V=\frac{E}{T}$, que espresa que *la velocidad está representada*

por la relacion del espacio con el tiempo, y que se halla en razon directa del espacio é inversa del tiempo. En las tres fórmulas anteriores, si hacemos $T=1$, resulta $V=E$, que es lo mismo que anteriormente hemos manifestado.

Puesto que tenemos $E=VT$ para la expresion del espacio que un cuerpo corre con movimiento uniforme, el correspondiente á otro cuerpo cualquiera estará representado por $E'=V'T'$, y formando proporcion con estas dos ecuaciones tendremos $E:E'::VT:V'T'$; lo que nos dice que *los espacios son entre sí como los productos de las velocidades por los tiempos*. Si hacemos $V=V'$, será $E:E'::T:T'$, es decir, que siendo iguales las velocidades los espacios son como los tiempos; y si hiciésemos $T=T'$ seria $E:E'::V:V'$, que nos dice que á igualdad de tiempos, los espacios son como las velocidades; y si tuviésemos $E=E'$ nos daría $VT=V'T'$, de donde $V:V'::T':T$, que nos espresa que *siendo iguales los espacios, los tiempos se hallan en razon inversa de las velocidades*.

122. Las fuerzas continuas no pueden producir nunca movimiento uniforme, puesto que irán siempre ó solicitando al cuerpo en la misma direccion en que se mueve, y por tanto haciéndole caminar cada vez mas aprieta, ó acelerando su movimiento; ó bien solicitando al móvil en sentido contrario, ó deteniendo y retardando el movimiento del mismo. De aquí resulta el *movimiento variado*, que solo dividiremos en *acelerado y retardado*.

Si en el movimiento acelerado y en el retardado, la fuerza aceleratriz ó retardatriz en cada caso es constante, resulta

por necesidad una uniformidad en este mismo movimiento, que da lugar al que llamamos movimiento *uniformemente acelerado ó uniformemente retardado*.

En estos movimientos hay que considerar como en el anterior el espacio, el tiempo y la velocidad, y además la *fuerza aceleratriz ó retardatriz*, que es la que podemos decir que imprime carácter al movimiento.

Hemos dicho anteriormente que las fuerzas instantáneas producian siempre movimiento uniforme, y que nunca le producirian las continuas; pero solo hemos tenido en cuenta para espresarnos de esta manera, lo que corresponde á la inercia de los cuerpos; porque si atendemos á los obstáculos que todo cuerpo encuentra en su marcha, observaremos que un cuerpo solicitado por una impulsión única, irá perdiendo velocidad en razon á los obstáculos que halle, y en vez de ser movimiento uniforme lo será retardado: siendo por consiguiente necesario, para que el movimiento sea uniforme, que haya una fuerza continua que comunique al cuerpo en cada periodo de tiempo, la misma velocidad esactamente que haya sido aniquilada durante el mismo por los rozamientos y demás obstáculos exteriores.

LECCION XX.

Leyes del movimiento uniformemente acelerado y retardado, deducidas del triángulo de Galileo.

123. En el movimiento uniformemente acelerado, y suponiendo que la fuerza aceleratriz g actúe desde el origen del movimiento, tendremos que la velocidad en el primer periodo de tiempo ha de estar representada por esta misma cantidad g . En el segundo periodo, puesto que recibirá una nueva impulsión igual tambien con g , y que en virtud de la inercia ha de conservar la velocidad g adquirida en el primero, la que ha de corresponderle al fin de este segundo periodo será $2g$. En el tercero, por iguales razones, $2g$ que tiene ya adquiridas y g que ahora se le comunica será $3g$. De aquí resulta que en el cuarto será $4g$, en el quinto $5g$, y al cabo de

un tiempo t será tg ; de donde la velocidad $v=tg$ y $t=\frac{v}{g}$.

Si tiramos la línea AB (*fig. 29*) que nos represente el tiempo y la dividimos en porciones iguales Aa , ab , bd , dB , y por los puntos a , b , d elevamos perpendiculares iguales á la velocidad en cada uno de estos puntos, es decir, en a la ag igual con g , en b la bh igual con $2g$, en d la dn igual con $3g$, y en B la BC igual con $4g$; suponiendo estas perpendiculares infinitamente próximas, para lo que habremos de suponer los intervalos Aa , ab , etc., infinitamente pequeños, los extremos de las perpendiculares nos marcarán los puntos por donde, haciendo pasar la línea AC , cerrará un espacio, que será el que nos represente el que corresponde al movimiento uniformemente acelerado.

Este espacio, puesto que se halla representado por el area de un triángulo, la cual sabemos que es igual á la mitad del producto de su base por su altura, será $e = \frac{1}{2} AB \times BC$; pero como AB es el tiempo y BC la velocidad, tendremos $e = \frac{1}{2} vt$ y sustituyendo por v su valor $v = gt$, resultará para la fórmula del espacio $e = \frac{1}{2} gt^2$.

Estableciendo comparacion obtendremos que en este movimiento *las velocidades son como los tiempos, y los espacios son entre sí como los cuadrados de los tiempos ó de las velocidades*. La figura nos dice esto mismo de un modo perceptible y sencillo; así tenemos que en el primer periodo el tiempo está representado por Aa y la velocidad por ag ; en el segundo, el tiempo es $Ab = 2Aa$ y la velocidad $bh = 2ag$; en el tercero, el tiempo es $Ad = 3Aa$, y la velocidad $dn = 3ag$; y en el cuarto el tiempo está representado por $AB = 4Aa$, y la velocidad por $BC = 4ag$: de modo que siendo los tiempos 1, 2, 3, 4, etc., las *velocidades* siguen la misma relacion, ó *son como los tiempos*.

124. Para los espacios tenemos que el primero comprende el triángulo Aae ; el segundo el Abh , en el que van comprendidos cuatro iguales al primero, es decir $Abh = 4Aae$; en el tercero está representado por el triángulo $Adn = 9Aae$, y en el cuarto $ABC = 16Aae$; de modo que siendo los tiempos ó las velocidades 1, 2, 3, 4, *los espacios son 1, 4, 9, 16*, es decir, *como los cuadrados* de aquellos.

Esto es para los espacios totales; pero los espacios parciales, es decir, el espacio que en cada unidad de tiempo corresponde, no contando con el que pertenece á las unidades anteriores, sigue una ley que la misma figura nos va á mani-

festar. El espacio correspondiente á la primera unidad de tiempo, está representado como sabemos por Aae ; el que corresponde al segundo periodo, no contando con el corrido en el primero, es el trapecio $aehb$ que comprende tres triángulos iguales con Aae , es decir, $aehb=3Aae$; el perteneciente al tercero es el trapecio $bhdn=5Aae$, y el que corresponde al cuarto está representado por $dnBC=7Aae$; lo cual nos dice que *los espacios parciales son como los números impares*. Sumando estos espacios parciales tendremos necesariamente los espacios totales; así que en el primero sabemos que es 1, la suma de este con el siguiente dan $1+3=4$ espacio total correspondiente á 2; la suma de los tres primeros $1+3+5=9$ nos da el espacio total correspondiente; y la de los cuatro $1+3+5+7=16$, produce el espacio total que la figura comprende.

Si al empezar á actuar la fuerza aceleratriz, tuviese ya el cuerpo un movimiento adquirido, sería necesario sumar las cantidades correspondientes á cada uno para tener las expresiones correspondientes al espacio y á la velocidad.

125. Si por el contrario, la fuerza aceleratriz cesase al cabo de un tiempo cualquiera, el cuerpo conservaría en virtud de la inercia la velocidad adquirida, y con ella seguiría con un movimiento uniforme. Supongamos que la fuerza aceleratriz cese al cabo de dos segundos, por ejemplo en b , la velocidad adquirida es bh ; y debiendo como va dicho conservarla y seguir con movimiento uniforme, en otros dos periodos de tiempo describirá el rectángulo $bhmB$. Si paramos la atención en este rectángulo vemos que $bhmB=8Aae$; y como el espacio corrido en los dos periodos primeros es $Abh=4Aae$, resulta que si cesa la fuerza aceleratriz, el espacio que recorre el cuerpo con movimiento uniforme y la velocidad adquirida, durante un periodo de tiempo igual al transcurrido desde el origen del movimiento, es doble del que con el uniformemente acelerado había recorrido.

126. El movimiento uniformemente retardado se halla comprendido en la misma figura, y por tanto la determinación de sus leyes no ofrece gran dificultad. Todo está en considerar al móvil en B con una velocidad BC , de la cual pierde una parte igual con Cc al llegar á d , en donde está representada por dn ; pierde otra parte igual al llegar á b , así que está representada su velocidad en este punto por bh ; y así prosiguiendo hasta A , en que se aniquila completamente el movi-

miento: de modo que la relacion de los espacios, tiempos y velocidades se deduce de la misma manera, solo que en el uniformemente acelerado los espacios crecian como los cuadrados de los tiempos, y en este movimiento disminuyen en la misma relacion; y por lo mismo los espacios parciales que alli aumentaban como los números impares 1, 3, 5, 7 etc., aqui como la figura manifiesta, disminuyen en el mismo orden 7, 5, 3, 1.

LECCION XXI.

Aplicacion de las leyes del movimiento uniformemente acelerado al descenso de los graves.—Máquina de Atwood.

127. La accion de la gravedad, siendo una fuerza continua, como se prueba por la resistencia tambien continua que hay que oponerla, no puede producir un movimiento uniforme; y la observacion y la esperiencia nos dicen que da lugar á un movimiento uniformemente acelerado. Para ver si efectivamente esto es asi, hay que discurrir algun medio que nos proporcione un descenso lento en los cuerpos sometidos al experimento, sin que la accion de la gravedad sufra alteracion alguna; estas condiciones son indispensables, porque en el descenso completamente libre es tal la rapidez de la caida, que no es posible medir con esactitud lo que corre el cuerpo en cada unidad de tiempo.

Galileo, á quien se debe el estudio de estos fenómenos, se valió de un plano inclinado, en el que, como ya sabemos, la accion de la gravedad se descompone en dos, de las que una queda destruida por el plano, y la otra, que produce su efecto sobre el cuerpo, puede tener el valor que se desee variando la inclinacion del plano, y por lo mismo puede conseguirse que el cuerpo descienda con tanta lentitud como sea necesario. En el dia se hace uso de un aparato, ideado por Atwood á fines del siglo último, el cual permite que el cuerpo descienda por la vertical, y que la velocidad de la caida se modere en la relacion que creamos conveniente (*fig. 30*). Se compone esta máquina de una polea A, sumamente movable sobre su eje, para conseguir lo cual suelen colocarse dos roldanas de cada lado, dispuestas de modo que el eje de la polea se apoye sobre ellas; con lo que se consigue ponerlas en movimiento y

disminuir el rozamiento hasta donde le es al hombre posible: por la garganta de la polea pasa un hilo que sostiene dos pesos B y C, los cuales producirán equilibrio siendo iguales; pero si aumentamos un pequeño peso en B este cuerpo descenderá, mas como para esto tiene que elevar á C y poner en movimiento todo el sistema, el descenso será tanto mas lento cuanto mas pequeño sea el peso adicional respecto de la suma de todos ellos. Al lado de la línea de descenso del cuerpo B, lleva una escala dividida en pulgadas y líneas, cuyo cero coincide con el punto mas alto en que B puede colocarse. Para observar hasta donde llega el cuerpo B al cabo de uno, dos, etc., segundos, se coloca en el punto correspondiente un platillo D, al cual ha de tocar la base del cuerpo B en el momento mismo en que un péndulo de segundos, que va generalmente unido al aparato, marque la oscilacion 1.^o, 2.^o, etc, que corresponda al espacio corrido.

Puesto que está en nuestra mano el que en el primer segundo corra el cuerpo un espacio pequeño, podemos disponerlo de manera que ande solo dos pulgadas; de manera que la oscilacion 1.^o del péndulo se confunda con el choque del cuerpo B sobre el platillo D, colocado en dos pulgadas. Siendo los tiempos 1", 2", 3", 4", 5", sus cuadrados serán 1, 4, 9, 16, 25, que representarán los espacios; y como en el primer segundo hemos dispuesto que corra dos pulgadas, habrá que multiplicar por dos estos cuadrados, lo que dará 2, 8, 18, 32, 50, número de pulgadas que corresponden á cada intervalo de tiempo; y poniendo el tope ó platillo D sucesivamente en estos números se observa que la experiencia confirma la ley de que los espacios son como los cuadrados de los tiempos.

128. Al determinar en la leccion anterior las leyes del movimiento uniformemente acelerado, por medio del triángulo de Galileo, nos hicimos cargo de lo que sucederia á un móvil cuando la fuerza aceleratriz dejase de actuar sobre él; veamos cómo puede demostrarse experimentalmente en este aparato relativamente á la gravedad. El tope D se reemplaza por un anillo E, por el cual puede pasar sin obstáculo el cuerpo cilindrico B: el peso adicional se reemplaza por una varilla enteramente igual en peso, pero cuya longitud, excediendo al diámetro del anillo, hace que no pueda pasar por él, se queda detenida sobre el mismo y abandone así al cuerpo B, el cual siendo igual con C continuará moviéndose con la velocidad

adquirida, y con movimiento uniforme, puesto que los dos pesos siendo iguales no hay ya fuerza aceleratriz alguna. Colocando el anillo en los lugares en que antes hemos situado el tope, esto es, en 2, 8, 18, 32, 50 pulgadas, debe dejar en cada uno de estos puntos, esto es, al cabo de 1", 2", 3", 4", 5", el exceso de peso sobre el anillo, y quedando los pesos iguales debe correr en el mismo tiempo un espacio doble, es decir, 4, 16, 36, 64, 100 pulgadas, para lo que habrá que poner el tope á distancias del cero, espresadas por la suma de lo que ha corrido con movimiento uniformemente acelerado y lo que corresponde al uniforme, es decir, á 6, 24, 54, 96, 150 pulgadas: lo cual nos dice que si cesa la fuerza aceleratriz andará en el mismo tiempo un espacio doble del que antes habia recorrido en igual tiempo.

Si los números 4, 16, 36, 64, 100 que hemos obtenido los dividimos por el tiempo empleado, que sabemos es 1, 2, 3, 4, 5 segundos, resultan los números 4, 8, 12, 16, 20, que son como 1, 2, 3, 4, 5; luego las velocidades adquiridas son como los tiempos.

Vemos, pues, que la caída de los cuerpos sigue las leyes del movimiento uniformemente acelerado, y por lo tanto que la acción de la gravedad imprime esta clase de movimiento á los cuerpos en su descenso.

129. El movimiento uniformemente retardado se presenta en el caso de un cuerpo lanzado de abajo arriba, el cual, impulsado por una fuerza inicial y solicitado sin cesar por la acción de la gravedad en sentido contrario á aquella, va perdiendo porciones sucesivas de su velocidad hasta que esta queda completamente aniquilada, siendo aquí la gravedad la fuerza retardatriz que solicita al cuerpo. Si aniquilada la velocidad inicial cesase también la fuerza de la gravedad, no solo el cuerpo cesaría de elevarse, sino que permanecería fijo en la altura en que se encontrase; pero la gravedad no cesando jamás de actuar sobre el cuerpo, este cesa de elevarse y descendiendo recorriendo la misma vertical por donde se elevó, y adquiriendo en cada período porciones de velocidad iguales á las que perdió en los mismos sitios al elevarse, puesto que ahora la acción de la gravedad es fuerza aceleratriz y el movimiento adquirido es uniformemente acelerado; de modo que al fin de su descenso tendrá adquirida una velocidad igual á la que se le comunicó para elevarse, si bien en sentido contrario de

esta. Esto nos dice que *un cuerpo que cae de cierta altura llega al fin de su descenso con una velocidad capaz de hacerle elevar á la misma altura y en el mismo tiempo*, pero dirigida en sentido contrario.

130. Sabida ya la accion que la gravedad ejerce sobre los cuerpos y el movimiento que los comunica, nos falta averiguar si esta accion es la misma para todos los cuerpos: esta investigacion es tanto mas necesaria quanto que lo que diariamente se observa es que las masas considerables caen con rapidez, al paso que las pequeñas lo verifican con lentitud. No tiene nada de sorprendente que así suceda considerando que la fuerza está espresada por el producto de la masa, por la velocidad, y que por tanto variando un factor debe variar del mismo modo el producto. Pero es necesario hacer ver que el otro factor, es decir, la velocidad, es el mismo para todos los cuerpos, ó que la gravedad los imprime á todos la misma velocidad en el primer período de su descenso. Para esto no habrá mas que tomar cuerpos diferentes, tales como plomo, corcho, piedra, pluma, etc., y dejándolos caer observar lo que sucede; verificándolo, tendremos que el plomo y la piedra llegarán antes al fin de su caída que el corcho, y este antes que la pluma; la razon de esta diferencia se halla en la resistencia del aire, puesto que para abrirse paso al través de este fluido hay que poner en movimiento sus moléculas, lo que no se consigue en razon de la inercia, y recordando que la reaccion es igual y contraria á la accion, sino á espensas de la fuerza que el cuerpo posee en su descenso; así es que si lo verificamos en el vacío introduciendo estos cuerpos en un tubo de vidrio de unos seis pies de largo, y haciendo el vacío en él por medio de un aparato que á su tiempo estudiaremos con el nombre de máquina neumática, allí se observa que todos caen en un mismo tiempo en razon á no encontrar obstáculos para el descenso; lo que nos dice que *la accion de la gravedad se ejerce del mismo modo sobre todos los cuerpos*, y como hemos ya dicho, imprime á todos la misma velocidad.

No debe confundirse la gravedad con el peso de los cuerpos; la primera es una fuerza que, como acabamos de ver, imprime la misma velocidad á todas las particulas de los cuerpos, y el peso es el valor de la resultante de todas estas acciones elementales; así es como siendo la gravedad la misma para todos los cuerpos, el peso crece con la masa de estos, y

por consiguiente la accion que cayendo pueden producir sobre los que se opongán á su descenso.

En esto consiste que sea casi insensible para nosotros la accion que recibimos de un perdigon que caiga verticalmente de una altura dada, y el efecto mortal que produciria un quintal de la misma sustancia cayendo de igual altura. El fenómeno se verifica del mismo modo en los líquidos; así es que en el aire una masa de líquido se divide por la resistencia del fluido; y si introducimos agua en un tubo hasta su mitad, purgándole de aire y cerrándole herméticamente, se observa al invertirle que el líquido cae reunido como lo verificaria un sólido, produciendo un choque en el extremo del tubo, que ha dado lugar al nombre que este aparato recibe de *martillo de agua*.

Podemos decir, en vista de todo lo espuesto, que *la gravedad actúa con la misma intensidad sobre la unidad de masa de todos los cuerpos*

LECCION XXII.

Descenso por planos inclinados.—Circunstancias notables que presenta la velocidad comparada con la misma cantidad en el descenso libre.

131. Cuando nos ocupamos de las condiciones del equilibrio de los cuerpos en planos inclinados, examinamos la relacion entre la potencia y la resistencia, que era la de la altura á la longitud, cuya relacion deduciamos habiendo descompuesto en dos la accion de la gravedad que actuaba sobre el cuerpo. Se trata ahora de averiguar qué es lo que en el descenso se verifica, y para ello determinar el valor de la fuerza paralela al plano, que es la que produce el efecto que podemos llamar útil en este movimiento.

Sea el plano inclinado AC (fig. 31) sobre el cual se halla un cuerpo solicitado por la accion de la gravedad RG, la cual se descompone en las dos RF y RE perpendicular y paralela al plano respectivamente. Para hallar el valor de RE sabemos que RE:RG::BC:AC, de donde $RE = \frac{RG \times BC}{AC}$ y como RG representa la accion de la gravedad, BC es la altura y AC la longitud $RE = g \times \frac{h}{l}$. Esta es la *gravedad relativa* que es igual

á la *gravedad absoluta* tomada en la relacion de $h:l$; este valor de RE es siempre menor que g , puesto que la cantidad $\frac{h}{l}$ que la multiplica no solo está en forma de quebrado, sino que lo será siempre realmente, pues que nunca $BC=h$ será mayor que $AC=l$: todo lo mas que podrá suceder será que $h=l$, en cuyo caso $\frac{h}{l}=1$; de donde $RE=g$. Es decir, que siendo la altura igual á la longitud no hay plano inclinado, la AC se confunde con CB, por consiguiente queda el descenso libre por la vertical, y la gravedad relativa que teniamos pasa á ser gravedad absoluta.

Puesto que la accion de la gravedad es la que determina el descenso por planos inclinados, podemos resolver todas las cuestiones que se presenten, aplicando las fórmulas correspondientes deducidas para el descenso libre, pero modificadas en cuanto á la gravedad, poniendo en vez de g la cantidad $g \times \frac{h}{l}$, con lo que serán fórmulas correspondientes al plano inclinado.

132. De sustituir en unas de las fórmulas del descenso libre los valores deducidos de las otras, resulta para la velocidad la expresion $v = \sqrt{2eg}$. Si tratamos de aplicarla al plano inclinado tendremos $v = \sqrt{2eg \times \frac{h}{l}}$, y como en el plano e que es el espacio recorrido es AC y la longitud es tambien AC, resulta $e=l$, por lo que suprimiéndolas queda $v = \sqrt{2gh}$. Esto es lo que se llama *velocidad debida á una altura*, y de cuya expresion se hace mucho uso en fisica y en mecánica. Parando la atencion en la fórmula, vemos que la cantidad l ha desaparecido, lo que nos dice que la velocidad adquirida depende solo de la altura y no de la longitud; de modo que si tenemos (fig. 52) diferentes planos inclinados CD, CE, CA que tengan una misma altura, la velocidad final que un cuerpo adquiere es la misma en todos ellos.

Si cayese por la vertical CB altura del plano la fórmula seria $v = \sqrt{2eg}$; pero como en este caso BC es el espacio, seria $e=h$, y la fórmula $v = \sqrt{2gh}$, que siendo la misma que an-

teriormente nos dice que será tambien la misma la velocidad. Luego *un cuerpo que descende de cierta altura, adquiere la misma velocidad verificándolo por la vertical que por planos inclinados, cualquiera que sea su inclinacion.* Puesto que un cuerpo que cae de cierta altura llega al fin de su descenso con una velocidad capaz de hacerle subir á una altura igual, los cuerpos cayendo por planos inclinados pueden elevarse por otros planos con inclinacion opuesta y perfectamente iguales en altura; y si descendiesen por una curva que miraremos como una série de pequeños planos con diferentes inclinaciones, podrán elevarse en virtud de la velocidad adquirida describiendo un arco igual al de descenso.

Esta velocidad que adquieren los cuerpos en el descenso por planos inclinados, esplica el efecto que en nosotros mismos se produce al bajar una cuesta, en que nos vemos forzados á caminar con una velocidad creciente en virtud de la accion acumulada, y el peligro de un choque ó caída al final del descenso, y aun antes, puesto que la velocidad adquirida es la misma que cayendo por la vertical de una altura igual exactamente á la del plano.

LECCION XXIII.

Generacion del movimiento curvilíneo.—Relacion entre masas, distancias al centro y velocidades.—Movimiento parabólico.

155. Si reflexionamos acerca del efecto que producen las fuerzas instantáneas y las continuas respectivamente, hallaremos que una sola fuerza no puede producir mas movimiento que el rectilíneo, y que aun concurriendo dos, si no actúan de un modo particular, todavía será rectilíneo el movimiento, como nos lo acredita la resultante de dos fuerzas que forman ángulo, puesto que la diagonal del paralelogramo es una línea recta.

Si tenemos dos fuerzas AS y AC (*fig. 53*) que actúen sobre el punto A, y cuyas intensidades sean AB y AD, construiremos sobre ellas un paralelogramo, y la diagonal AE será su resultante; si no actuasen otras fuerzas, el cuerpo animado de una fuerza cuya intensidad es AE continuaria su camino en la direccion rectilínea EF; pero si admitimos que en

E actúe otra fuerza EC, cuya intensidad sea EG, podremos sobre esta y la EF formar un paralelogramo, cuya diagonal EH será la resultante; y si ahora sobre HI que recorrería el cuerpo abandonado á sí mismo en H y la HL intensidad que atribuimos á la nueva fuerza HC, construimos el HLMI, tendremos la resultante representada por HM; si continuásemos del mismo modo, nos hallaríamos con un polígono ó trozo de polígono, en el que imaginando que las impulsiones que desvian al cuerpo de línea recta se suceden sin cesar, ó lo que es lo mismo, que los puntos A, E, H y M se hallen infinitamente próximos, *el polígono se convertirá en una curva.*

Vemos pues que para el movimiento curvilíneo se necesita el concurso de dos fuerzas; una que solicite al cuerpo en dirección de un punto fijo C, y otra, tal como AB, que tienda á alejarle del mismo punto. Estas dos fuerzas reciben el nombre de *centrales*, denominándose *fuerza centripeta* la que conspira á dirigir al cuerpo hácia el punto fijo, y *centrífuga* la que tiende á alejarle.

Si en un punto cualquiera de la curva cesase una de las fuerzas, la otra produciría sola todo su efecto y el cuerpo seguiría su dirección; así cesando instantáneamente la centrífuga el cuerpo obedecería á la centripeta, y si está cesase, v. gr. en un punto H, el cuerpo seguiría la dirección HI, que es la de la tangente á la curva en el punto que consideramos. En el caso de que no cesase una ú otra instantáneamente, sino que fuesen cediendo sucesivamente, daría lugar á una espiral que se acercaría al centro en el caso de hacerse preponderante la centripeta, y se alejaría del mismo si predominase la centrífuga: así para que la curva descrita sea una circunferencia de círculo, es necesario que las dos fuerzas sean iguales.

La observación y la esperiencia dan que *la fuerza centrífuga es tanto mayor cuanto mas considerables son las masas circulantes, y mayor es el radio de la curva descrita*, aumentando tambien con la velocidad, ó lo que es lo mismo, cuando el tiempo periódico disminuye, hallándose pues en razon directa de las masas y de los radios ó distancias al centro é

inversa del cuadrado del tiempo, es decir, $F:F' :: \frac{MR}{T^2} : \frac{M'R'}{T'^2}$.

Para verificar estas leyes experimentalmente hay varios

aparatos, cuya descripción no entra en el plan que nos hemos propuesto, enseñando mas la vista de la máquina que cuantas descripciones pudieran darse. Sin embargo hay una parte en ella que puede y debe recordarse: consiste en una varilla (*fig. 34*) en la que van dos masas A y B que pueden deslizarse fácilmente á lo largo de la misma; si estas masas, que están unidas por medio de un hilo, se colocan á distancias iguales del centro, la mayor A arrastra á la otra en cuanto se establece el movimiento de rotación llevándola consigo al extremo N de la barra, lo cual dice que la mayor masa adquiere mayor fuerza centrífuga; lo que tambien se deduce de la proporción establecida, porque á igualdad de radio y de tiempo $F:F' :: M:M'$. Para que las fuerzas centrífugas sean iguales es necesario que las masas se hallen en razon inversa de sus distancias al centro, en cuyo caso la masa A y la B circularán sin variar su distancia al centro.

Para ver que los líquidos obedecen á la misma ley, se usa el aparato de la (*fig. 35*), que consiste en dos tubos de vidrio A y B inclinados al horizonte, en los cuales se encierra agua y azogue en B, y agua con un corcho en A; luego que el movimiento de rotación se establece, el mercurio se dirige á la estremidad B del tubo y el agua queda atrasada; y en el tubo A el agua ocupa la estremidad del tubo, quedando el corcho atrasado, lo cual manifiesta como antes que la mayor masa adquiere mayor fuerza centrífuga.

Los ejemplos que de estas fuerzas pudieran ponerse son tantos que bastarian para ocupar un volúmen entero; así que, dejando los mas notables para la lección siguiente, diremos que la honda, los soles de artificio, los ventiladores y otros varios aparatos, no son otra cosa que aplicaciones de estos principios.

134. Si tenemos una fuerza instantánea AQ (*fig. 36*) actuando sobre A producirá un movimiento uniforme, y por tanto el móvil, obedeciendo á esta sola fuerza, correrá en tiempos iguales espacios 1, 2, 3, 4 iguales. Si sobre A actúa la fuerza continua AP obligará al cuerpo á correr con movimiento uniformemente acelerado espacios 1, 4, 9, 16, que serán como los cuadrados de los tiempos. Si actúan ambas á la vez, el cuerpo en el primer periodo solicitado á moverse en ambas direcciones se encontrará en *a*; por iguales consideraciones se hallará al cabo del segundo en *b*, y así prosiguiendo, y

trazará una curva *AabcM*, que será una *rama de parábola*.

Esta es la curva que describen los cuerpos arrojados horizontalmente, uniéndose á la fuerza de impulsión comunicada la acción de la gravedad, y describen las dos ramas ó la curva entera cuando son lanzados oblicuamente al horizonte. Debe decirse sin embargo que esta curva solo sería parábola en el vacío, pues que la resistencia del aire hace que se forme una trayectoria ó curva particular.

LECCION XXIV.

Movimiento oscilatorio.—*Péndulo simple y compuesto.*—*Influencia de la longitud del péndulo en la duración de las oscilaciones.*—*Aplicación á la medida del tiempo y á la determinación de la intensidad de la gravedad.*

133. Llamamos *péndulo* á todo cuerpo sostenido por una varilla ó cordón tendida verticalmente, y que se mueva con libertad al rededor del punto de suspensión. El péndulo en su posición *A* (fig. 37) permanecerá en equilibrio, puesto que la vertical que pasa por su centro de gravedad lo verifica también por el punto de suspensión *C*, con el cual se destruye la acción de esta fuerza. Si le separamos de esta posición, le llevamos á *B* y le abandonamos á sí mismo, la acción de la gravedad *G*, no pudiendo dirigirle verticalmente á causa del hilo y aun mejor del punto fijo, se descompone en dos, una *P* en la prolongación de la varilla, que se destruye con el punto fijo, y otra *L* perpendicular á esta y que produce su efecto para hacer descender al cuerpo por el arco *BA*; llegado el cuerpo á este punto se encuentra animado de una velocidad capaz de hacerle elevar á la misma altura y en el mismo tiempo, de forma que recorrerá el arco ascendente *AD*; llegado al punto *D* en que se habrá destruido la velocidad adquirida, se encontrará en las mismas condiciones que en el punto *B*, por consiguiente descenderá por *DA*, se elevará por *AB*, volverá á descender, y así continuará su *movimiento de va-y-ven ó oscilatorio*.

Estas oscilaciones no parece que deben concluir jamás, puesto que, siendo igual la semiosciliación ascendente con la descendente en el primer período, deberá continuar de la misma manera en los sucesivos: sin embargo, no se verifica

de este modo á causa de la resistencia del aire y del rozamiento inevitable en el punto C de suspension; así que, aun haciéndole oscilar en el vacío, esta segunda causa no desaparecería, y por tanto el movimiento se aniquilaría, aunque no tan pronto como en el aire. Aun cuando el arco ascendente es un poco mas corto que el descendente, el péndulo le recorre con un poco mas de lentitud; así que, el tiempo que tarda es el mismo en cada semioscilacion. Esta igualdad se estiende respectivamente á la oscilacion entera, pues que si bien es cierto que la amplitud de la primera va disminuyendo en las sucesivas, el tiempo empleado en la duracion de cada una es el mismo por razones análogas á las espuestas anteriormente; de modo que tarda el péndulo el mismo tiempo en describir todos los arcos, sean grandes ó pequeños, á lo que se da el nombre de *isocronismo*.

136. El *péndulo* llamado *simple* es un péndulo ideal que seria formado por un hilo inestensible y sin peso, á cuyo extremo pendiese un solo punto ó molécula. No existiendo semejante péndulo en la naturaleza, es indispensable referir á él las observaciones que practiquemos con el *péndulo ordinario ó compuesto*, valiéndose de los medios que en esta misma leccion esplicaremos.

Hemos hecho ver en el lugar correspondiente que la accion de la gravedad es la misma para todos los cuerpos; y puesto que el péndulo oscila por la accion de esta fuerza, puede servirnos tambien para comprobar esta verdad: para esto haremos péndulos de plomo, de madera, de marfil, etc., y dándolos á todos la misma longitud, los haremos oscilar al mismo tiempo y se observará que todos marchan acordes, lo cual prueba el principio establecido.

137. La *longitud* influye en la duracion de las oscilaciones y por tanto en el número de las verificadas en un tiempo dado. Si tomamos tres péndulos (*fig. 38*) CA, CB, CD, cuyas longitudes sean entre sí como 1:4:9, observaremos que el mas corto CA da dos oscilaciones en tanto que CB da una, y que da tres mientras el mas largo CD da una; esto nos dice que *la duracion de las oscilaciones es como las raíces cuadradas de las longitudes, ó que el número de oscilaciones se halla en razon inversa de dichas raíces*.

Puesto que un péndulo oscila con tanta mayor rapidéz quanto menor es su longitud, y al contrario, oscila mas len-

tamente cuanto su longitud es mayor, resulta que las partes materiales (*fig. 39*) mas próximas al punto C tienden á oscilar con mas rapidez, y así lo verificarían si no estuviesen enlazadas de un modo invariable con las inferiores; estas á su vez tienden á oscilar con mas lentitud, y con tanta mas cuanto mas próximas al punto A las consideremos. Mas como todas ellas han de verificar su oscilacion en el mismo tiempo, resulta que entre las superiores que están retrasadas por las inferiores, y estas que están aceleradas por las superiores, ha de haber necesariamente un punto, tal como B, que verifique sus oscilaciones como si estuviese solo sin ser acelerado por las unas ni retardado por las otras, cuyo punto recibe el nombre de *centro de oscilacion*, y su distancia CB al punto de suspension es lo que se llama longitud del péndulo. Esta sería la *longitud del péndulo simple si existiese*, y esta es la que hay que tomar siempre para referir al péndulo simple las observaciones del compuesto.

158. La accion de la gravedad, siendo la que determina las oscilaciones del péndulo, influye necesariamente en la duracion y el número de estas oscilaciones. Si esta accion de la gravedad fuese la misma en todos los puntos de la superficie terrestre, un péndulo de una longitud dada oscilaria del mismo modo en cualquier paraje del globo en que le observásemos; pero no puede verificarse esto en razon á que girando la tierra sobre un eje, y siendo la fuerza centrifuga opuesta á la gravedad, disminuirá á esta en cuanto ella valga: además la accion de esta fuerza centrifuga no es la misma en los diversos paralelos, puesto que es proporcional al radio, y el de los paralelos es diferente para cada uno de ellos; así la accion de esta fuerza se hallará en su máximo en el ecuador EE' (*fig. 40*) pero irá disminuyendo en los diferentes paralelos hasta el polo P, en que será nula; además solo en el ecuador esta fuerza es directamente opuesta á la gravedad, pues que en los paralelos v. gr. en rr' , cuyo radio es or , la accion de la fuerza centrifuga se ejerce en la direccion rF y la de la gravedad en la GrC que forma ángulo con la primera.

De este movimiento de rotacion, y de la disminucion de la fuerza centrifuga del ecuador al polo, resulta el aplanamiento de la tierra en sus polos, los que por consiguiente quedan mas próximos al centro de la tierra: y como la accion que esta ejerce sobre los cuerpos, si bien proviene de la que desenvuel-

ven todas las moléculas de ella respecto de todas las del cuerpo atraído, el efecto es el mismo que si una fuerza única emanase de su centro, el cuerpo se encuentra atraído con mas energía por esta causa en el polo que en el ecuador, de modo que solo por el achatamiento de la tierra vemos que *la acción de la gravedad disminuye de los polos al ecuador*; y como la fuerza centrífuga por su parte hemos visto que conspira al mismo fin, podemos asegurar que la gravedad se halla en su máximo en los polos y disminuye hasta el ecuador.

Para medir la intensidad de la gravedad en los diferentes puntos del globo, no es buen medio el dejar caer un cuerpo y ver lo que corre en el primer segundo de su descenso, puesto que en lugar oportuno hemos visto las dificultades que presenta esta medida. El péndulo, pues, es el medio único de medir la intensidad de la gravedad en los diferentes puntos de la tierra, y el que puede dar por consiguiente la verdadera figura de esta. El cálculo da para el tiempo de una oscila-

ción $T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ siendo π la relación 3,14159 del diámetro á

la circunferencia, l la longitud del péndulo simple, y g la acción de la gravedad; de donde si $l=1$ se obtiene $g=\pi^2 l$, así para obtener la intensidad de la gravedad no hay mas que medir exactamente l , y multiplicarlo por el cuadrado de π . Por este medio se ha obtenido que la gravedad en Madrid es 35,16905 pies, la longitud del péndulo 513,125 líneas, igual 3,56537 pies castellanos, y lo que corre un cuerpo grave en 1" son $17\frac{3}{4}$ pies próximamente.

El isocronismo del péndulo le hace ser un instrumento á propósito para la medida del tiempo; pero en los relojes es necesario no ver en el péndulo el motor que impulsa el aparato, sino solo el regulador de su marcha, pues que esta sería necesariamente variada si el motor, que es ó un peso que desciende, ó un resorte que se estiende, quedase abandonado á sí mismo sin un moderador que le colocase en cada instante en las condiciones mismas en que se verificó el impulso inicial.

LECCION XXV.

Leyes de la comunicacion del movimiento en los cuerpos duros y en los elásticos, consideradas como simples consecuencias de la ley de inercia.—Choque escéntrico.

Al examinar las leyes de inercia vimos que en la imposibilidad de darse un cuerpo movimiento á sí propio era necesario que hubiese otro que se le comunicase; y tambien nos hicimos cargo de que el cuerpo comunicante sufría una pérdida que tenia por medida la cantidad que al otro comunicaba, ó que la reaccion era igual y contraria á la accion. Al mismo tiempo sabemos que para estimar la accion de una fuerza hay que atender á la masa y á la velocidad, que es lo que llamamos cantidad de movimiento. Tambien recordaremos lo que en la elasticidad espusimos respecto á que un cuerpo que ha sido comprimido desenvuelve una acción ó resorte que tiene por medida el esfuerzo empleado para conseguir la compresion.

139. Recordados estos principios, diremos que para determinar las leyes del *choque de los cuerpos* ó de la *comunicacion del movimiento* tenemos que dividirlos en dos grandes grupos ó secciones, una de las cuales comprenderá los *cuerpos no elásticos*, es decir, los que conservan despues del choque la forma que este los hizo adquirir; y otra en la que se incluirán todos los *elásticos*, que serán aquellos que despues del choque reobren sobre sí mismos y recuperen la forma que antes tenían.

Sabemos ya que no hay cuerpos desprovistos de elasticidad; pero se pueden mirar hasta cierto punto como tales algunos, como la arcilla húmeda, la pasta de harira en iguales circunstancias y otros varios en quienes su pequeña elasticidad no altera sensiblemente los resultados que se obtendrian si fuese completamente nula. Tambien sabemos que en los sólidos no hay cuerpos perfectamente elásticos; pero los que lo son de primera especie dan resultados que difieren muy poco de los que darian teniendo completa esta propiedad.

140. El choque puede ser *central* ó *escéntrico*, esto es, puede verificarse en la dirección de una línea que pase por

los centros de inercia de los cuerpos, ó en otra direccion cualquiera.

Sean dos cuerpos no elásticos, en cuya clase incluimos á los *duros* y á los *blandos*; aquellos porque no alterarán de forma por la accion del choque, y nada tendrán que hacer por tanto para recobrarla; y estos porque conservarán la forma que en virtud del choque adquieren, conservándola despues del mismo modo: supongamos que el choque tiene lugar en la direccion de la línea que une los centros, é imaginemos las *masas iguales*. Se concibe sin dificultad, y la esperiencia lo confirma, que *si las direcciones en que se chocan son opuestas y las velocidades iguales, quedarán en reposo en el acto del choque*, por destruirse esactamente la accion del uno con la del otro. Si en el supuesto anterior uno de los cuerpos se hallase en reposo y el otro viniese á chocarle con una velocidad cualquiera, esta se distribuiria entre ambos, es decir, en una masa doble, y por tanto los cuerpos caminarian unidos y con una velocidad que seria la mitad de la que traia el chocante.

En el choque de los cuerpos no hay pérdida alguna de velocidad; lo que uno pierde es ganado por el otro, y no puede suceder de otra manera en virtud de la inercia: de modo que la suma de las cantidades de movimiento antes del choque es igual á la suma de las cantidades de movimiento despues del mismo; es decir, $MV + M'V' = (M + M')x$, llamando x la velocidad final que es igual para ambos. De aquí resulta $x = \frac{MV + M'V'}{M + M'}$, cuya espresion corresponde al caso en que los cuerpos van en un mismo sentido, y dice que *la velocidad final se obtiene dividiendo la suma de las cantidades de movimiento antes del choque por la suma de las masas*.

Si los cuerpos caminasen en sentidos contrarios seria $x = \frac{MV - M'V'}{M + M'}$, y si el chocado se hallase en reposo resultaria $x = \frac{MV}{M + M'}$.

Vemos que en el caso de ir los cuerpos en sentidos contrarios no es necesario para que queden en reposo que las velocidades sean iguales, bastando que lo sean las fuerzas ó cantidades de movimiento, para lo cual sabemos que las ve-

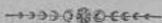
locidades han de estar en razon inversa de las masas. Tambien se observa que en el caso de estar en reposo el cuerpo chocado, la velocidad no parece que será nunca nula; pero si la masa del chocado es tal que pueda mirársela como infinita, respecto á la del chocante, la espresion se reduce á cero, y no hay velocidad alguna despues del choque: tal es el caso que se presenta arrojando un proyectil cualquiera sobre un cuerpo de una gran masa.

En el choque escéntrico de estos cuerpos la accion del chocante se descompone en dos; una que pasa por el centro de inercia del chocado, y otra perpendicular á esta.

141. En el choque de los *cuerpos elásticos* hay que tener presente el primer período durante el cual se comprimen, y pueden por lo tanto considerarse como no elásticos; y el segundo en que obra la elasticidad y recobran la forma primitiva. Durante el primer período, puesto que obran como no elásticos, pueden aplicárseles las fórmulas establecidas; y como en el segundo período la accion de resorte es igual y contraria á la de compresion que ha precedido, será necesario tomar su duplo; de modo que *la ganancia ó pérdida que un cuerpo sufrirá en su velocidad siendo elástico, será doble de la que por la misma accion le corresponderia careciendo de aquella propiedad*. La observacion y la esperiencia están de acuerdo con lo que acabamos de establecer; así dos cuerpos elásticos que se encuentran en direcciones contrarias teniendo igual masa y velocidad, sabemos que siendo duros quedarian en reposo por la destruccion reciproca de las velocidades, pero en el caso presente, comunicándoles la fuerza de resorte una velocidad igual y contraria á la perdida, los cuerpos retroceden con velocidades iguales á las que poseian. En el caso de estar el chocado en reposo hemos visto que ambos se movian con una velocidad, mitad de la del chocante, en el mismo supuesto de la igualdad de masas; pero si los cuerpos son elásticos, el chocante, que en el caso anterior perdía la mitad de su velocidad, ahora la perderá toda, y por lo mismo quedará en reposo; el chocado que adquiria ó ganaba la mitad de la que el chocante traia, ahora, duplicándose esta cantidad, adquirirá una velocidad igual exactamente á la del chocante; de modo que el cuerpo chocante quedará en reposo y el chocado partirá con la velocidad que poseia el primero.

142. Para el choque escéntrico consideraremos un plano AB (*fig. 41*) sobre el cual cae un cuerpo D perpendicularmente; si el cuerpo y el plano no son elásticos el cuerpo quedará en C, destruyéndose su acción por la resistencia del plano; pero si D es un cuerpo elástico, como por una parte llega al fin de su descenso con una velocidad capaz de hacerle elevar á la misma altura, y por otra la fuerza de resorte le comunica una velocidad igual á la que el choque aniquila en C, pero en sentido contrario, el cuerpo rebotará, y se elevará por la misma línea CD á una altura teóricamente igual á aquella de que descendió. Si el cuerpo cayese oblicuamente sobre el plano (*fig. 42*) en una dirección DG, su acción se descompondría en dos, una perpendicular que sería destruida por la resistencia del plano, y otra paralela con la cual se movería el cuerpo, que en el caso de no ser elástico seguiría por tanto la dirección GA; si fuese elástico la descomposición de fuerzas sería la misma, pero la elasticidad, desenvolviendo en el cuerpo una fuerza igual y contraria á la IG destruida, esta se combinaría con la paralela GA, y su resultante GE representará la dirección que tomaría el cuerpo. En este caso el ángulo IGD, que se llama de incidencia, es igual al IGE, que llamamos de reflexión: así en el choque de los cuerpos elásticos *el ángulo de reflexión es teóricamente igual al de incidencia*; y decimos teóricamente, porque no siendo los cuerpos perfectamente elásticos, los dos ángulos no serán rigurosa y geoméricamente iguales, pero sí con mucha aproximación.

MECANICA DE FLUIDOS.



LECCION XXVI.

Condiciones del equilibrio en los líquidos.—Principio de la igualdad de presión.—Determinación de las presiones que sufre el fondo y las paredes de un vaso.—Paradoja hidrostática.

Al ocuparnos de los tres estados en que los cuerpos se presentan, vimos que los líquidos, adaptándose fácilmente á las formas del vaso en que se contienen, se distinguan principalmente de los sólidos por la gran movilidad de sus moléculas. Hemos examinado igualmente las propiedades generales que estos cuerpos presentan, y nos falta estudiar ahora las que, no siendo comunes á los sólidos, provienen del carácter particular de los líquidos.

145. *Los líquidos tienen la notable propiedad de ejercer presiones en todos sentidos; esto es, de transmitir en todas direcciones el esfuerzo ó presión que reciben en una cualquiera.* Sea para esto un vaso A (*fig. 43*) en el que suponemos aplicados los pistones P, P', P'' y P''', perfectamente iguales: si ejercemos un esfuerzo sobre P procurando introducirle en lo interior del vaso, todos los demás pistones serán rechazados al exterior, ó será necesario emplear sobre cada uno de ellos una fuerza igual á la que actúa en P si tratamos de impedirlo. Esto nos dice que sobre cada porción de las paredes del vaso, igual en estension con la base del émbolo, se ejercerá una presión completamente igual á la que sufre la parte de líquido que toca inmediatamente á la base del piston P. Se deduce de aquí igualmente, que si uno de los pistones tuviese una base doble, también lo sería la presión que debe sufrir; siendo triple ó cuádrupla si lo fuese el área del mismo.

No es difícil darse cuenta del fenómeno, recordando la movilidad de las moléculas, la poca compresibilidad del líquido y su notable elasticidad. Cuando el piston P oprime á la

capa líquida con quien se halla inmediatamente en contacto, esta no solamente transmite la presión á la capa que la sigue en el sentido de la acción sufrida, sino que en virtud de la extrema movilidad de las moléculas, también la transmite en el sentido lateral y en todos los demás, por la movilidad citada y por la elasticidad. Lo mismo podemos decir de la segunda capa con respecto á la tercera, y así de las demás hasta llegar á las que tocan á las paredes del vaso.

Lo que acabamos de explicar es aplicable á la acción que la gravedad ejerce sobre la masa líquida, ó lo que es lo mismo, á la presión que sufren las capas líquidas por la acción de las superiores.

144. Los líquidos para estar en equilibrio deben satisfacer á varias condiciones, de las cuales la principal, y que es tria principalmente sobre la igualdad de presión ya explicada, es que *cada una de las moléculas que constituyen la masa sufra presiones iguales en todos sentidos*. Sin dificultad se concibe la imposibilidad del equilibrio si esta condición no está satisfecha, porque una molécula cualquiera que sufriese presiones diferentes, se movería por precisión obedeciendo á la fuerza que fuese preponderante; este movimiento no podría verificarse sin determinar el de todas las que la rodeasen en el sentido del movimiento por el empuje que sufrirían las moléculas de esta parte, y que las obligaría á tomar nuevas posiciones; y en el sentido contrario, porque el sitio que abandonase la molécula que suponemos, sería inmediatamente ocupado por la mas próxima; el que esta dejase lo sería por la siguiente, y así prosiguiendo; de modo que perdido el equilibrio en una molécula, este se alteraría en toda la masa.

Esta condición de equilibrio nos dice indudablemente que existe una *presión de abajo arriba*, enteramente igual á la de *arriba abajo*. Para probarlo se toma un cilindro de vidrio, abierto por ambas estremidades, se le cierra en seguida por su parte inferior con un obturador C (fig. 44) que lleva un cordón D, el que deberemos mantener tenso para que la plancha no caiga. En esta disposición se le introduce en un vaso que tenga líquido, y luego que esto se verifica se abandona el cordón, quedando sostenido el obturador evidentemente por la presión que sufre de abajo arriba. En seguida se echa agua dentro del tubo, y se nota que el fondo no se desprende hasta que la altura del agua coincide próximamente con la superfi-

cie exterior AB, lo que nos prueba que *la presion de abajo arriba es igual á la de arriba abajo.*

145. Otra de las condiciones de equilibrio es relativa á la *superficie*, la cual no permanecerá en equiilibro sino en tanto *que sea perpendicular á la resultante de todas las fuerzas que la soliciten.* Si estas fuerzas fuesen solo las de la gravedad, *la superficie será horizontal, y plana* si su estension no es muy considerable. Supongamos un vaso (*fig. 45*) en que la superficie del liquido sea AB; las moléculas de esta superficie, estando solicitadas por la accion G de la gravedad en una direccion oblicua al plano inclinado, se verificará como sabemos la descomposicion en dos fuerzas; una perpendicular al plano, que será destruida por la impenetrabilidad del liquido; y otra paralela con la que descenderán hasta A, elevándose de esta parte el liquido y deprimiéndose en B hasta quedar en la horizontal AB'.

Aun existe otra condicion relativa á los liquidos de densidad diferente, que nos dice que *cuando se echan en un mismo caso*, y suponiendo que no tienen accion quimica sensible, *se colocan en el orden de sus densidades, y las superficies de separacion son paralelas entre sí.* Esto se observa echando en un vaso mercurio, agua y aceite, cuyos liquidos se colocan en el orden que van escritos, y sus superficies resultan sensiblemente paralelas.

146. Examinadas las condiciones para el equilibrio de los liquidos, nos dirigimos ahora á examinar las presiones que sufren las paredes de los vasos en que están encerrados. *La presion que sufre el fondo de un vaso está dada por el peso de una columna liquida, cuya base es el fondo considerado, y la altura es la distancia desde el centro de gravedad de la base á la superficie superior ó de nivel*, cualquiera que sea la forma del vaso y aun la cantidad de liquido que encierre, siempre que la base y la altura permanezcan las mismas.

Sea para esto un vaso ABEF (*fig. 46*) lleno de liquido hasta ST; la presion que sufrirá el fondo AB, siendo las paredes laterales verticales, como manifiesta la figura, está dada por el peso de la columna liquida que contiene, cuya base es AB, y la altura CD. Si el vaso tuviese la forma ABGH, siendo MN el nivel del liquido, la presion sobre el fondo sería aun la misma, porque considerando solidificado todo el liquido comprendido en el espacio BTN y el AMS nos resultará un vaso igual

al anterior, y las partes solidificadas no ejercerán accion alguna sobre la base. Seria la presion la misma en el caso de ser el vaso AILB, cuya base y altura permanecen tambien las mismas; porque en virtud de la igualdad de presion las moléculas que tocan á la pared superior IL están solicitadas por la columna líquida que se eleva hasta D; y como han de transmitir la presion en todas direcciones, lo verificarán sobre AB; y cada una de las partes del fondo se hallará oprimida por el peso de una columna líquida, cuya altura será CD.

El aparato que sirve para comprobar este principio, que se conoce con el nombre de *paradoja hidrostática*, se compone (fig. 47) de un tubo encorvado AB; sobre la parte B se atornillan sucesivamente vasos de las tres formas; habiendo llenado de mercurio el tubo AB, y llenándolos de agua hasta una misma altura, se ve que el mercurio se eleva siempre en A la misma cantidad, lo que prueba que se halla igualmente oprimido en los tres casos.

Este principio nos da medios de ejercer sobre una superficie dada presiones enormes con una corta cantidad de líquido, puesto que bastará dar al vaso la forma del ABIL en la fig. 46, y hacer que el tubo central tenga gran elevacion y poco diámetro, y el efecto será el mismo que si sobre la base propuesta se elevasen paredes verticales á la altura del tubo.

Es necesario no confundir la presion sobre el fondo con la que ejerce el vaso y el líquido sobre el obstáculo en que insiste; pues que si los tres vasos se colocasen sucesivamente en el platillo de una balanza, no queda duda alguna que el peso seria diferente en cada uno de ellos.

147. *La presion sobre las paredes laterales está representada por el peso de una columna líquida, cuya base sea la estension de pared que cubre el líquido, y la altura la distancia del centro de gravedad de la pared á la superficie superior ó de nivel.* Sea un vaso ABMN (fig. 48), en el que supondremos dividido el líquido en capas de igual espesor: la primera ejercerá una presion tanto vertical como lateralmente muy pequeña, puesto que no sufre el peso de otra alguna; la capa siguiente ya ejercerá mayor presion por sufrir y transmitir la de la que tiene sobre sí, y así prosiguiendo; de modo que las presiones, creciendo con la profundidad, la última ejercerá la misma que sobre el fondo. Vemos que las presiones, aunque paralelas y normales á la pared, no son iguales, y que en ca-

da uno de sus elementos solo influye la distancia á que se encuentra de la superficie de nivel; luego la presión está dada por el peso de una columna líquida, cuya base es BD y la altura GE, distancia del centro de gravedad G de la pared á la superficie de nivel. Esta presión es independiente de la distancia CD á que puedan hallarse las paredes, y por lo mismo de la cantidad absoluta de líquido. Siendo la presión perpendicular á la pared, esta será la dirección que tomará el líquido en el momento de su salida si imaginamos un orificio practicado en cualquier punto.

LECCION XXVII.

Equilibrio de los sólidos en vasos comunicantes.—Aplicaciones de esta propiedad.—Circunstancias que presentan los sólidos sumergidos en los líquidos.—Principio de Arquímedes.

148. Si echamos un líquido en un tubo de brazos comunicantes (fig. 49) el nivel se pondrá en ambos á la misma altura AB; porque si imaginamos una lámina líquida en D, esta para hallarse en equilibrio, ha de sufrir presiones iguales y contrarias, y la columna de líquido que de cada lado la solicita, teniendo una base común que es la lámina considerada, debe por precisión tener igual altura. En esto, y recordando lo ya explicado, no tiene influencia alguna la relación que pueda existir entre la magnitud de los vasos; así que un gran depósito de agua se equilibrará en este sentido con un tubo de un calibre cualquiera, siempre que no sea excesivamente estrecho. En esto está fundado el nivel de agua y la conducción de este líquido en casos determinados.

Si en cada uno de los tubos ó vasos se colocase un líquido diferente, ya entonces las alturas no serian las mismas, hallándose, como mas adelante examinaremos, en razón inversa de sus densidades.

149. Un sólido introducido en un líquido, desaloja una parte del mismo igual exactamente á su volumen, en razón á la impenetrabilidad, y además pierde de su peso una cantidad igual al peso del líquido desalojado. Fácil es darse cuenta de que debe ser así, imaginando en lo interior del líquido un volumen cualquiera del mismo solidificado, y observando que sufrirá presiones sobre todas sus caras, que le forzarán á estar

en equilibrio como anteriormente lo estaba sin convertirse en sólido, en el supuesto que por esta acción su densidad permanezca la misma. Si en vez del líquido solidificado se supone un cuerpo sólido cualquiera, le sucederá esactamente lo mismo; pero se irá al fondo si pesa mas que el volúmen de líquido desalojado, permanecerá en equilibrio si pesa lo mismo, y se dirigirá á la superficie para flotar ó nadar cuando pese menos. Esto nos dice, como ya sabemos, que hay una presión de abajo arriba que hasta puede hacerse preponderante, como sucederá cuando el cuerpo pese menos que el volúmen que desaloja; y como estar solicitado en este sentido es pesar menos *los cuerpos pierden por su inmersión en un flúido una parte de su peso representada por lo que pesa el volúmen de flúido desalojado.*

Para comprobar esta propiedad se pone en equilibrio en una balanza (*fig. 50*) un aparato que consta de dos cilindros metálicos, suspendidos uno de otro, el inferior macizo y el superior hueco, de modo que sea el molde esacto del otro. Se introduce el inferior en el agua, é inmediatamente el equilibrio se altera, y para restablecerle no hay mas que llenar de agua el cilindro hueco, es decir, añadir un cilindro de agua, igual esactamente al inferior, lo que nos dice que esta es la cantidad que espresa su pérdida de peso.

150. Este principio, debido á *Arquimedes*, da lugar á numerosas aplicaciones, de las que veremos la principal en la leccion siguiente. En el caso de que el cuerpo pese menos que el volúmen de líquido desalojado, la presión de abajo arriba haciéndose preponderante, el cuerpo se dirigirá á la superficie, donde flotará y quedará en equilibrio cuando la presión de arriba abajo sea igual á la de abajo arriba; esto es, cuando el peso del cuerpo sea igual al del volúmen desalojado; y como este será menor que el del cuerpo, en razon á que para flotar ha de haber una parte del mismo dentro y otra fuera del líquido, decimos que *los cuerpos flotantes desalojan una porción de líquido, cuyo peso es igual al suyo.* Este principio que es solo una consecuencia del anterior, da lugar tambien á aplicaciones del mayor interés, fundándose en el mismo la navegación en general.

LECCION XXVIII.

Aplicacion del principio de Arquimedes á la determinacion de las densidades de los cuerpos.—Procedimientos diversos sin el empleo de los areómetros.

151. Hemos dado el nombre de masa á la suma de las moléculas que componen un cuerpo; y esta masa ó *cantidad de materia, referida á la unidad de volúmen*, es lo que llamamos *densidad*.

Las densidades por lo mismo no pueden determinarse de un modo absoluto, sino solo relativamente á un cuerpo que se toma por unidad; este cuerpo es el *agua destilada y á su máximun de densidad*; al cual se ha dado la preferencia por la facilidad de obtenerla en todas partes y en igual grado de pureza, además de la comodidad que ofrece para procurarse volúmenes iguales á los de los cuerpos cuya densidad se busca,

— Los pesos de los cuerpos, siendo proporcionales con las masas, y deduciéndose de la definicion misma de la densidad, que es la relacion entre la masa y el volúmen, tendremos $D = \frac{P}{V}$, de donde $P = VD$. Supongamos otro cuerpo cualquiera, y será $P' = V' D'$, y formando proporcion $P:P' :: VD:V' D'$, lo que nos dice que *los pesos de dos cuerpos son entre sí como el producto de sus volúmenes por las densidades*. Si los volúmenes fuesen iguales, seria $P:P' :: D:D'$; esto es, que *los pesos serán como las densidades*. Si fuesen las densidades iguales, los pesos serian como los volúmenes $P:P' :: V:V'$, y finalmente si los pesos fuesen iguales $P=P'$ tendríamos $VD=V' D'$, de donde $V:V' :: D':D$, que nos dice que *los volúmenes se hallarian en razon inversa de las densidades*.

152. Para averiguar la densidad de un cuerpo cualquiera, todo estará reducido á tener volúmenes iguales del cuerpo que se toma por unidad y del propuesto, y la relacion de sus pesos será la de las densidades. Supongamos un cuerpo sólido cuya densidad buscamos; le pesaremos cuidadosamente empleando el método de las dobles pesadas, en seguida tomaremos un frasco de boca ancha lleno de agua destilada y á su máximun de densidad, y colocándole en el platillo en que se halle el cuerpo haremos un nuevo peso con ambos á la vez; verificado

esto introduciremos el cuerpo dentro del frasco que hará derramar evidentemente un volumen de agua igual al suyo, lo pesaremos de nuevo, y faltará exactamente el peso del agua que se ha derramado; así es, que esta falta nos dice precisamente el peso de un volumen de agua igual al del cuerpo. Con estos datos diremos p peso del agua es á p peso del cuerpo como 1 densidad del agua es al cuarto término que nos dará la densidad buscada, es decir, $p : p :: 1 : x$ de donde $x = \frac{p}{p}$.

Vemos, pues, que todo está reducido á dividir el peso del cuerpo por lo que pesa un volumen igual de agua. De aquí ha tomado origen la denominacion de *pesos específicos* con que se designa vulgarmente esta operacion. La determinacion del volumen del agua puede obtenerse por el principio de Arquímedes pesando el cuerpo dentro del agua y averiguando lo que pierde de su peso, cuyo procedimiento ahorra una operacion ó peso, comparado con el anterior.

Si el cuerpo fuese menos denso que el agua, ó como vulgarmente se dice mas ligero, seria necesario para obligarle á que se introdujese en el liquido, añadirle otro cuerpo mas denso, teniendo en cuenta lo que este cuerpo adicional pesase en el aire y en el agua para descontarlo del total. Si fuese capaz el cuerpo propuesto de embeber agua se le pesaria en el aire, y luego se le dejaria en contacto con el agua el tiempo suficiente para que embebiese cuanta fuese dable, y pesándole en seguida sabriamos la cantidad que habriamos de descontar de la que desalojase introduciéndole en el liquido: sin embargo, como no es fácil asegurarse de que todos los poros se han llenado, el medio mas exacto seria reducir el cuerpo á polvo, y verificar la operacion, teniendo cuidado de hacer hervir un poco el agua para desalojar el aire que siempre habrá entre las partículas del mismo.

Si el cuerpo se alterase por su inmersion en el agua, tendríamos necesidad de emplear otro liquido que no ejerciese accion sensible sobre el mismo; se procederia enteramente del mismo modo que con el agua, y diríamos p peso del liquido es á p peso del cuerpo como d densidad del liquido es al cuarto término que da la densidad buscada; esto es,

$p : p :: d : x$, y de aquí $x = \frac{p}{p} \times d$. Está reducida la opera-

cion á dividir el peso del cuerpo por el de un volúmen igual del líquido empleado y multiplicar esto por la densidad del mismo líquido, lo cual nos dará la densidad del cuerpo con relacion al agua.

153. La determinacion de las *densidades de los líquidos* se verifica en general del mismo modo, y tomando tambien el agua por unidad. Para tener volúmenes iguales de agua y del cuerpo propuesto se tomarán dos vasijas, exactamente iguales, ó mejor una misma que se pesará llena sucesivamente de los dos líquidos, descontando siempre el peso del vaso, en cuyo caso tendremos volúmenes iguales y pesos diferentes, procediendo con estos datos absolutamente del mismo modo que hemos explicado para los sólidos.

En estas investigaciones hay que tener en cuenta la temperatura, y hacer por consiguiente correcciones, de que nos ocuparemos al tratar del fluido imponderable llamado calor.

Para la determinacion de la *densidad de los gases* hay que proceder sensiblemente como con los líquidos, á diferencia del cuerpo tomado por unidad que es el *aire atmosférico* en este caso; pero teniendo en cuenta las correcciones de temperatura y de presion, de que nos ocuparemos en otro lugar.

Al explicar la compresibilidad de los sólidos hicimos notar la casi imposibilidad de obtenerla directamente; pero decíamos que era propiedad que los correspondia porque al ser batidos ú oprimidos aumentaban de densidad: ahora puede juzgarse ya de la importancia y exactitud de la prueba, puesto que aumentar la densidad solo puede conseguirse disminuyendo el volúmen, y disminuir de volúmen es lo que constituye la compresibilidad.

LECCION XXIX.

Teoría y aplicacion de los areómetros, sean de volúmen constante ó de volúmen variable.

154. Los *areómetros* son aparatos flotantes que sirven para determinar las densidades de los líquidos en general. Entre los aparatos diversos que se conocen bajo esta denominacion, merece el lugar preferente el debido á Fahrenheit: se compone (*fig. 51*) de un cilindro hueco A de vidrio que lleva en su parte inferior una capacidad B llena de mercurio

á fin de que flote verticalmente, y en su parte superior una varilla delgada terminada por una cápsula pequeña. Se le hace flotar en agua destilada obligándole á introducirse hasta que la señal D trazada en la varilla coincida con la superficie de nivel, lo cual se llama enrasar, para lo cual será necesario colocar pesos conocidos en la cápsula: en este estado desalojará un volumen de agua, cuyo peso será el del aparato, mas los pesos colocados en la parte superior. Se le hace flotar é introducirse hasta la misma señal en el liquido, cuya densidad se busca, para lo cual serán necesarios pesos diferentes de los anteriores, y esto nos dará el peso de un volumen de liquido igual al anterior, pues que el aparato se ha sumergido hasta la misma señal; teniendo pues volúmenes iguales y pesos diferentes, será fácil deducir la densidad del liquido por el mismo medio explicado en la leccion anterior.

155. Una ligera modificacion en el aparato descrito le hace á propósito para la determinacion de las densidades de los sólidos. El aparato (*fig. 52*) se compone de un cilindro hueco de metal A, llevando en su parte inferior un cono B invertido y lleno de plomo para que sirva de lastre, y en su parte superior una varilla delgada con la cápsula C y la señal de enrase D, como en el areómetro anterior. Para hacer uso de este aparato se empieza colocando pesos en C hasta que enrase, se quitan luego estos y se coloca el cuerpo añadiendo los pesos que sean necesarios para que el enrase se verifique nuevamente, y estaremos seguros de que la diferencia entre los pesos colocados en ambas ocasiones nos espresa fielmente lo que el cuerpo pesa en el aire. Quitaremos de C el cuerpo, dejando los pesos que le acompañaban, y le colocaremos en E sujetándole con el tornillo F; en este caso, encontrándose el cuerpo dentro del agua, no enrasará el aparato si no colocamos en C nuevos pesos, que nos dirán lo que el cuerpo ha perdido por su immersion en el liquido. De modo que con este aparato, llamado *gravímetro de Nicholson*, conocemos en los sólidos su peso en el aire y en el agua, que son los datos necesarios para averiguar su densidad. Estos aparatos son de volumen constante, puesto que se introducen siempre hasta una misma señal.

156. Pueden construirse areómetros de volumen variable para la determinacion de las densidades de los líquidos. Se componen (*fig. 53*) de un cilindro de vidrio hueco A, lastrado

convenientemente para que en el agua se introduzca hasta la mitad B de la varilla. Si dividimos la varilla en partes iguales y alicotas del volumen del aparato, no ofrecerá dificultad la determinación de las densidades. Introduciéndole en agua destilada sabemos que se sumergirá hasta B, y haciéndolo en el líquido, cuya densidad buscamos, se introducirá mas si el líquido es menos denso, y menos en el caso contrario: las señales de la varilla nos dirán los volúmenes desalojados, y como el peso será el mismo siempre, puesto que será igual al del aparato, y cuando esto se verifica los volúmenes se hallan en razón inversa de las densidades, estableciendo la proporción tendremos la densidad buscada.

La disposición de los areómetros que preceden, siendo difícil de disponer hasta cierto punto, y exigiendo al mismo tiempo bastantes correcciones, se ha adoptado otra división en el aparato, que si bien no sirve en rigor para dar la densidad de los líquidos, sirve para indicarnos el grado de pureza, de mezcla ó de concentración de estos cuerpos, de donde les ha venido el nombre de *pesa-licores*, *pesa-sales*, *pesa-ácidos*, etc., según el cuerpo para que se han dispuesto.

El areómetro de *Beaumé* se halla lastrado de manera que se introduzca en el agua destilada hasta la estremidad superior del vástago, en cuyo punto coloca el cero. Le introduce en seguida en una disolución de 85 partes de agua y 15 de sal marina, marcando 15 en el punto del vástago que corresponda á la superficie de nivel, dividiendo en 15 partes iguales la distancia que le separa del cero y prolongando estas divisiones hasta el cilindro.

Este aparato, según ya hemos indicado, no da las densidades de los líquidos, pero introduciéndole en diferentes disoluciones de una misma sal se conocerá la mas saturada, y por consiguiente mas densa, porque será aquella en que el flotador se introducirá menos, sucediendo una cosa igual respecto de los ácidos. Este areómetro se introduce hasta 66° en el ácido sulfúrico concentrado, y se sumergirá tanto mas cuanto el ácido sea menos denso ó contenga mayor cantidad de agua.

Siendo de mucho interés en el comercio conocer la cantidad de alcohol que contienen los líquidos espirituosos, *Beaumé* ha adoptado para conseguirlo la graduación siguiente: introduce el aparato en una disolución de 90 partes de agua y 10 de sal marina, y marca cero en el punto que toca á la

superficie líquida. Le sumerge en seguida en el agua destilada y marca 10 en el punto de enrase, divide el espacio comprendido entre ambos puntos en 10 partes iguales, y prolonga las divisiones hasta la parte superior de la varilla. Un licor tendrá tanto más alcohol cuanto más se introduzca la varilla; así el común marca 55° y el alcohol puro 45°. Otro pesalicores se usa, debido á Cartier, cuya division ó graduacion tiene distinta colocacion.

Debemos á Gay-Lussac otro areómetro, que indica el volumen de alcohol que se halla en una mezcla de este líquido y de agua, por la sola inspeccion del grado ó punto de enrase. Para graduarle se le introduce en alcohol puro lastrándole de modo que el nivel del líquido coincida con la estremidad superior de la varilla, y marcando 100 en este punto, se hacen mezclas de agua y de alcohol que contengan 95, 90, etc., hasta 0 partes en volumen del segundo; para 5, 10, 15, etc., hasta 100 de la primera, y en los puntos de enrase se marcará 95, 90, 85, 80, etc. hasta 0, dividiendo luego cada uno de estos intervalos en 5 partes iguales. Este aparato nos da las centésimas partes de alcohol puro en una mezcla de este líquido y de agua. Supongamos que en un volumen de 180 cuartillos, el instrumento marca 50; esto nos dice que la parte de alcohol puro es solo de $180 \times 0,50 = 90$ cuartillos.

Este aparato necesita correcciones que se refieren á la temperatura, pues que esta hace variar las densidades de los líquidos; así que el mismo punto de enrase en dos temperaturas distintas no indica el mismo volumen de alcohol. El autor ha construido tablas para poder verificar cómodamente estas correcciones.

Densidades de los sólidos tomando el agua por unidad.

Platino batido.	25,00
Id. sin batir.	21,53
Oro forjado.	19,36
Id. fundido.	19,26
Plomo.	11,44
Plata.	10,47
Bismuto.	9,82
Cobre en alambres.	8,96
Id. fundido.	8,79

Latón	8,59
Acero	7,82
Hierro en barras	7,78
Estaño	7,28
Hierro fundido	7,21
Zinc	6,86
Rubi	4,28
Topacio	4,01
Diamante	3,55
Flint-glass	3,53
Turmalina	3,45
Mármol	2,84
Esmeralda	2,77
Perlas	2,75
Carbonato de cal	2,72
Cristal de roca	2,65
Sulfato de cal	2,51
Azufre	1,99
Marfil	1,92
Fósforo	1,77
Ambar	1,08
Sodio	0,97
Hielo	0,95
Potasio	0,86
Corcho	0,24

Cuerpos líquidos.

Mercurio	13,59
Acido sulfúrico	1,84
Id. nítrico	1,51
Agua del mar	1,02
Leche	1,05
Agua destilada	1,00
Aceite de olivas	0,92
Alcool	0,79
Eter sulfúrico	0,72

Cuerpos gaseosos.

Cloro	2,42
-----------------	------

Acido sulfuroso.	2,25
Acido carbónico.	1,55
Oxígeno.	1,10
Aire atmosférico.	1,00
Nitrógeno.	0,97
Vapor de agua.	0,62
Hidrógeno.	0,07

LECCION XXX.

Movimiento de los líquidos.—Salida por orificios practicados en pared delgada.—Reacción que produce la salida.—Determinación del gasto ó cantidad de líquido derramado.

157. Siendo la movilidad una propiedad general de los cuerpos, y comprendiendo á los líquidos por lo tanto, estos adquieren un movimiento siempre que las fuerzas que los solicitan no se encuentran destruidas por obstáculos invencibles para ellas. Asi es como se verifica la salida de un líquido por un orificio practicado en alguna de las paredes de un vaso; porque faltando un trozo de esta pared, la presión que sufría, no estando ya destruida, producirá su efecto sobre las moléculas de líquido que la tocaban: y como el sitio que estas abandonen por las siguientes, y así prosiguiendo en virtud de lo que ya sabemos respecto á las presiones ejercidas y á la movilidad de los líquidos, la salida no cesará hasta agotarse el líquido si el orificio se halla en el fondo y este es plano y horizontal, ó hasta que el nivel deje descubierto el orificio en el caso de hallarse este en pared lateral.

158. *La velocidad con que un líquido sale por un orificio es igual á la que adquiriría un cuerpo grave cualquiera cayendo libremente en el vacío de una altura igual á la que tiene la superficie de nivel sobre el orificio.* Este teorema, debido á Torricelli, se demuestra fácilmente considerando un vaso A (fig. 54) lleno de líquido hasta DE, y en cuyo fondo hay un tubo provisto de una llave C, que se encorva paralelamente á la pared lateral del vaso, cuya altura iguala. Si abrimos la llave C, el líquido, por lo ya explicado, se elevará hasta F exactamente; luego las moléculas que estaban inmediatas á la llave han sido, ó mejor se hallaban solicitadas por una fuerza

capaz de hacerlas elevar hasta F; y como para elevarse á una altura dada se necesita una velocidad igual á la que seria adquirida cayendo de igual altura, tenemos que la velocidad de la salida de los líquidos está dada del modo que dice el enunciado de la proposicion.

Si imaginamos un vaso lleno de liquido, y libremente suspendido de un hilo, perderá la posicion vertical en cuanto se haga en el vaso una abertura lateral y el liquido empiece á salir por ella. Supongamos un vaso A (*fig. 55*) suspendido del punto C y con una abertura lateral, faltando la presion en la parte del orificio, la ejercida en direccion contraria se hace preponderante y obliga al vaso á tomar la posicion B; de modo que si fuesen dos vasos invariablemente unidos, y cuyas aberturas estuviesen opuestas, tomara el aparato un movimiento de rotacion en virtud del par de fuerzas que se produciria, dando lugar á la máquina conocida con el nombre de *molino de reaccion*.

159. La cantidad de liquido derramado, ó como acostumbra á decirse, el *gasto*, depende necesariamente de la presion que sufre el orificio, ó en otros términos, de la velocidad; depende tambien de la magnitud del orificio y del tiempo que el liquido esté saliendo. *En la unidad de tiempo saldrá un prisma liquido cuya base será el orificio y cuya altura será el espacio que la primera lámina de liquido haya corrido durante esta misma unidad; esto es, la altura será la velocidad.* En T unidades saldrán T prismas iguales al primero, de modo que el gasto será $G = SVT$, llamando S la superficie del orificio, V la velocidad y T el tiempo.

Para que la salida sea uniforme es necesario que la velocidad V sea constante; y como esta depende únicamente de la altura, será por tanto indispensable para conseguirlo que el nivel del liquido no varie, lo cual puede obtenerse haciendo llegar al vaso una cantidad de liquido igual á la que se derrama, ó por otros medios que examinaremos. Si al vaso no le llegase liquido alguno, el nivel bajaria, y por tanto la altura disminuiria, y con ella, la velocidad, resultando un movimiento retardado; sucediendo lo contrario en el caso de llegar mayor cantidad de liquido que la gastada. Siendo la velocidad en este caso lo que en otro hemos llamado velocidad debida á una altura, será $v = \sqrt{2gh}$, y la expresion anterior $G = ST\sqrt{2gh}$.

160. Este es el llamado *gasto teórico*, porque recogiendo

el líquido que sale de un depósito se encuentra siempre una cantidad menor. Proviene esta diferencia de que agrupándose las moléculas á la salida, formando filetes que convergen en todas direcciones en el orificio, se forma un cruzamiento de los mismos, que produce á una distancia igual al semidiámetro del orificio, una seccion que es los $\frac{5}{8}$ de la del mismo orificio, cuya seccion, que se conoce con el nombre de *contraccion de la vena flúida*, hace que el gasto sea los $\frac{5}{8}$ del deducido de modo que la espresion será $G = \frac{5}{8} ST \sqrt{2gh}$.

En el caso de no llegar líquido alguno al vaso propuesto, la velocidad disminuirá segun llevamos explicado, de modo que *las alturas de los prismas líquidos que salen, serán como los cuadrados de los tiempos; ó lo que es lo mismo los tiempos serán como las raíces cuadradas de las alturas*; de forma que teniendo un vaso de una altura cuadrupla, tardará solo un tiempo doble en vaciarse respecto de otro cuya altura sea la unidad; y de las cuatro partes en que podemos dividir el líquido que aquel contiene saldrán tres en el primer periodo, ó sea en el mismo tiempo que se desocupa el vaso que tomamos por unidad. Sean para esto (fig. 56) los tres vasos A, B, C, cuyas alturas son 1, 3, 4; si llenamos de líquido los dos A y C, disponiendo el B de manera que recoja el líquido que salga de C, observaremos desatápándolos al mismo tiempo, que el vaso B se llena exactamente en el mismo tiempo que emplea A para desocuparse enteramente; lo que nos dice que han salido del vaso C en este tiempo los $\frac{3}{4}$ del líquido que contenia; y como si el vaso mayor tuviese una altura representada por 9 saldrian 3 partes en el primer periodo, 3 en el segundo, y la última en el tercero, vemos aparecer la série de los números impares hallada en otro lugar; lo que nada tiene de sorprendente toda vez que la gravedad es la fuerza que determina la salida del líquido.

Esta misma circunstancia de ser debido el movimiento á la gravedad explica por qué la vena líquida se adelgaza cuando desciende y se ensancha cuando se eleva: en el primer caso descienden las moléculas con movimiento uniformemente acelerado, y, á pesar de la adherencia que tienen entre sí, han de ir por precisión adelantándose cada vez mas las que salieron primero respecto de las siguientes, y así continuando, de donde resulta el ahilamiento del chorro ó vena; y en el caso segundo se elevarán con movimiento uniformemente retardado; así que, las que van delante son empujadas

por las que las siguen, de donde resulta el aumento de diámetro ó ensanchamiento de la vena. La vena sin embargo no se adelgazará, aun cuando se dirija de alto abajo, si los bordes del orificio no estan bien limpios, ó si el líquido se halla agitado en lo interior del vaso.

La medida de las aguas corrientes, se valúa generalmente en *pulgadas de agua ó de fontanero* que representa la cantidad de agua que sale en 24 horas por un orificio de una pulgada francesa de diámetro, con una carga constante de 7 líneas sobre el centro; lo cual produce 560 pies cúbicos, que es proximamente igual á 20 metros cúbicos=20,000 litros=40,000 cuartillos.

La media pulgada es lo que produce un orificio de $\frac{1}{2}$ pulgada con la misma carga de 7 líneas sobre el centro; lo que dá $\frac{1}{4}$ de la pulgada, y respectivamente la línea es $\frac{1}{144}$ de la misma.

En Madrid se mide por *reales*, llamándose *real de agua* la cantidad que corre en 24 horas por un orificio de 6,5 líneas de diámetro con la carga de una línea sobre el orificio; lo que dá 149 pies cúbicos=240 arrobas=96 cubas de 2 $\frac{1}{2}$ arroba=6557 $\frac{1}{3}$ cuartillos.

LECCION XXXI.

Salida por tubos adicionales de diferentes formas.—Salida por tubos largos.

161. Si en el orificio de salida de un líquido se coloca un tubo adicional que no exceda en longitud del cuádruplo del diámetro próximamente, las condiciones de la salida se hallan notablemente alteradas. La contraccion y direccion de la vena permanecen las mismas; pero suponiendo al tubo cilíndrico y del mismo diámetro que el orificio, la velocidad aumenta y con ella la cantidad de líquido que sale en un tiempo dado, en la relacion de 133 á 100, siempre que el líquido moje al tubo. No es difícil darse cuenta del efecto que el tubo cilíndrico produce, porque la adherencia de las moléculas líquidas con las paredes interiores hacen que salga la vena llenando el tubo, ó como suele decirse, á boca llena, presentando un diámetro mayor del que tendria en ausencia del tubo que consideramos.

Si el tubo fuese cónico (*fig. 57*) y la base menor se apoyase en el orificio, el gasto aun estaria aumentado, pudiendo llegar este aumento hasta una mitad. Si el tubo cónico apoyase su base mayor en el orificio (*fig. 58*), el gasto se hallaria disminuido respecto del que seria quitando el tubo y dejando libre el orificio A; pero estaria aumentado comparado con el que tendria lugar siendo B el orificio practicado en pared delgada. De aqui resulta que la disposicion mas ventajosa, y que puede llevar el gasto próximamente al doble, es un tubo que reuna los dos de que últimamente nos hemos ocupado (*fig. 59*), es decir, dos tubos cónicos, cuya base menor es comun para ambos.

162. Los surtidores ó saltadores son tubos de salida que arrojan el agua vertical ú oblicuamente á la altura teórica del depósito; y decimos altura teórica, porque los rozamientos con las paredes y con el aire; á lo que se agrega, cuando el surtidor es vertical, el choque de las moléculas que descenden con las que se elevan, produce siempre una disminucion en la altura respecto de la del depósito.

163. La salida por tubos largos ó de conduccion se halla disminuida por causa del rozamiento que el liquido produce sobre las paredes de los tubos: así que se procura siempre darlos una inclinacion que compense hasta donde sea posible el efecto que el rozamiento produce. Es ventajoso en estos tubos darlos un diámetro tal que nunca los llene el liquido, en cuyo caso la velocidad no se halla tan disminuida; pero esto produce gastos considerables siempre que se escede del limite que la prudencia y la necesidad deben señalar.

La marcha de las aguas por rios y por canales se refiere al caso de tubos de conduccion abiertos por su parte superior; el rozamiento con el fondo y con las paredes retrasa el movimiento; pero una vez el régimen establecido, deben producir en su término ó desembocadura la misma cantidad de liquido y con las mismas circunstancias que la recibieron en la entrada. La velocidad máxima se halla en el medio de la corriente, pero mas abajo de la superficie, pues que en esta todavia el rozamiento con el aire disminuye la velocidad. Debiendo en estos sistemas de conduccion pasar en cada seccion vertical la misma cantidad de liquido y en el mismo tiempo, el movimiento se acelera donde la corriente se estrecha, y por el contrario, es mas lento en donde se ensancha; de aqui

resulta una mayor erosión sobre el fondo en el primer caso, y por lo mismo un aumento de profundidad; y en el segundo por el contrario resulta la elevación sucesiva del fondo por el depósito de masas que la corriente arrastra con mucha dificultad.

Las presiones que sufren las paredes de los tubos cuando el líquido está en movimiento es muy diferente de la que las correspondería en el caso de equilibrio. Si la velocidad del líquido es la que le corresponde respecto á la altura del depósito, *las paredes del tubo no sufren ninguna presión*; pero la sufrirán cada vez mas considerable á medida que los rozamientos vayan disminuyendo la velocidad. En el caso de ser la velocidad mayor de lo que corresponde, *la presión tiene lugar de fuera adentro*, de modo que abriendo un orificio, no solo el agua no sale, sino que entra el aire exterior, produciendo una especie de silbido.

LECCION XXXII.

Determinación del peso y elasticidad del aire.—Pruebas de la presión atmosférica en todos sentidos.

164. Los fluidos aeriformes ó gases sabemos que se diferencian de los sólidos y líquidos por el estado de repulsión entre sus moléculas y por su perfecta elasticidad. La tierra se halla rodeada de una capa de aire de unas 14 leguas de altura vertical, la cual es bien poco considerable comparada con la magnitud del radio terrestre: esta capa de aire, que denominamos *atmósfera*, gira con la tierra, porque si así no fuese sufrirían los cuerpos situados en la superficie terrestre el mismo choque que si, estando la tierra en reposo, la atmósfera girase con la misma velocidad que aquella.

El aire es un fluido pesado, de lo que podemos asegurarnos tomando un globo de vidrio, provisto en su cuello de una llave destinada á establecer ó interceptar la comunicación entre lo interior y lo exterior; se le pesa lleno de aire y despues se le estrae este por medio de la máquina neumática; se le pesa de nuevo, y se ve la disminución de peso que ha sufrido.

Puede tambien asegurarse que es un cuerpo pesado viendo que el principio de Arquímedes se verifica en los gases del mismo modo que en los líquidos. Para esto se toma una pe-

queña balanza (*fig. 60*), que lleva dos esferas de igual masa, pero de volúmen diferente, y que se hacen equilibrio, la esfera A maciza y la B hueca: colocado este aparato bajo una campana en la máquina neumática, y haciendo el vacío, el equilibrio se altera en favor de la esfera B, porque al quitar el aire podemos decir que cada una gana lo que perdía por su immersion en este fluido, y por lo tanto B, cuyo volúmen es mayor, sufría mayor pérdida, por lo que recuperará podemos decir, una cantidad mayor, y su peso se hará preponderante.

De aquí resulta la necesidad de emplear para la averiguacion del peso del aire una vasija de paredes resistentes, pues que si empleásemos una de paredes flexibles, como por ejemplo una vejiga, hallaríamos el mismo peso cuando estuviere llena de aire que cuando no contuviere un solo átomo de fluido. Efectivamente, el peso de la vasija es el mismo, contenga ó no fluido; pero en el caso de ser flexible las paredes se unen y no desaloja como siendo resistentes el mismo volúmen de aire; de forma que si bien le falta el peso del aire interior, también le falta la pérdida de peso que debía sufrir por su immersion en el fluido conservando el volúmen primitivo.

165. Si queremos convencernos del estado de repulsion de las moléculas en los fluidos aeriformes y de la razon con que se los denomina fluidos elásticos, tomaremos una vejiga á medio llenar de aire, y atado fuertemente el cuello la introduciremos debajo de una campana en la máquina neumática; á medida que el aire se vaya extrayendo veremos á la vejiga irse llenando por la expansion del fluido interior hasta llegar á estallar si continuamos la operacion; y si después de bien tensa dejamos entrar el aire, veremos que vuelve á quedar con el volúmen primitivo.

De todo lo espuesto se deduce que el aire ejerce presiones en todos sentidos; y nada hay mas fácil de hacer constar experimentalmente. Se toma un vaso abierto por su parte inferior, y cerrado por la superior con un pedazo de vejiga, se practica por medio de la máquina neumática el vacío en lo interior del vaso, y se ve á la presion de la atmósfera exterior, no estando equilibrada por el aire interior, ir encorvando la vejiga, y concluir haciéndola estallar. Este aparato es el llamado *rompe vejigas*.

Para hacer ver que ejerce presion de abajo arriba tomaremos un vaso comun de boca no muy ancha, introduciremos agua, le cubriremos con una hoja de papel, la cual oprimiremos con la mano en tanto que invertimos la vasija, y dejando libre el papel en seguida, veremos que el agua se mantiene suspendida.

LECCION XXXIII.

Medios de medir la presion de la atmósfera.—Barómetros de diversas formas.

166. Sabiendo ya que la atmósfera ejerce presiones iguales en todos sentidos, se trata ahora de verificar la medida de esta presion. Galileo, de quien ya en otra ocasion nos hemos ocupado, entrevió que la presion del aire atmosférico era la causa de la elevacion del agua en las bombas y en toda capacidad purgada de aquel líquido; propiedad que en su tiempo se atribuía á un pretendido horror de la naturaleza al vacío. Torricelli, discípulo de Galileo, fue el que descubrió la medida de la presion atmosférica, observando que los diferentes líquidos se elevaban en el vacío hasta una altura que estaba en razon inversa de sus densidades; cuando si la causa fuese el horror al vacío, la altura de los líquidos deberia ser la misma para todos, y además seria indefinida.

El experimento se verificó llenando con vino un tubo de treinta y seis pies de largo cerrado por uno de sus estremos; se tapó con cuidado el extremo abierto y se introdujo verticalmente con la abertura dirigida hácia la parte inferior dentro de una vasija llena del mismo líquido, y destapándole se vió que el tubo no permanecia lleno, ni tampoco caia todo el liquido en la vasija, sino que permanecia á una altura de algo mas de 32 pies.

Faltaba repetir el experimento con líquidos de densidades diferentes, y verificado que fué con el mercurio se sostuvo la columna líquida á solas 28 pulgadas. De manera que al ver que la columna líquida tenia un límite, quedaba destruido el horror al vacío y demostrada la presion de la atmósfera; y al ver que las alturas de diferentes líquidos estan en razon inversa de las densidades, quedó medida la misma presion.

Para que ningun género de duda pudiese quedar acerca

de esta cuestion, se discurrió el elevarse á diferentes alturas con un aparato dispuesto segun va dicho, cuyo experimento se practicó en Puy-de-Dome á invitacion de Pascal: el resultado fué el ir descendiendo la columna mercurial á medida que la altura á que el observador se elevaba era mas considerable; lo que debia efectivamente suceder, puesto que en alturas como las que suponemos, la columna de aire que hay encima va teniendo cada vez menos altura, y por lo mismo va ejerciendo menos presion.

167. El aparato que dejamos descrito es el que se conoce con el nombre de *barómetro*, para la construccion del cual hay que observar varias precauciones. Se toma un tubo de vidrio de una vara próximamente de largo, cerrado por uno de sus estremos, y de un diámetro de dos líneas con corta diferencia; se le limpia y seca cuidadosamente en su interior, calentándole para que se disipe toda la humedad que se adhiere tenazmente á las paredes del tubo: hecho esto, se le llena con mercurio muy puro, verificando la operacion en tres ó cuatro veces y calentándole en cada una para que se desaloje el aire que haya podido arrastrar el mercurio en su entrada: lleno ya enteramente, se le tapa con el dedo indice ó el pulgar, y se le invierte introduciendo la parte abierta del tubo en un vaso con mercurio igualmente puro, el cual recibe el nombre de *cubeta*: en seguida se le destapa, y una parte del mercurio cae á la cubeta, quedando suspendida una columna que mide la presion de la atmósfera en el paraje y en el momento en que el barómetro ha sido construido (*fig. 64*). La parte superior del tubo, llamada *cámara barométrica*, es un vacío perfecto en que no hay un solo átomo de aire si, como suponemos, el aparato se ha construido con esmero.

Vemos que en el fondo el barómetro es un tubo de brazos comunicantes, habiendo mercurio en el uno y aire atmosférico en su estado normal en el otro; de forma que la columna de mercurio mide exactamente la presion buscada.

Si la presion de la atmósfera fuese constante, el aparato, marcando constantemente la misma altura, solo seria un experimento transitorio que serviría para manifestar el peso de la atmósfera, pero del que ningun otro partido podría sacarse: pero variando la presion atmosférica con la altura del paraje en que nos encontremos y en un mismo sitio, en virtud de causas que mas tarde hemos de examinar, el barómetro es

uno de los mas preciosos aparatos que posee la ciencia, y por lo tanto es necesario que todos ellos sean comparables.

Para medir exactamente la altura barométrica es necesario colocar al lado del tubo una *escala dividida en pulgadas y líneas* cuyo cero ha de coincidir exactamente con la superficie AB del mercurio en la cubeta. Como el nivel en esta cubeta variará con la altura del barómetro, elevándose cuando sea menor la altura en el tubo, y al contrario; el cero quedará frecuentemente mas alto ó mas bajo del nivel con el que en todos los casos es indispensable hacerle coincidir. Entre los varios caminos que pueden seguirse para remediar esta dificultad, el que con mejor éxito se ha empleado consiste en hacer que el fondo de la cubeta sea movable, disponiéndole de modo que por medio de un tornillo se le obligue á descender ó elevarse, lo que producirá igual variación en el nivel, y se podrá conseguir la coincidencia.

168. Se puede disponer el barómetro sin cubeta aparente (*fig. 62*) encorvando el tubo en su parte inferior, en cuyo caso tenemos el *barómetro de sifon*. En este aparato sirve de cubeta la rama más corta, y la altura barométrica se mide por la diferencia de la altura del mercurio en las dos ramas; y para conseguir con facilidad la estimacion de esta diferencia se coloca una escala en cada rama, cuyo cero se halla sobre una recta AB; estando reducida la operacion á restar la altura menor de la mayor.

Para transportar los barómetros, de modo que no sufran alteracion, se los inclina de modo que se llene el tubo completamente, se cierra por medio de una llave dispuesta al efecto la comunicacion con el aire exterior, y se invierte completamente el aparato. El barómetro (*fig. 63*), debido á Gay-Lussac, es de sifon, y puede transportarse sin necesidad de llave ninguna; el brazo corto se halla cerrado, quedando solo un orificio A muy pequeño para que entre el aire á ejercer su presion; la parte BC está formada por un tubo muy estrecho, y dispuesto de modo que, suspendido el aparato libremente, el centro de gravedad se halle en la prolongacion del eje del brazo mayor; este barómetro para el transporte no necesita mas que inclinarse para que el tubo se llene, é invertirlo en seguida.

Aunque no sirve para operaciones delicadas, no se debe pasar en silencio el tan comun *barómetro de cuadrante* (*figu-*

ra 64), el cual no es mas que un barómetro de sifon, uniéndose á él en la montura del aparato una polea fija A, de la que por medio de un hilo penden dos pesos B y C, de los que el primero debe ser un poco mayor que el segundo: el peso B se introduce en la rama mas corta y descansa sobre la superficie del mercurio, de modo que en las variaciones de esta, el cuerpo B, siguiéndolas por precision, hace que la polea gire en uno ú otro sentido, lo que se hace sensible por medio de una aguja DE que gira con la polea y marca en una circunferencia convenientemente dividida las variaciones del instrumento.

El *barómetro aneroides*, consiste en una caja cilindrica de cobre cuya base superior es suficientemente delgada y elástica, y cuyo interior cerrado herméticamente lleva hecho el vacío hasta cierto punto. La presión variable de la atmósfera, hace que la lámina delgada de que va hecho mérito, sufra una flexion mas ó menos considerable, la que por medio de un sencillo mecanismo se transmite á una aguja que sobre la tapa exterior recorre un círculo dividido, el cual representa las presiones marcadas por comparacion. Este aparato es cómodo y sensible, pero no parece que reemplazará nunca al barómetro comun para observaciones que reclamen una gran exactitud.

LECCION XXXIV.

Aplicaciones mas importantes del barómetro. — Constitucion fisica de la atmósfera.

169. El barómetro sufre variaciones ó cambios en la elevacion de la columna mercurial, que son los que podemos decir que constituyen la importancia de este aparato. Estas variaciones son *horarias ó periódicas y accidentales*; las primeras aunque no muy sensibles en nuestros climas, se verifican de modo que la altura de la columna mercurial sufre dos máximos y dos mínimos en las 24 horas del día; siendo los primeros de 8 á 9 de la mañana, y de 9 á 11 de la noche, y los mínimos de 3 á 4 de la tarde y á iguales horas de la mañana. Estas horas cambian en los diversos países y en las diferentes estaciones, por cuya razon van designadas con algun tanto de vaguedad.

Las variaciones accidentales provienen de los cambios que la atmósfera sufre en su densidad, y por consiguiente en su

peso, por la acción de causas que, dependiendo principalmente de la temperatura, no ha llegado aun el momento de esPLICARLAS en estas lecciones.

La altura media del barómetro depende de la elevación que sobre el nivel del mar tenga el punto que consideramos; esta altura media, que acostumbra á designarse con el nombre de *variable*, es de 28 pulgadas francesas al nivel del mar, es decir, en el paraje en que el radio terrestre no está prolongado. Para determinar *la altura media de un paraje dado* es necesario emprender una serie de observaciones largas y penosas, pues que habremos de averiguar la altura media de los diferentes días para venir á deducir la del mes, y de aquí la del año. Para conocer *la variable del día* basta verificar cuatro observaciones: á las 9 de la mañana, al mediodía, á las 4 de la tarde y á las 9 de la noche, y tomar el medio entre ellas; pero es suficiente en nuestros climas una sola observación practicada al mediodía. Reunidas las observaciones de los días del mes, y dividiendo por el número de ellos, se tendrá *la altura media del mes*, y por igual procedimiento se conocerá *la del año*, que de uno á otro presenta muy leves alteraciones: así se conoce la variable ó altura media de Madrid, estimada en 26 pulgadas francesas, iguales á 50 castellanas.

Se ha observado que en general el descenso del barómetro indica lluvia, vientos ó tempestad, y que la subida coincide con lo que llamamos buen tiempo; y aun cuando estas indicaciones no merezcan tanta confianza como el vulgo las atribuye, no merecen tampoco despreciarse, y mucho menos pasar ignoradas y desapercibidas; los artistas tienen cuidado de marcar estas indicaciones al lado de la escala del aparato.

170. El barómetro no solo es, como hemos visto, un instrumento meteorológico, sino que puede darnos la distancia vertical ó altura respectiva de dos puntos dados, por la dependencia que existe entre esta altura buscada y la que en los parajes dados podemos observar en el barómetro. Si la atmósfera tuviese la misma densidad á todas las alturas, la operación propuesta seria sumamente fácil, porque no habria mas que medir la altura del mercurio en ambas estaciones, y averiguar qué altura corresponderia á una columna de aire capaz de sostener una de mercurio igual á la diferencia entre las observadas, lo que daria inmediatamente la altura del paraje que tratamos de conocer; pero la atmósfera, no teniendo

la misma densidad en sus diferentes capas en razon á la compresibilidad del fluido, determinada en cada una por la presion de las que tiene sobre sí, hace que la operacion sea un poco mas difícil y complicada.

Si recordamos la ley de Mariotte, relativa á la compresibilidad de los gases, y de la cual se deduce que las densidades se hallan en razon directa de los pesos comprimentes, notaremos que si imaginamos la atmósfera dividida en capas, estas formarán una progresion aritmética, y las densidades de estas mismas capas darán lugar á una geométrica. Siendo estas densidades proporcionales como hemos visto á las presiones, que son las que nos dá el barómetro, podemos asegurar que, *formando las alturas de la atmósfera una progresion aritmética, las alturas del barómetro forman una geométrica.*

Cuando tenemos dos progresiones, una aritmética que se corresponde con otra geométrica, *los términos de la primera se dice son los logaritmos de los de la segunda*; de donde resulta que *las alturas de la atmósfera son los logaritmos de las columnas de mercurio observadas en el barómetro.* Vemos pues que la altura de un paraje vendrá representada por la diferencia de los logaritmos de las columnas barométricas medidas al pie y en la parte culminante del sitio propuesto.

Se necesitan además varias correcciones, de que nos haremos cargo mas adelante, tales como la capilaridad y la temperatura.

LECCION XXXV.

Máquina neumática, su fundamento y aplicaciones.—Medios de conocer el vacío hecho.—Probeta.

171. La *máquina neumática* está fundada en la elasticidad del aire, y sirve para verificar el vacío en una capacidad dada.

Supongamos (*fig. 65*) un piston P que se puede mover á frotamiento en el cilindro ó cuerpo de bomba correspondiente, que lleva un tubo A con su llave en su base inferior, destinado á atornillar en él los vasos, tales como C, en que se desea verificar el vacío, y otro tubo lateral B, tambien con su llave, y que comunica con la atmósfera. Si el piston P se eleva, estando abierta la llave A y cerrada la otra, se producirá un

vacío en la parte de tubo que el piston abandona, en el cual en virtud de su elasticidad se precipitará el aire contenido en C; si ahora cerramos la llave A y abrimos la B, haciendo en seguida descender el piston, el aire que se estrajo de C se hallará obligado á salir por B y esparcirse en la atmósfera; cerrando la llave B y abriendo la A haremos elevar el piston, y una nueva cantidad de aire procedente de C ocupará el cuerpo de bomba; y será en seguida forzada á salir por B habiendo abierto esta llave y cerrado A como anteriormente, y así prosiguiendo hasta donde nos sea posible llevar el vacío deseado.

En vez de llaves pueden adoptarse *válvulas* (fig. 66) dispuestas de modo que la elasticidad del aire abra la válvula A cuando el piston se eleva, al paso que la presión atmosférica mantiene cerrada la B; y cuando el piston descende, el aire comprimido cierra la válvula A y abre la B para estenderse en la atmósfera, y así continuando.

Esta máquina no produce vacío mas que cuando el piston se eleva, pues que el descenso solo sirve para echar fuera del cuerpo de bomba el aire estraido; y como en algunas ocasiones no solo interesa que el vacío sea tan perfecto como es posible, sino la rapidez de su ejecucion, se ha discurrido el medio de emplear dos cuerpos de bomba dispuestos paralelamente entre sí, comunicando ambos por su parte inferior con el aparato de que el aire quiere extraerse; las varillas de los pistones son dentadas para que engranen con los dientes de una rueda que por medio de un manubrio ó palanca determina la ascension de un piston en el momento en que el otro descende, por cuyo medio se consigue que la extraccion del aire sea continua.

Con el objeto de que el aire no tenga que levantar las válvulas, lo cual cuando el vacío va adelantado suele no ser posible por la poca elasticidad del fluido, se han dispuesto (fig. 67) *válvulas cónicas* A sujetas á una varilla que pasa frotando en el piston, el cual al elevarse levanta la válvula hasta que un tope colocado en lo alto de la varilla choca con la tapa del cuerpo de bomba y detiene su ascenso siguiendo el piston su movimiento frotando con la varilla referida. Cuando descende, lo verifica con él la válvula A cerrando el orificio que comunica con el recipiente, y el piston sigue su descenso frotando como antes en la varilla. La válvula B va em-

bebida en el espesor del piston, y el tubo inferior de salida se encorva para dirigirse á C al centro de un platillo generalmente de vidrio, que recibe el nombre de platina, en el cual se colocan los recipientes, tales como R, en los que se quiere hacer el vacío.

El vacío no puede ser perfecto, aun con las máquinas mejor construidas, en razon á que se dará lugar á una série indefinida formada por las cantidades de aire estraidas; porque si suponemos que el primer pistonazo saque $\frac{1}{6}$ del aire total, el segundo sacará $\frac{1}{6}$ del resto, el tercero $\frac{1}{6}$ de lo que quede, y así prosiguiendo.

172. Para conocer el vacío hecho puede de preferencia emplearse un barómetro que comuniqué con el recipiente, el cual empezará á descender desde el primer pistonazo, y nos marcará el vacío perfecto cuando todo el mercurio cayese á la cubeta, esto es, cuando la columna mercurial se redujese á cero; y en un periodo cualquiera de la operacion la elasticidad del aire estaria medida por la columna de mercurio sostenida. Como no podemos decir que sea vacío útil cuando el mercurio se sostiene á mas de cinco pulgadas de altura, se hace un *barómetro truncado ó probeta*, que consiste en un tubo BAC (fig. 68) encorvado, cerrado en B y abierto en C, teniendo AB la longitud de cinco ó seis pulgadas: la parte AB va llena de mercurio y permanece en tal disposicion por la presión atmosférica que mantendria lleno un tubo aun mas alto, siempre que no escudiese de la altura de la columna barométrica correspondiente al paraje en que el experimento se practicase. La probeta va unida á la máquina neumática colocada debajo de un pequeño recipiente fijo, en el cual se hace el vacío al tiempo mismo que en los aparatos. El mercurio de la probeta no empieza á descender desde los primeros pistonazos, pero lo verifica si en cuanto la elasticidad del aire interior no puede equilibrarse con las cinco ó seis pulgadas de mercurio que constituyen la altura total del aparato. Continuando de actuar la máquina, el mercurio seguirá descendiendo en la rama B y elevándose en la C, y en el caso del vacío perfecto debería quedar á nivel en ambas; pero siempre medirá la tension del aire interior la diferencia de alturas entre las dos ramas.

Las aplicaciones de esta máquina son tan numerosas en los gabinetes de física, que constituye uno de los aparatos mas

indispensables y mas frecuentemente usados; así que nos ha sido indispensable el citarla varias veces antes de haber dado su esplicacion, y en lo sucesivo no faltarán ocasiones en que haya que citarla con frecuencia.

Se puede construir una máquina que tenga las válvulas al contrario que la neumática, la cual se empleará en introducir y condensar el aire en un recinto dado. Esta es la *máquina de compresion*, que tiene usos muy limitados.

LECCION XXXVI.

Bombas para la elevacion de las aguas, su teoria y mecanismo.

—Fuente de compresion.—Idem de Heron.—Pipeta.—

Fuente intermitente.

175. Entendida la construccion de la máquina neumática, pocas palabras bastarán para darse cuenta del mecanismo de las bombas. Imaginemos un cuerpo de bomba (*fig. 69*) con su piston P, en el que va dispuesta una válvula E que se abre de abajo arriba, y un tubo CD que parte del centro de la base D del cuerpo de bomba, en cuyo sitio lleva una válvula que se abre como la anterior, y que se prolonga hasta C bastante mas abajo de la superficie AB del agua del depósito. Suponiendo el piston en D en el punto mas bajo de su carrera, las dos válvulas estarán cerradas y el tubo CD se hallará lleno de aire hasta la superficie del liquido, y de este en lo restante; si elevamos ahora el piston, un vacío se producirá debajo del mismo, la válvula E permanecerá cerrada por la presión de la atmósfera, y la D se abrirá por la fuerza elástica del aire del tubo que pasará á ocupar el espacio vacío del cuerpo de bomba y determinará la ascension del agua en el mismo tubo en virtud de la presión de la atmósfera. Haciendo descender el piston, el aire se comprimirá, cerrará la válvula D y abrirá la E para salir á la atmósfera; elevando nuevamente el émbolo se sacará otra porcion de aire, y el agua subirá aun mas en el tubo; y así proseguiremos hasta que el agua y no el aire sea el agente que levante la válvula D y se introduzca en el cuerpo de bomba, en donde oprimida en seguida por el descenso del piston abrirá la válvula E y pasará á colocarse sobre la cabeza del mismo: elevando ahora el piston, elevaremos con él la columna de agua que tenia sobre sí, la que bus-

cará su salida por H, y al mismo tiempo el vacío producido hará que se llene nuevamente de agua la parte inferior del cuerpo de bomba, la cual pasará encima del piston cuando este descienda y así continuando.

Esta bomba es la llamada *aspirante*, y tubo de aspiracion al CD; con la cual, y atendiendo al papel que representa en ella la presion de la atmósfera, solo puede elevarse el agua en virtud de la aspiracion, es decir, desde la superficie AB hasta el punto mas alto de la carrera del piston, á 32 pies al nivel del mar y á cosa de 24 en Madrid; siendo muy prudente no llegar á este número, ya porque la presion atmosférica no es constante segun sabemos, y ya por la baja que puede sufrir la superficie AB de nivel: pero desde este limite, ó bien sobre la cabeza del piston, puede elevarse el agua cuanto se quiera, siempre que tengamos fuerza disponible.

174. La *bomba impelente* (fig. 70) lleva el piston P sin válvula, el cuerpo de bomba se halla introducido en el líquido, de manera que la superficie AB cubra siempre el piston; el cuerpo de bomba lleva una válvula en su fondo C que se abre de abajo arriba, y un tubo lateral DE, en cuya union D lleva otra válvula que respecto al cuerpo de bomba se abre de dentro afuera. Suponiendo el piston elevado, el agua se pondrá á nivel en el cuerpo de bomba y en el tubo lateral, abriendo para ello ambas válvulas; si ahora se hace descender el piston, el agua comprimida cerrará la válvula C y abrirá la D, elevándose en el tubo DE; al elevar nuevamente el piston, la válvula C se abrirá para dar paso al agua, y la D se cerrará por el peso de la columna liquida elevada en DE; bajando el piston obligará á cerrarse á la válvula C y á elevar el agua en el tubo lateral, y así continuando. En este aparato no hay mas limite para la elevacion de las aguas que el de la fuerza disponible.

175. La *bomba aspirante é impelente* (fig. 71) es la reunion de ambos sistemas; el agua se eleva por el tubo de aspiracion CD, y luego es lanzada en el tubo lateral por la presion verificada en el descenso del piston. Para que la salida del líquido sea continua, se puede adoptar el sistema de dos cuerpos de bomba, análogamente á lo verificado en la máquina neumática, y acompañando ó no á este sistema, colocar un depósito de aire K atravesado por un tubo H que llega hasta cerca del fondo; cuando el agua se eleva por el tubo E una parte

sigue por el tubo H, y otra, estendiéndose en el depósito de aire, obliga á este fluido á comprimirse en la parte superior; en el momento siguiente en que el piston se eleva y el agua no sube por E, el aire comprimido reobra en virtud de su fuerza elástica, y obliga al agua del depósito K á lanzarse por el tubo H; en el periodo siguiente sube el agua por E, comprime nuevamente el aire, y así se continúa. Las bombas de incendios pertenecen generalmente á esta clase.

176. La *fente de compresion* (fig. 72) tiene la misma esplicacion que el depósito de aire, de que anteriormente nos hemos ocupado. Se compone de un vaso A de forma cualquiera, el que lleva un tubo que llega hasta muy cerca del fondo de la vasija. Se llena esta de agua hasta cosa de los $\frac{5}{6}$ de su altura, y en seguida, por medio de una bomba de inyeccion de aire, en todo igual á las de la máquina de compresion, se introduce este fluido en el vaso, el cual se dirigirá por su menor densidad á ocupar la parte superior, donde aumentará su elasticidad por la compresion que producirá la introduccion de nuevas cantidades: quitando la bomba y abriendo la llave, el aire, reobrando sobre la superficie del liquido, le obligará á salir por BC en forma de surtidor. La altura de este surtidor irá disminuyendo con la elasticidad del aire, que disminuirá también, puesto que se aumenta el volumen del espacio en que se halla encerrado.

La salida del agua en esta máquina vemos que reconoce por causa la diferencia de presiones del aire en lo interior y el exterior; así que si el aparato se introduce sin inyectar aire en el recipiente de la máquina neumática, y se hace el vacío, el agua saltará desde los primeros pistonazos, pues que, disminuyendo la elasticidad del aire en el recipiente, la del interior del aparato se hace preponderante.

177. La *fente de Heron* es una modificacion de la anterior, en que el aire se comprime por la accion de una columna de agua. Se compone (fig. 73) de un vaso A, sobre el cual hay un platillo, y de otro vaso B que comunica con el primero por dos tubos dispuestos del modo siguiente: el tubo D comunica con el platillo superior, pasa por dentro del vaso A sin comunicar con él, y se prolonga hasta cerca del fondo del vaso B; el tubo E tiene principio en la parte superior del vaso B y termina cerca de la pared superior de A; por último un tercer tubo F atraviesa la pared superior de A, llegando

hasta cerca del fondo del mismo vaso. Se echa agua por F en el vaso A, hasta que el nivel se acerque á la abertura del tubo E, lo cual es solo preparar el aparato; hecho esto, se vierte agua en el platillo superior, la cual cae por el tubo D al vaso B, el aire de este vaso es desalojado por la caída del liquido y se halla obligado á subir por el tubo E á reunirse con el que hay en la parte superior del vaso A: en este estado el vaso es una verdadera fuente de compresion, en que la elasticidad del aire, aumentándose con el que sube de B, obliga al liquido á salir por F en forma de saltador.

178. La *pipeta* es un tubo de vidrio B (fig. 74) terminado por una esfera A que concluye en un tubo cónico C, cuya abertura es muy estrecha; introducido el aparato en un liquido, este se pone á nivel en lo interior con el exterior; si para retirarle del liquido tenemos la precaucion de cerrar con el dedo pulgar la abertura B, el liquido no saldrá por C en razon á que la presion atmosférica no lo permitirá; si ahora abrimos el orificio B, la presion atmosférica, ejerciendo su accion por esta parte, y destruyendo por consiguiente la ejercida en C, el liquido saldrá por este punto, pero la salida cesará en cuanto volvamos á tapar la abertura B para continuar nuevamente en cuanto se la vuelva á descubrir.

La *f fuente intermitente* de nuestros gabinetes es únicamente una modificacion del aparato anterior. Se compone (fig. 75) de un tubo A que se estiende hasta cerca de la parte superior de un globo B, que sirve de depósito del liquido, y que lleva varios tubos estrechos D, C para la salida del mismo. El tubo central se apoya por su base en un platillo con un depósito en su parte inferior, con el que comunica por un pequeño orificio E, el cual debe dejar pasar menos liquido que el que produce la salida de los D y C. Se echa agua en el depósito B del modo que representa la figura, y la salida consiguiente de este liquido por los tubos D y C produce pronto en el platillo una aglomeracion que cubre el orificio E, é intercepta por tanto la comunicacion que entre el aire exterior y el interior se hallaba establecida por el tubo A; en este estado la presion de la atmósfera se hace preponderante en D y C, y la salida cesa enteramente; mas como el liquido reunido en el platillo va poco á poco pasando al depósito inferior por el orificio E, llega un caso en que este queda descubierto, la comunicacion entre el aire exterior é interior se establece, y la salida del

líquido vuelve á empezar para detenerse de nuevo luego que la aglomeracion del líquido en el platillo cubra el orificio E, y así prosiguiendo hasta que falte el agua del depósito.

LECCION XXXVII.

Ariete hidráulico.—Prensa hidráulica.—Sifones.

179. El *ariete hidráulico* es un aparato destinado á la elevacion de las aguas, preferible á todos los demás por el gran efecto útil que produce, siempre que la localidad y demás circunstancias permitan su construccion. El ariete hidráulico de nuestros gabinetes, que como desde luego se infiere es un modeló de los que se construyen en mayor escala, consta de un depósito de agua A (*fig. 76*), de cuyo fondo parte un tubo vertical que se encorva luego, pasando á ser horizontal y que termina en B donde hay una válvula que se abre de arriba abajo, y que por lo mismo se encuentra abierta por su propio peso: en el punto C va un tubo vertical de una altura próximamente cuádrupla de la del depósito, el cual lleva en su base C una válvula que se abre de abajo arriba y un depósito de aire D en su inmediacion, continuando luego el tubo E hasta F, en que hay un pequeño tubo lateral para facilitar la salida del líquido.

Si llenamos de agua el depósito A, esta seguirá á lo largo del tubo y saldrá por la abertura B, cuya válvula encuentra abierta; pero bien pronto la velocidad con que el agua sale, debida á la altura A, cerrará la válvula B, y encontrándose de pronto sin salida y con una velocidad adquirida, reobrará sobre todas las partes del interior del tubo, entre las que se encuentra la válvula C, que se abrirá por consiguiente dando paso al líquido que se lanzará al tubo E; en este momento cesa la presión que mantenía cerrada la válvula B, la cual se abrirá por su propio peso, y el líquido saldrá entonces otra vez por esta abertura en que ningun obstáculo encuentra; pero un instante despues el agua volverá á cerrar esta válvula y á abrir la C para elevarse en el tubo E, y así proseguirá en tanto que haya agua en el depósito, ó que no detengamos el juego del aparato.

180. La *prensa hidráulica* está fundada en lo que al prin-

cipiar el tratado de los flúidos hemos espuesto acerca de la igualdad de presion. Se compone de una bomba aspirante é impelente A (*fig. 77*), la que dirige el agua á un cuerpo de bomba M, en el cual hay un piston P que está obligado á elevarse por la irresistible accion del agua introducida, y al mismo tiempo eleva consigo un platillo de hierro C, sobre el cual se ponen los cuerpos D que han de oprimirse ó prensarse al encontrar la plancha fija E. Si las bases de los pistones fuesen iguales, la accion ejercida en A se transmitiria sobre P sin alteracion alguna; pero si el piston de la bomba A es la centésima parte, v. gr. del piston P, la accion de un hombre ejercida en A vendrá á producir la de cien hombres actuando en P. Un hombre actuando en A por medio de una palanca B puede desenvolver sin gran esfuerzo una accion de 600 libras, y por consiguiente una de 60,000 sobre el segundo piston, supuesto de una estension 100 veces mayor.

181. Los *sifones* son tubos encorvados (*fig. 78*) de brazos desiguales, los cuales se emplean para trasvasar líquidos. Para hacer uso de este aparato, se introduce la rama mas corta en el depósito del líquido C; se hace una succion por el extremo A, el tubo se llena del líquido en razon al vacío verificado y corre por la abertura A sin cesar la salida hasta que el nivel del líquido en el depósito deje descubierta la otra estremidad del sifon. Se cuenta como rama del sifon solamente la parte OB comprendida entre la superficie del líquido y el vértice, lo cual nos dice que el sifon puede tener los brazos iguales por construccion, y ser todavia útil para la salida de los líquidos, puesto que habiendo por precision de introducir una parte de una de las ramas, esta resultará mas corta que la otra necesariamente.

Al hacer la succion en A, la presion de la atmósfera en la superficie libre del líquido, determina el movimiento ascensional de este y la completa ocupacion del aparato; cesando entonces en la aspiracion, tendremos presion de la atmósfera de arriba abajo sobre la superficie del líquido, que se destruye con la ejercida por el mismo agente de abajo arriba en la estremidad A; columna líquida elevada desde la superficie del líquido hasta B, que se equilibra con una columna igual NB en la otra rama; quedando por fin una columna AN, que es la diferencia entre la longitud de ambas, la cual, no hallándose sostenida, caerá por la accion de la gravedad, y al separarse

en N del resto del líquido producirá necesariamente un vacío que desenvolverá la misma acción que la aspiración primitiva para llenar de agua esta capacidad; en este caso las columnas volverán á ser desiguales y todo pasará como en el caso anterior, y así continuando.

Si la rama exterior del sifon llegase solo hasta N, es decir, que fuesen iguales, el aparato se llenaría por la succión, pero en tal estado permanecería por el perfecto equilibrio establecido entre ambas ramas. Este experimento supone el diámetro de la abertura suficientemente pequeño para que no puedan á un mismo tiempo salir el agua y entrar el aire; porque si así no fuese, la columna se dividiría y el sifon no permanecería lleno. En el caso de ser la rama exterior mas corta no permanecería lleno despues de la succión, sino que, haciéndose preponderante la acción desenvuelta en N, el líquido volvería á caer á la vasija.

Para comodidad al hacer la aspiración suele colocarse un tubo lateral (*fig. 79*) en la rama larga, teniendo cuidado de tapar la abertura inferior en tanto que la succión se verifica.

El sifon es un aparato muy usado, que cuando está fijo y tiene grandes dimensiones, se le llena por medio de una abertura practicada en el vértice, cerrando antes las estremidades; despues se cierra la abertura superior y se abren las inferiores, empezando por la de la rama mas corta, y el líquido corre produciendo el efecto que ya dejamos explicado.

LECCION XXXVIII.

Movimiento de los gases.—Medios de regularizar la salida.—Gasómetros.—Cuerpos flotantes en la atmósfera.

182. En la lección anterior, al ocuparnos del caso del sifon de brazos iguales, vimos que el líquido no salía por haber equilibrio entre la presión de dentro afuera y la de fuera adentro; esto mismo se verifica en todas las ocasiones en la salida de los líquidos: así es que si en un vaso lleno de un líquido cualquiera y perfectamente cerrado hacemos un orificio pequeño, el líquido no saldrá porque el aire atmosférico, que tiende á entrar ejerciendo la presión que le corresponde, se lo impide enteramente; siendo necesario para que la salida se verifique, que el vaso esté abierto, de modo que equilibrándose las

presiones de la atmósfera, resulte de exceso en el orificio la presión que el líquido ejerce en virtud de su altura.

En la salida de los flúidos aeriformes ó gases se verifica una cosa análoga; así es que el gas contenido en un vaso saldrá por un orificio practicado, siempre que la presión de dentro afuera sea mayor que la de fuera adentro: permanecerá como cerrado en el caso de ser iguales las presiones, y en vez de salir el gas entrará el aire cuando la presión de fuera adentro sea mayor que la de dentro afuera.

Se concibe sin dificultad, según lo que va dicho, que para que la salida de un gas sea constante y uniforme, es indispensable que no varien las presiones durante todo el período de salida. Si tenemos un gas encerrado en una vasija que comunique con el vacío y abrimos la llave que suponemos de comunicación, el gas se precipitará con violencia en el recinto vacío, toda vez que no encuentra ninguna presión de fuera adentro; pero la velocidad de entrada irá disminuyendo en razón á que las dos presiones varían; la de dentro afuera por la disminución de fuerza elástica que resulta de ir quedando porciones de gas mas pequeñas en igual recinto; y la de fuera adentro porque el recinto de entrada no se halla vacío mas que en el primer instante, puesto que el gas que entra desenvuelve una fuerza elástica cada vez mayor por su acumulación en un recinto dado: de este modo la velocidad del gas va disminuyendo hasta que el equilibrio de las presiones se establece, cuyo caso verificado cesa todo movimiento.

Si el gas, en vez de salir al vacío, lo verifica á la atmósfera, se concibe muy bien que necesita poseer una tensión mayor para que predomine la presión de dentro afuera: tampoco pues será uniforme la salida en este caso, porque si bien es cierto que la presión de la atmósfera que aquí constituye la de fuera adentro será sensiblemente constante, no lo será la de dentro afuera por la disminución de fuerza elástica determinada por la menor cantidad de gas que va quedando.

En la salida de los gases tiene tambien lugar la contracción de la vena; como lo acredita la relación entre el gasto teórico y el práctico, como sucedia en los líquidos.

Para que la salida sea constante se han discurrido aparatos que se conocen con el nombre de *gasómetros*, reducidos á ejercer una presión constante sobre el gas, ó á desalojar por otro medio volúmenes iguales en tiempos iguales. Un va-

so que produzca una salida constante de liquido puede ser muy á propósito para el caso, pues que permitiendo la entrada de este liquido en el receptáculo que contenga el gas, este será desalojado con la misma regularidad que aquel se posesiona del recinto.

183. El *frasco de Mariotte*, dándole una forma conveniente, es muy á propósito para el caso. Consiste en un frasco (fig. 80) lleno casi enteramente de agua, en cuya pared lateral lleva un orificio pequeño C, y cuyo cuello sostiene un tubo BD abierto por ambos extremos, dispuesto de manera que pueda elevarse y descender frotando fuertemente con el tapon de la vasija. Para darse cuenta de los fenómenos que produce este aparato, es necesario fijarse bien en que la presión de la atmósfera se ejerce en el orificio C lateralmente y por el tubo BD de arriba abajo; establecido esto, imaginemos el tubo introducido de modo que su abertura D se encuentre mas abajo del punto E; en este caso el liquido contenido en lo interior del tubo descenderá hasta E, es decir, hasta la misma altura del orificio C, por el cual saldrá una cantidad de agua igual al volumen que ha descendido en el tubo; en cuyo caso toda salida cesa porque las presiones de la atmósfera se equilibran y la altura de la columna de agua elevada sobre el orificio C dentro del tubo BD, por cuyo conducto se establece la presión atmosférica, es igual á cero; luego no hay presión en el orificio, ni por consiguiente salida. Si elevamos ahora el tubo, dándole la posición que representa la figura, el liquido saldrá, porque si bien es cierto que se equilibran las presiones de la atmósfera, lo es tambien que esta por el intermedio del tubo se ejerce sobre la capa horizontal de liquido que pasa por D, de forma que la presión en C es debida á la altura DE del liquido sobre el orificio; esta altura permanece constante, y por lo mismo lo es tambien la salida del liquido, porque el aire que entra por el tubo BD se va elevando por la parte exterior de este para reunirse con el que se halla encima del liquido en la vasija, lo cual produce un descenso del nivel en el frasco, que sirve para reemplazar el liquido que sale y mantener fijo el nivel en D.

Modificaciones de este frasco son los gasómetros de los laboratorios, así como todas las lámparas que teniendo el depósito de aceite superior á la mecha, se necesita que el liquido no se pierda y que el nivel sea constante.

184. Antes de terminar este tratado, debemos decir alguna cosa de los *cuerpos flotantes en la atmósfera*, pues ya es posible entrar con fruto en esta cuestion. Los *globos aereostáticos* que flotan ó nadan en la atmósfera están sujetos al principio de Arquímedes espuesto en otro lugar, es decir, que para elevarse han de desalojar un volúmen de aire que pese mas que el globo con todos sus agregados; de donde resulta que pesando estos muy bastante, es indispensable que el globo sea de gran volúmen y que se llene de un flúido menos denso que el aire cual es el hidrógeno; una vez lanzado en los aires necesita para el equilibrio que la presion de arriba abajo, que es el peso del globo sea igual á la de abajo arriba que está representada por el empuje del flúido, ó lo que es lo mismo, por el peso del volúmen de aire desalojado. Si la atmósfera tuviese una densidad uniforme, el globo no se detendria hasta los límites de la misma, donde saldria fuera una parte del aparato, quedando en equilibrio cuando desalojase un volúmen de aire de un peso igual al de la máquina: mas como sabemos que la densidad del aire en la atmósfera va decreciendo á medida que aumenta la elevacion, el globo en su movimiento ascensional va desalojando volúmenes iguales, puede decirse, pero cuyo peso va siendo cada vez menor; y como el del globo permanece sensiblemente el mismo, ha de llegar necesariamente á capas de aire cuya densidad sea tal que el globo y el igual volúmen de aire desalojado, pesen lo mismo, y en este caso quedará en equilibrio.

Entendido el medio de lanzarse en la atmósfera, y las condiciones para el equilibrio, fácilmente se comprenden los medios de descender, y de volver á elevarse en caso necesario. En globo lleva una válvula en su parte superior que se abre de fuera adentro, de manera que la presion del gas interior la mantenga cerrada; un cordon fijo á esta válvula va á parar á la barquilla del aereonauta, el cual para descender abre la válvula tirando del cordon y el gas se lanza al espacio, en cuyo caso el globo disminuye de volúmen, pesa por consiguiente mas que el de aire que desaloja y descendiendo por necesidad: el aereonauta puede moderar el descenso abriendo mas ó menos la válvula, y aun puede cerrarla del todo si desea permanecer á la altura en que se halla. Para elevarse nuevamente el aereonauta lleva en la barquilla porcion de lastre, que consiste en sacos de arena, y deshaciéndose de esta poco á poco

disminuirá el peso del globo, y por consiguiente el empuje se hará preponderante y el aparato se elevará segun se desea.

En cuanto al problema de dar direccion á estos aparatos está aun esperando resolucion, pues que los medios ideados hasta ahora, distan mucho de lo que necesariamente exige una aplicacion de este género.

ACCIONES MOLECULARES.



LECCION XXXIX.

Capilaridad.—Efectos que produce y esposicion general de su teoria.—Endosmose.

185. Al ocuparnos de la fuerza de cohesion vimos que esta era una accion molecular que se desenvolvia al contacto para agrupar las partículas de los cuerpos, ya fuesen de una misma ó de diferente naturaleza. Sin embargo, esta fuerza ó adherencia que mantiene reunidas las moléculas, no solamente es diferente para cada uno, como lo prueba el diferente esfuerzo que para vencerla se necesita, sino que al considerarla desenvuelta en el contacto de los sólidos con los líquidos, ofrece fenómenos dignos de estudiarse, y que sirven de lazo, podemos decir, para unir la fuerza de cohesion de que dependen con la afinidad química que mas adelante estudiaremos.

Si tomamos un disco de vidrio y le suspendemos á un platillo de una balanza, haciéndole equilibrio en el otro con pesos cualesquiera, y en esta situacion le hacemos que toque á una superficie líquida, la fuerza de cohesion aparecerá en el contacto y habrá necesidad de añadir pesos en el otro platillo, para conseguir la separacion de las dos superficies de los cuerpos sólido y líquido. Si verificamos este experimento con dife-

rentes líquidos, veremos que en el mercurio la plancha de vidrio se separa sin llevar ninguna partícula adherida, al paso que en el agua la plancha ó disco aparece con una capa de líquido adherido: esto lo espresamos diciendo que el mercurio no moja al vidrio, y si lo verifica el agua y otros varios líquidos: pero lo que en el mercurio se verifica es que la adhesión establecida entre las moléculas del mismo y las del vidrio, es menos enérgica que la que existe entre las moléculas del mercurio mismo; y en el agua por el contrario, la coherencia de las moléculas líquidas entre sí, es menor que la que se establece entre ellas y las del vidrio, por cuya razón la capa de líquido que toca al disco, permite separarse del resto de la masa del mismo antes que abandonar la superficie del vidrio. Esto nos dice que los pesos empleados para verificar la separación del disco, representan la adherencia establecida entre ambos cuerpos en el caso de que el líquido no moje al sólido, y nos espresan la cohesión de las partículas líquidas unas con otras en el caso de ser el disco mojado por el líquido.

De aquí resulta que esta acción tiene todas las apariencias de electiva; tal líquido puede mojar á tales ó cuales cuerpos y no á otros, así como un sólido dado puede ser mojado por uno ó otro líquido, y de ningún modo por los demás; así que existen líquidos que establecen con varios cuerpos sólidos una unión ó adherencia mayor que la que existe entre sus partículas mismas; y otros en que se verifica lo contrario, y hasta parece en algun caso que existe un principio de repulsión.

Si introducimos una lámina de vidrio bien limpia en un vaso de agua, veremos que el líquido se eleva al derredor de la lámina sobre el nivel en el vaso, formando una curva cóncava que se produce juntamente con la elevación en la inmediación de las paredes del vaso, suponiéndole de una sustancia capaz de ser mojada por el líquido. Si en vez de una introducimos dos láminas paralelas, el mismo fenómeno se produce, pero la curvatura es mayor en la parte comprendida entre ambas láminas, y tanto mas cuanto mas próximas se encuentran estas, formando siempre un semi-cilindro, cuyo eje es horizontal, y además el nivel en este espacio está considerablemente elevado respecto al resto de la vasija, y lo está tanto más, cuanto mas pequeño es el intervalo que separa las láminas. Los mismos efectos se producen sensiblemente introduciendo un tubo de vidrio en el agua; la curvatura interior forma un hemisfe-

rio cóncavo si el tubo es bastante estrecho, y la altura del líquido aumenta con la disminucion del radio del tubo considerado, siendo muy considerable cuando el calibre es comparable al espesor de un cabello, de donde viene el nombre de *tubos capilares* y de *capilaridad*, que es la parte de la fisica que se ocupa de estos fenómenos.

Si la lámina ó láminas de vidrio las introducimos en mercurio, la curvatura es convexa, y á la elevacion anterior del líquido sucede una depresion ó descenso en iguales proporciones que en el caso anterior. Introduciendo un tubo capilar se forma un hemisferio convexo deprimiéndose el líquido en lo interior.

Vemos que *los líquidos se elevan sobre su nivel en los espacios capilares cuando mojan al sólido, y se deprimen en el caso contrario, dando lugar á una curva cóncava en el primer caso y convexa en el segundo*. La observacion y la esperiencia, auxiliadas de la geometría, dan que *la elevacion ó depresion de los líquidos en los tubos capilares se halla en razon inversa del radio de los mismos*.

186. La adherencia mas ó menos enérgica que se establece entre los sólidos y líquidos da lugar á la curvatura de las superficies, y esta, en virtud de la diferente presion que sobre el líquido determina, produce la elevacion ó depresion del mismo. Si las dos láminas de vidrio de que antes nos hemos ocupado, se introducen en el líquido de modo que formen ángulo, el agua se elevará entre ellas á tanta mayor altura cuanto mas se vaya estrechando el espacio angular que las separa; de modo que formará una curva que por consideraciones geométricas resulta ser una rama de hipérbola equilátera. Si tenemos un tubo de vidrio de brazos comunicantes, de los que uno sea capilar (*fig. 81*) y echamos agua, veremos que el nivel, además de tomar la curvatura que ya conocemos, se eleva mas en el brazo capilar, llegando á A' cuando se queda en A en la otra rama. Si añadimos agua con precaucion por el tubo anejo, el nivel subirá en ambos, pero llegado que sea á B', limite del brazo estrecho, la curvatura en este irá desapareciendo hasta convertirse en plana, en cuyo caso quedará el líquido á igual altura en ambos. Si continuamos aumentando agua, la curvatura aparecerá en C', pero la superficie será convexa, el tubo estará mas que lleno, y la altura será mayor en el otro brazo. Si aun echásemos mas agua, la adherencia

establecida con el espesor del tubo en el orificio se rompería y el líquido se derramaría por él.

La capilaridad explica los movimientos que los cuerpos flotantes ejecutan, ya para reunirse unos con otros, ya para adherirse á las paredes de la vasija. Supongamos dos cuerpos A y B flotantes (*fig. 82*) que puedan ser mojados por el líquido, este se elevará todo alrededor de los cuerpos, pero mas principalmente en el espacio que los separa, donde se elevará mas que el nivel, como sabemos; y esta fuerza de elevacion disminuirá la presión por esta parte, haciéndose por tanto preponderante la opuesta, y produciendo la union de estos cuerpos y aun la de los mismos con las paredes de la vasija. Si el líquido no fuese capaz de mojar los cuerpos A y B (*fig. 83*), el líquido se deprimiría, sobre todo en el espacio comprendido entre ambos, de forma que el líquido, estando menos elevado en este espacio, no produciría una presión capaz de equilibrar la contraria, de modo que esta se haría preponderante y los cuerpos se reunirían como en el caso anterior.

La elevacion del aceite en las mechas, que no son otra cosa que sistemas de tubos capilares, la humedad de las habitaciones bajas, el efecto que se produce sobre un trozo de azúcar introducido en parte en una taza de café, que todo él se recubre del líquido, y otros varios fenómenos que sería prolijo enumerar, son debidos á la capilaridad; todos ellos dependen de las modificaciones que la fuerza molecular de cohesion adquiere, segun que los líquidos pueden ó no mojar á un sólido determinado.

Si en un tubo de vidrio cerrado en su parte inferior por una membrana y colocado verticalmente dentro de un vaso comun; se echa alcohol, y en el vaso se pone agua de modo que los niveles de ambos líquidos coincidan próximamente; el alcohol va elevándose poco á poco hasta una altura considerable; y si lo verificamos al contrario, echando agua en el tubo y alcohol en el vaso, el nivel en el tubo va descendiendo hasta la membrana que le sirve de base. Estos fenómenos han sido designados con los nombres de *endosmose* y de *exosmose* que significan *corriente al interior* y *corriente al exterior*. No son solo estos líquidos los que producen el fenómeno referido, ni tampoco son las membranas los únicos cuerpos que pueden emplearse para este objeto. Los efectos de endosmose están sin duda relacionados con la capilaridad, no obstante

que se produce en tubos no capilares, pero hay que contar con otras fuerzas tales como la electricidad.

LECCION XL.

Acústica.—*Produccion y propagacion del sonido en los diferentes intermedios.*

487. Al ocuparnos de la elasticidad hemos explicado las acciones moleculares que se ejercen en los cuerpos, produciendo movimientos de va-y-ven ó oscilatorios, que determinan el regreso del cuerpo á su forma ó volumen primitivo, cuando este ha sido alterado por un desarreglo producido en la situacion de las moléculas.

Los cuerpos elásticos, al verificar los movimientos expresados, los transmiten á los cuerpos inmediatos, obligándolos, por decirlo así, á vibrar con ellos, en cuyo movimiento vibratorio consiste la produccion y propagacion del sonido, que es de lo que la acústica se ocupa.

El sonido no se propaga sin el auxilio de cuerpos ponderables que se hallen en comunicacion directa con el cuerpo que le produce, ó como acostumbra á decirse, con el centro de conmocion; así es que en el vacío no puede propagarse. Para probarlo se tiene un movimiento de relojería que está haciendo batir rápidamente un pequeño martillo sobre una campana á propósito: este aparato, apoyado en almohadillas de algodón ó pluma, se coloca sobre la platina de la máquina neumática, se cubre con una campana y se ejecuta el vacío; entonces se ve chocar el martillo sin percibirse el sonido, y si se deja entrar el aire poco á poco, el sonido va siendo cada vez mas perceptible, produciendo el mismo efecto que si el cuerpo sonoro se acercase sucesivamente á nosotros.

El sonido puede transmitirse tambien por el intermedio de los sólidos y el de los líquidos, y en general por el de todos los cuerpos, propagándole tanto mejor y con tanta mas rapidez cuanto su elasticidad es mas considerable; por cuya razon asignábamos en su lugar oportuno una elasticidad á los líquidos mucho mayor de la que por las observaciones directas parecía corresponderles. Por esta misma razon hemos advertido que el aparato citado de relojería se colocase sobre cuer-

pos elásticos de segunda especie, los cuales es muy poco lo que pueden transmitir el sonido.

Fácil es asegurarse que propagan el sonido tanto los sólidos como los líquidos y los aeriformes. Para demostrarlo en los sólidos, basta aplicar el oído al extremo de una mesa larga, de una alfargía ó cosa semejante, y hacer en el opuesto el pequeño ruido que puede producir el roce de las barbas de una pluma ó el de la punta de un alfiler, el cual no es perceptible por el aire y lo es distintamente por el sólido. Para los líquidos no hay mas que observar lo que sucede estando en un baño al introducir los oídos en el agua, respecto del choque ó roce que al mismo tiempo produzcamos por cualquier medio, el cual percibiremos distinta y enérgicamente, cuando no será sensible al sacar la cabeza fuera del agua. Por lo que respecta al aire podemos decir que es el vehículo ordinario del sonido, pues hallándonos sumergidos en él, si no sirviese para la propagación del sonido, difícilmente se concibe cómo adquiriríamos la certeza de su existencia: y en cuanto á la producción merece desde luego la preferencia, puesto que sabemos que es un cuerpo perfectamente elástico.

Debemos distinguir el *sonido* del *ruido*; pues si bien es cierto que en cuanto á la propagación no hay diferencia alguna, la hay, y muy considerable, respecto á su producción. Tanto el sonido como el ruido consiste en una serie de pulsaciones, que pueden distinguirse cómodamente aproximando á una campana en vibración una punta muy fina, y se oirán una serie de golpecillos repetidos que prueban la persistencia de las oscilaciones y los sucesivos cambios de forma que la campana experimenta. Cuando estas vibraciones son isocronas, y por consiguiente comparables, constituyen el verdadero sonido; mereciendo solo el nombre de ruido cuando el isocronismo falta.

188. En el sonido hay necesidad de considerar su *intensidad*, su *tono* y su *timbre*. La intensidad consiste en la amplitud de las vibraciones sonoras; así observamos que si separamos de su posición de equilibrio una cuerda metálica colocada horizontalmente y fija por ambos extremos, produce el mismo sonido al abandonarla, ya se la haya separado mucho ó poco de su posición; pero con la diferencia de que si la separación ha sido considerable, el sonido será perceptible á larga distancia, y apenas lo será en la inmediación del ins-

trumento si la separacion ha sido corta. El tono no depende de la amplitud de las vibraciones, sino del número de estas ejecutadas en un tiempo dado: el sonido será tanto mas agudo cuanto mayor número de vibraciones se produzcan en la unidad de tiempo; y será tanto mas grave cuanto menor sea el número de estas que se verifiquen. El timbre, que hablando de las voces suele designarse con la palabra *metal*, no depende ni de la amplitud ni del número de las vibraciones; consistiendo solo en un carácter particular que cada sonido hace notar cuando es producido por diferentes instrumentos: así es como distinguimos si un canto ó sucesion de sonidos se ejecuta con la flauta ó con el violin, sin necesidad de ver los instrumentos.

Numerosos esperimentos se han hecho en todos tiempos á fin de conocer el limite de los sonidos perceptibles; habiendo sido admitido por la generalidad hasta nuestros dias, que el limite de los sonidos graves pertenecia al producido por 32 vibraciones por segundo, y el limite de los agudos á 12,000. Un estudio mas detenido, hecho por Savart en estos últimos años, empleando medios muy ingeniosos, y que no pueden tener cabida en esta obra, ha asignado como limite de los graves 15 vibraciones por segundo y 48,000 para los agudos; y aun ha ido mas lejos, estableciendo la verdad, que antes de él podemos decir no habia querido conocerse, de que no existe límite asignable para la percepcion de los sonidos. La divergencia que parece notarse en este punto viene de confundir dos cosas realmente distintas; la percepcion de los sonidos con la comparacion de los mismos: para la primera nunca pudo fijarse limite conocido, pero sí para la segunda; pues que es muy fácil de observar lo que sucede con las cuerdas estremas de un arpa, que un oido vulgar no advierte diferencia entre el sonido producido por dos cuerdas inmediatas, es decir, percibe, pero no compara; un oido ejercitado notará perfectamente esta diferencia, pero si la cuerda estrema ó última la hacemos variar de tension, un caso llega en que estas variaciones producen sonidos perceptibles, pero no comparables, pues no advertimos diferencia sensible entre ellos. De todo esto resulta que el limite de los sonidos varia para cada individuo, no solo con la sensibilidad del órgano auditivo, sino tambien con el ejercicio, con la costumbre de oír, con lo que pudiéramos llamar educacion del oido; así los limites asignados

por Savart para los sonidos comparables solo serán completamente exactos para un oído tan sensible y tan ejercitado como el suyo.

LECCION XLI.

Velocidad del sonido.—Variaciones de la intensidad.—Formación de las ondas.—Modos de vibrar de los diferentes cuerpos.

189. La experiencia diaria nos enseña que la propagación del sonido no es instantánea; pues que una explosión producida á distancia por un arma de fuego nos presenta el brillo del fogonazo antes de recibir la impresión del sonido; pues si bien la propagación de la luz no es instantánea, como aquí la suponemos, puede muy bien considerarse como tal en pequeñas distancias, atendida su gran velocidad, como veremos en lugar oportuno. Para medir la velocidad del sonido se ha empleado el medio antes indicado, midiendo una base, colocando en uno de sus extremos una pieza de artillería, y observando cuidadosamente el tiempo transcurrido entre la aparición de la llama y la percepción del sonido. Así ha podido establecerse que *la velocidad es uniforme, y que el sonido corre 1200 pies castellanos próximamente por segundo*, siendo esta velocidad la misma, ya esté sereno ó nublado, y cualquiera que sea la altura del barómetro.

Los sonidos débiles se propagan con la misma velocidad que los demás, y del mismo modo lo verifican los sonidos graves que los agudos; lo cual se prueba observando que la ejecución de una pieza de música produce el mismo efecto en cuanto al orden y sucesión de los sonidos, ya nos coloquemos en la intermediación, ó ya lo verifiquemos á alguna distancia. Esta misma regularidad en la percepción de los sonidos á distancia, prueba que las vibraciones pueden cruzarse en todas direcciones sin perturbarse.

La velocidad del sonido en el agua es próximamente cuádrupla de la del aire, lo que prueba lo que ya dejamos dicho acerca de la elasticidad de los líquidos.

190. El sonido se debilita con la distancia, y la observación y la experiencia, de acuerdo con la geometría, demuestran que su *intensidad se halla en razón inversa del cuadrado de la distancia*.

Las ondulaciones sonoras, del mismo modo que las producidas en la superficie de las aguas, no comunican á las capas de aire movimientos progresivos, sino solamente de condensacion y de dilatacion sucesiva, però sin abandonar sensiblemente sus posiciones: así es que el punto ó centro de conmocion produce una condensacion en la capa de aire que le rodea, la cual, reobrando sobre si misma y sobre la siguiente, comprime á esta, pasando la primitiva á un estado de dilatacion: la segunda lámina ó capa comprimida reobra en seguida para veriflear lo mismo con la tercera, y así continuando, de manera que la superficie esférica que esta condensacion produce va aumentando de radio y disminuyendo sensiblemente de energia ó intensidad. Habiendo pasado la primer capa por consecuencia de su reaccion á un estado de dilatacion insostenible, atendidas las presiones de las que la rodean, volverá á estrecharse, dando así lugar á que en seguida se dilate la segunda, á la que por las mismas razones seguirá la tercera, y así prosiguiendo, de modo que á continuacion de cada onda condensada marchará otra dilatada, y así progresivamente.

Las vibraciones se producen del mismo modo en todos los cuerpos; es decir, por medio de condensaciones y dilataciones, cuya amplitud para una misma fuerza de conmocion depende de la elasticidad del cuerpo. En las cuerdas y varillas, por consecuencia de este modo de vibrar, se producen *nodos*, que son secciones del cuerpo que permanecen inmóviles en tanto que se agitan las demás; tales son las A, B, C y D (*fig. 84*); y las partes comprendidas entre estos nodos, que son las que vibran, se llaman vientres de vibracion. En las láminas elásticas de metal ó vidrio, si se las coloca fijas por su centro, se las recubre de arena bien seca para que se marquen las líneas nodales, y hacemos pasar un arco comun de violin sobre sus bordes, se ve inmediatamente agitarse la arena (*fig. 85*) para fijarse en la posicion de las diagonales cuando el arco se pasa por el medio de un lado; y en la disposicion (*fig. 86*) perpendicular á los lados cuando el arco toca á la inmediacion de un ángulo. Variando la naturaleza y forma de las placas y el modo de ponerlas en vibracion se pueden obtener líneas nodales de formas variadas hasta lo infinito.

La vibracion establecida en un cuerpo puede transmitirse á los inmediatos, ya por el intermedio del aire, ya por el de

los demás cuerpos; en lo cual está fundado el empleo de *cajas sonoras* que, vibrando con el cuerpo principal, dan mas brillo é intensidad á los sonidos.

Cuando la onda sonora encuentra un obstáculo material para su propagacion, retrocede ó *se refleja formando el ángulo de reflexion geométricamente igual al de incidencia*, cuya propiedad es la misma que examinamos en el choque de los cuerpos elásticos. En esta reflexion del sonido están fundados los *ecos* y las *resonancias*: los primeros se producen cuando el plano reflectante se halla á una distancia tal que el sonido reflejado puede llegar al observador, contando la distancia de ida y vuelta, despues de percibir el sonido directo; así es como se oye distintamente la repetición de la última ó de las últimas sílabas segun la distancia; y la resonancia tiene lugar cuando el plano encontrándose á poca distancia, el sonido directo se confunde mas ó menos exactamente con el reflejado.

Las resonancias que siempre tienen lugar en un recinto cerrado sostienen la voz de un orador; pero no así los ecos que producen una confusion intolerable, de donde viene la práctica de cargar de colgaduras las paredes del templo ó salón que tenga este defecto, pues las ondas, chocando con cuerpos poco elásticos, no producen reflexion sensible.

Las relaciones entre las longitudes de las cuerdas, y el número de vibraciones producidas, da origen á la comparacion de los sonidos, y al estudio de sus accidentes, consonancias, disonancias y demás que no puede acomodarse á la estension de un curso elemental.

DEL CALOR.



LECCION XLII.

Idea general de los flúidos imponderables, y mas principalmente del calor.—Aparatos empleados para su medida.

191. Los flúidos imponderables, de cuyo estudio vamos á ocuparnos, son agentes inseparables de los cuerpos ponderables estudiados hasta ahora; produciendo en ellos modificaciones, ya en su modo de ser, ya en su modo de estar, sin cuyo conocimiento ni aun lo que ya llevamos explicado puede entenderse debidamente. Estos flúidos son: el calor, la luz, el magnetismo y la electricidad; mas como en el dia los dos últimos se cuentan como uno solo, resultan únicamente tres, que son: calor, luz y electricidad. No falta quien admite solo dos, sosteniendo que el calor y la luz son uno mismo; pero si bien esto puede admitirse como cierto, falta todavía en la ciencia una teoría general que ligue los fenómenos considerados bajo este aspecto, siendo mas sostenible la opinion de no admitir mas que un solo flúido, cuyas modificaciones dan lugar á los diversos fenómenos, ya caloríficos, ya luminosos, ó ya eléctricos.

Para la esplicacion de estos flúidos imponderables se ha admitido por mucho tiempo la existencia de moléculas caloríficas, luminosas, etc., que se movian en lo interior de los cuerpos y eran lanzadas de unos en otros, dando asi lugar á los fenómenos observados. En nuestros dias se admite un flúido eminentemente sutil y elástico, llamado éter, en el cual se producen vibraciones análogas á las que en el aire tienen lugar por la acción de los cuerpos elásticos, y que asi como estas producen el sonido, aquellas dan lugar á las acciones que constituyen el calor, la luz y la electricidad.

192. El agente que produce en los cuerpos modificaciones mas variadas, y aun puede añadirse mas importantes, es el *calor*; el cual produce en nosotros las impresiones que en las diversas épocas del año y en los diferentes climas del globo designamos con los nombres de calor y de frio. Para el estudio de este, como de los demás flúidos imponderables, no podemos seguir mas camino que el de observar las modificaciones que ellos producen en los cuerpos ponderables ya conocidos, ó las que estos cuerpos ponderables producen en aquellos flúidos.

Para hacer constar la *imponderabilidad del calor* se toma una vasija de vidrio con tapon esmerilado, se echa dentro agua y ácido sulfúrico con el cuidado suficiente para que no se reúnan, y se pesa: en seguida se agita el líquido y bien pronto se nota un gran desprendimiento de calor por la parte exterior del vaso; se le deja reposar para que el calor se desvanezca, y pesándolo en seguida se halla el mismo resultado que antes de emitirse el calor.

Entre las diferentes modificaciones que el calor produce en los cuerpos, hay una que estudiaremos con el nombre de *dilatacion*, y que consiste en variar el volúmen de todos ellos, la cual nos puede dar medios de medir del modo posible las cantidades del mismo flúido. Se observa que en igualdad de circunstancias los líquidos se dilatan mas que los sólidos, y los gases aun mas que los líquidos; así que no será indiferente el empleo de los unos ó de los otros para la medida que buscamos. Los aparatos destinados á esta medida son los designados con el nombre de *termómetros* ó medidores del calor; y como se presentarán ocasiones en que se necesite medir grandes cantidades, otras en que por el contrario solo se desee el conocimiento de acciones muy pequeñas, y otras que serán las mas frecuentes, en que haya necesidad de estudiar las ordinarias ó intermedias, resulta que deberán construirse termómetros de cuerpos sólidos, líquidos y gases, los cuales reciben el nombre de *pirómetros* cuando el cuerpo termométrico es un sólido, y de *termóscopos* cuando el cuerpo dilatado es un gas.

El estudio del termómetro exige el conocimiento de toda la teoría del calor; pero en la casi imposibilidad de presentar esta sin el uso del referido instrumento, preferimos explicar antes su construccion y uso, y tener luego en cuenta la justificacion

de los procedimientos necesarios en los lugares oportunos de estas lecciones.

LECCION XLIII.

Construccion de las diferentes clases de termómetros.

195 Para construir el *termómetro de líquido*, que es el mas usado, se toma un tubo capilar de vidrio bien calibrado, á cuya estremidad se sopla una esfera ó se suelda un cilindro, de modo que resulta una capacidad ó vasija con un cuello largo y capilar. Para introducir el líquido en este aparato tenemos necesidad de desalojar préviamente el aire, puesto que, siendo el tubo estrecho, sabemos que no permitirá la salida de un fluido y entrada del otro simultáneamente; para esto se calienta el tubo y depósito á fin de que el aire salga en virtud de la dilatacion, y cuando esto parece haberse conseguido se le introduce invertido en una vasija que contenga el líquido que deseamos introducir; entonces en el tubo existirá un vacío mas ó menos completo, la presión de la atmósfera se hará preponderante, y el líquido se lanzará al depósito para llenarle, asi como á una porcion del tubo. Introducido ya el líquido, que es generalmente mercurio ó alcohol, se le calienta de nuevo para desalojar el aire que sobre la columna líquida haya quedado, y se le cierra herméticamente á la lámpara.

Falta poner una escala al tubo que permita medir la dilatacion que el mercurio experimente, y juzgar por ella de la cantidad de calor que ha producido. Para esto, y en la imposibilidad de conocer inmediatamente la estension de cada una de las divisiones, se toman *dos puntos fijos*, que son el del *hielo fundente* y el del *agua hirviendo*: para marcar el primero se introduce la bola y la parte de tubo que contenga líquido en hielo fundente, y se hace una señal en el punto en que el líquido permanece estacionario, lo que verificará al cabo de algun tiempo; y para señalar el segundo, se le colocará en agua hirviendo, marcando con otra señal el punto en que el líquido se detenga. Para tomar el primer punto es conveniente y aun preferible la nieve al hielo producido por un agua cualquiera; pero para marcar el segundo se necesitan algunas precauciones: es indispensable que el agua sea destilada, que la vasija

en que se contiene sea metálica, que el termómetro no se introduzca en el líquido y quede solo rodeado del vapor que se produce, el cual debe tener libre comunicacion con la atmósfera; y finalmente se necesita consultar el barómetro para tener en cuenta la presión atmosférica, que, como veremos mas adelante, influye poderosamente en el punto de ebullicion.

Tomados los dos puntos fijos del modo que va dicho, se coloca el termómetro sobre una plancha, en la cual se marcan los puntos tomados, y se divide el intervalo comprendido entre ambos; en un número de partes iguales, que reciben el nombre de grados. Tres escalas termométricas son las usadas: la de Reaumur, la Centígrada y la de Fahrenheit; la primera se verifica marcando cero en el punto del hielo fundente, ochenta en el de la ebullicion, dividiendo este espacio en ochenta grados ó partes iguales; la Centígrada señala cero como en la anterior y ciento en el punto de la ebullicion, estando dividido en cien partes el intervalo correspondiente; y la de Fahrenheit marca treinta y dos en el hielo fundente y doscientos doce en el agua hirviendo, hallándose por consiguiente dividido este intervalo en ciento ochenta partes que, prolongadas por la parte inferior, nos darán el cero treinta y dos grados de éstos, mas bajo que el de los otros dos termómetros. En todas las escalas puede prolongarse la division por la parte superior ó inferior, siendo éstos últimos los que llamamos grados bajo cero.

Nada hay mas fácil que referir una escala á otra por medio de una simple proporcion: así para reducir 40 grados centígrados á los de Reaumur, diríamos: las partes en que se halla dividida la escala centígrada, son á las en que se encuentra la de Reaumur como 40 grados centígrados son al cuarto término esto es, $100:80::40:x$; $5:4::40:x = \frac{40 \times 4}{5} = 8 \times 4 = 32$ grados de Reaumur. Si fuesen dados 60 de Reaumur para reducir á centígrados, seria $80:100::60:x$; $4:5::60:x = \frac{5 \times 60}{4} = 5 \times 15 = 75$ centígrados. Si se nos diesen 59 de Fahrenheit para reducirlos á Reaumur, notaríamos que el cero del segundo equivale á 32 del primero, y que este se halla dividido en 180 partes

en el intervalo que corresponde á 80 en el de Reaumur, así que dirá $180:80::59-52:x$; $9:4::27:x = \frac{4 \times 27}{9} = 4 \times 3 = 12$ de Reaumur. Si por el contrario se diesen 16 de Reaumur para reducirlos á Farenheit, diríamos $80:180::16:x$; $4:9::16:x = \frac{9 \times 16}{4} = 9 \times 4 = 36$, á los que añadidos los 32 que hay hasta el cero, darán 68 grados de Farenheit.

194. *El termómetro de máxima y mínima*, llamado *termométrógrafo*, se compone de un tubo dos veces encorvado (fig. 87) terminado por dos depósitos: la parte inferior AB lleva mercurio y la superior del lado A va llena de alcohol, incluso el depósito C; la otra parte B lleva también alcohol hasta la mitad del depósito D, cuya otra mitad contiene aire; dos pequeños cilindros de vidrio con eje de hierro se encuentran en A y B sobre la superficie del mercurio destinados á servir de índices. Cuando la temperatura aumenta, todo el aparato se dilata, y como el aire es muy compresible se reducirá de volumen por la presión que sobre él produce la dilatación de los líquidos, así que el índice B se elevará y permanecerá fijo en la posición que haya adquirido por medio de un pequeño resorte que lleva unido, ausiéndonos por tanto la mayor altura á que ha llegado en ausencia del observador. Si la temperatura descende, los líquidos se contraen, y auxiliados por la fuerza elástica del aire que se hallaba comprimido, obligarán á elevarse al índice A, que conservará la posición que adquiera, por las mismas razones espuestas al tratar de B. El lado ó índice B nos dirá las temperaturas máximas y el A las mínimas. Este aparato se gradúa por comparación.

195. *El termómetro diferencial*, debido á Leslie, es un termómetro destinado á medir pequeñas diferencias de temperatura. Se compone de un tubo dos veces encorvado (figura 88) terminado por dos esferas C y D; lleva ácido sulfúrico coloreado hasta cosa de la mitad de las ramas A y B, y aire en el resto del aparato. Si imaginamos que el tubo tenga el mismo calibre en todas sus partes, y que las esferas que le terminan sean perfectamente iguales, el líquido quedará á la misma altura en los dos brazos cuando la cantidad de aire y la temperatura sea igual en ambas esferas, y en este caso se marcará cero en los puntos A y B: rodeando en seguida la

bola C con hielo á cero y la D con agua, v. gr. á 10° , el líquido descenderá en B por la elasticidad que el aire adquiere, y se elevará en A, en cuyo punto se marcará 10, se dividirá este intervalo en diez partes iguales, que serán grados termométricos, y se prolongará la division hasta la bola, y por la parte inferior hasta donde el tubo lo permita.

El *termóscopo*, debido á Rumford (*fig. 89*), difiere del termómetro diferencial en tener la rama horizontal mas larga y cortas las verticales, y en que, en vez de llevar una columna de líquido, solo tiene una gota ó índice A de mercurio. La graduacion es la misma que la del anterior; el índice estará en la mitad del tubo cuando sufra presiones iguales de cada lado, y allí se pondrá cero para proseguir luego idénticamente como ya se ha esplicado en el aparato precedente. Estos aparatos marcan siempre cero, cualquiera que sea la temperatura que los rodee, con tal que sea la misma para ambas esferas; de forma que los grados que señalan, solo nos dicen la diferencia de temperatura entre las mismas.

196. En cuanto á *pirómetros* la ciencia desea todavia uno que cumpla con todas las condiciones necesarias; pero entre los diferentes que se han propuesto, el de arcilla, debido á Wedgwood, es el mas usado. Se compone de dos reglas de metal ó porcelana, ligeramente inclinadas y divididas en 240 partes iguales. Unos cilindros de arcilla, que se denominan piezas pirométricas se acomodan esactamente en el cero de la division que corresponde á la máxima abertura; los mismos que, sufriendo una contraccion por el calor, se introducen hasta una division mas avauzada.

LECCION XLIV.

Calor radiante.—Influencia del estado de las superficies, y experimentos relativos á esta propiedad.

197. Un cuerpo colocado en un recinto de una temperatura inferior á la suya, emite, lanza ó *radia* calor en todas direcciones. Para asegurarnos de esta propiedad no habrá mas que colocar el cuerpo en el vacío, y poner termómetros á igual distancia en todas direcciones, y se notará que suben todos igualmente: decimos que el cuerpo se coloque en el vacío, porque en el aire el experimento no saldria cual deseamos, ele-

vándose mas la temperatura del termómetro colocado en la parte superior, en razon á que el aire calentándose por su contacto con el cuerpo y haciéndose menos denso en virtud de la dilatacion, se elevaria estableciendo una corriente de aire caliente, que produciria la elevacion del termómetro segun va dicho.

Si el cuerpo, en vez de hallarse en un recinto de temperatura inferior á la suya, se encontrase en uno de temperatura superior, el cuerpo recibiria calor, ó como vulgarmente se dice, se calentaria: y si estuviese en un recinto de una temperatura igual á la suya, esta no sufriria variacion alguna.

En el primer caso considerado, el cuerpo se enfria por la radiacion, y este enfriamiento ó descenso de temperatura continúa, hasta que haya equilibrio entre las temperaturas del cuerpo y del recinto, ó lo que es lo mismo, hasta que sean iguales. Para darse cuenta de cómo el enfriamiento se verifica, debemos recordar lo que deciamos al explicar la salida de los gases, lo cual facilita bastante la inteligencia de este fenómeno; así es que la velocidad del enfriamiento no será uniforme, ya tenga lugar la radiacion en un recinto de temperatura variable ó constante. En el primer caso la diferencia entre las temperaturas del recinto y del cuerpo irá desapareciendo por el descenso de la temperatura del uno, y la elevacion que este calor radiado producirá en el otro; y en el caso de ser invariable la temperatura del recinto, como sucederia si la radiacion se verificase al aire libre, la diferencia disminuiria tambien, aunque con menos rapidez que en el caso anterior. En lo que va dicho suponemos que el enfriamiento se verifica en el vacío, ó que solo es debido á la radiacion; pero si así no fuese, las diferencias se aniquilarian mas pronto en razon al calor que al cuerpo robaria el gas que le rodease: mas en todos los casos, y sobre todo cuando el exceso inicial no escede de 15 á 20 grados, podemos admitir la ley de Newton, que nos dice que un cuerpo caliente pierde en cada momento una cantidad de calor, proporcional al exceso de su temperatura sobre la del recinto.

198. La observacion y la esperiencia nos enseñan, como veremos mas adelante, que *los cuerpos radian á todas temperaturas*; así que, llegado el caso de que la temperatura del cuerpo sea igual á la del recinto, la radiacion no cesa, y el equilibrio que se establece tiene por causa el recibir el cuerpo cantidades de calor iguales á las que emite, lo que se de-

signa con el nombre de *equilibrio movable de temperatura*. De aquí resulta que todo cuerpo está sin cesar radiando y absorbiendo calor, de modo que se enfriará cuando emita una cantidad mayor que la que reciba, se calentará cuando absorva una cantidad mayor que la que radie, y no variará su temperatura cuando absorva cantidades iguales á las emitidas.

Los cuerpos pueden ser estudiados con relacion al calor radiante, bajo el aspecto de *emitir ó radiar calor, ó sea enfriarse*, bajo el de *absorver este flúido ó calentarse*, y tambien por la propiedad de *rechazarle, reflejarle ó no admitirle*. La propiedad emisiva ó radiante depende de la relacion entre la temperatura del recinto y la del cuerpo, de la naturaleza de este y del estado de su superficie. La primera causa modificante se comprende muy bien en virtud de lo que dejamos establecido para el enfriamiento; puesto que el cuerpo radiará tanto mas y con tanta mayor energía cuanto mas alta sea su temperatura respecto del recinto y de los cuerpos que le rodean: en cuanto á la segunda causa de modificacion, tambien sin dificultad se concibe que todos los cuerpos no radiarán igualmente, pero hay que reservar para mas adelante el fijar bien la influencia de esta circunstancia, lo cual verificaremos al tratar de la capacidad calorifica de los cuerpos. En cuanto á la influencia del estado de las superficies, nada hay mas fácil de hacer constar: se toma un cubo hueco de metal (*fig. 90*), conocido con el nombre de cubo de Leslie, el cual tiene cada una de sus cuatro caras laterales en estado diferente, una pulimentada, otra mate, otra barnizada de negro y la última de blanco. Se echa agua caliente en el cubo A, y colocandole sucesivamente sus caras en frente de un espejo cóncavo C, que dirige el calor sobre la bola de un termómetro diferencial B, se nota que la cara ennegrecida radia mas y la pulimentada menos; así que para radiar calor son preferibles las superficies mates ó deslustradas y las ennegrecidas.

199. La *facultad absorvente* se halla modificada por las mismas circunstancias que la emisiva; pues que absorberá un cuerpo tanto mas calor cuanto mas baja sea su temperatura respecto de los que le rodean; y en cuanto á la naturaleza del cuerpo nos referimos á lo espuesto mas arriba. Por lo que respecta á la influencia del estado de la superficie, el mismo aparato de Leslie puede servir para el estudio de esta circunstancia. Se coloca en el cubo agua á la temperatura ordinaria,

y se observa la elevacion de temperatura que produce un cuerpo caliente colocado sucesivamente á distancias iguales delante de cada una de sus caras; lo cual da que absorbe mas la cara ennegrecida y menos la pulimentada, que es lo mismo que se observó en la radiacion, de donde podemos concluir que el cuerpo que mas radia mas absorbe, ó que la facultad emisiva y la absorbente son iguales.

El calor radiante lanzándose á distancia notamos con facilidad que su accion ó intensidad decrece cuando la distancia aumenta; y nada hay mas fácil que darse cuenta de la relacion que existe entre estos dos datos. Sea para esto un cuerpo A (*fig. 91*) colocado en el centro de una esfera BD, y ninguna duda puede quedarnos de que todo el calor radiado es recibido por la superficie interior de la esfera y distribuido con igualdad entre sus elementos: imaginemos ahora el cuerpo A en el centro de otra esfera EF de mayor radio, y tambien se verificará que todo el calor será recogido por su superficie interior y repartido con igualdad; pero esta superficie es mayor, y por consiguiente contiene mayor número de pequeñas porciones ó elementos, de donde resulta que siendo la misma la cantidad de calor absoluto recibirá cada uno de ellos una porcion menor; esta disminucion será en razon de las superficies de las esferas que sabemos son como los cuadrados de los radios, y como estos son las distancias del foco calorífico al punto considerado, resulta que *la intensidad del calor radiante se halla en razon inversa del cuadrado de la distancia*. Esta demostracion es la misma en el fondo, que la espuesta para la intensidad del sonido, y la misma que corresponde á la intensidad de la luz.

LECCION XLV.

Reflexion del calor.—Reflexion aparente del frio.—Aplicaciones de la radiacion.

200. En la leccion anterior hemos visto que los cuerpos mates y deslustrados son mas á propósito para radiar y absorber calor; lo cual parece provenir, aun cuando no sea enteramente esacto, de que las asperezas de los no pulimentados aumentan la totalidad de las superficies, y por consiguiente los puntos radiantes ó absorbentes.

Los cuerpos pulimentados, siendo los menos á propósito para calentarse y para enfriarse, lo son en mayor grado que los mates para rechazar ó reflejar el calor. *La reflexion del calor se verifica, del mismo modo que la del sonido; formando el ángulo de reflexion igual al de incidencia.* Dejando para el estudio de la luz la verificacion de estas leyes y determinacion de los focos, pasamos á examinar experimentalmente lo concerniente á esta cuestion; para lo cual se disponen dos espejos parabólicos A y B (*fig. 92*), en frente uno de otro, de modo que tengan un eje comun; en el foco del espejo A se colocan carbones encendidos y en el de B un trozo de yesca ó cosa semejante, y como por la propiedad de la parábola los rayos reflejados en el espejo A saldrán paralelos al eje, entrarán con el mismo paralelismo en B, donde se reflejarán de nuevo reuniéndose en el foco, é inflamando la yesca, aun cuando haya diez ó doce y aun mas varas de distancia. Si en el foco A colocásemos un cuerpo caliente, como v. gr. un matraz con agua hirviendo y en el foco de B un termómetro muy sensible, veriamos que la reflexion se verifica del mismo modo con el calor oscuro que con el que se encuentra acompañado de luz.

201. Si dejando el termómetro en el foco de B colocásemos en el de A un trozo de hielo, veriamos que el termómetro bajaria, lo que á primera vista parece indicar una reflexion del frio igual á la del calor; pero no es de este modo como se verifica, sino por la radiacion del calor. Cuando el cuerpo situado en A tenia una temperatura superior al colocado en B, ambos radiaban; pero la cantidad de calor absorbida por B, siendo superior á la que emitia, debia por precision calentarse; pero ahora que el hielo emite una cantidad de calor menor que el termómetro, este se halla en el caso de ser el cuerpo caliente, emitiendo mas calor del que recibe, y por lo mismo su temperatura debe descender. Esto nos dice que con efecto los cuerpos radian y absorven siempre, cualquiera que sea su temperatura, y al mismo tiempo nos convence de que no existe un fluido frigorífico diferente del calor; de modo que lo que designamos con el nombre de frio no es mas que un estado relativo respecto de otro en mas elevada temperatura, y con el cual comparásemos: así es como la temperatura constante de un sótano algo profundo nos parece fria en verano y caliente en invierno; porque imaginando que la temperatura

sea en lo interior de 15° R., esta será elevada en invierno, en que la exterior será de 0° , y la hallaremos fría en verano en que marcará el termómetro 30° en el exterior. Una cosa igual sucede con las aguas que corren por conductos algo profundos, que salen frescas en verano y calientes en invierno.

La influencia del estado de la superficie en los fenómenos de radiación y de absorción, se hace notar en los vasos metálicos, que se enfrían mas pronto ó se calientan segun su caso, cuando están ya usados, y por consiguiente la superficie sin pulimento, que cuando están bien limpios, y la superficie por consiguiente pulimentada y brillante. Los tubos que han de conducir agua ó vapor, radiarán y calentarán el recinto tanto mas enérgicamente cuanto menor sea su pulimento. Las estufas vemos que se construyen de chapa metálica, y que no solo no se pulimenta, sino que se recubre de un barniz negro, con el objeto de que radie tan completamente como es posible, y mantenga suficientemente elevada la temperatura de la habitación.

LECCION XLVI.

Transmision del calor radiante.—Aparato de Melloni considerado únicamente como un termómetro de gran sensibilidad.

202. El calor radiante puede transmitirse al través de los cuerpos, mas ó menos libremente, pero sin calentarlos de una manera sensible en su tránsito. Tenemos un ejemplo notable de esto en el calor solar que atraviesa la atmósfera sin calentarla; puesto que si así no fuese la temperatura de esta sería decreciente desde las altas regiones hasta nosotros, cuando vemos que se verifica precisamente lo contrario, como lo atestiguan los viajes aereostáticos, y mas que todo la existencia de la region de las nieves perpetuas.

Durante mucho tiempo se habia creído que los cuerpos mas diáfanos ó transparentes para la luz eran tambien los mas á propósito para dejar paso al calor; mas despues de los experimentos de Melloni se ha reconocido que no se verifica precisamente de esta manera; así es que el cuerpo mas transparente para el calor es la sal gemma, cuya transparencia para la luz es muy inferior á la de otros muchos. Designándose los

cuerpos transparentes para la luz con el nombre de diáfanos, y con el de opacos los que la interceptan, análogamente se han llamado *diatermanos* los que dejan paso al calor radiante, y *atermanos* los que no se dejan atravesar por este fluido.

La *diatermancia* de los líquidos da un medio fácil de hacer constar que los cuerpos no se calientan por dejar paso al calor radiante. Si disponemos una caída de agua formando una tabla que se renueva sin cesar, y colocamos de un lado un cuerpo caliente, y de otro un termómetro muy sensible, este se elevará, lo cual prueba que el calor se transmite, y la renovación rápida del cuerpo intermedio, aleja completamente la idea de que pudiera verificarse calentándose sucesivamente las partes ó capas que le constituyen.

El aparato de Melloni (*fig. 95*) se compone de una pila termo-eléctrica A, cuya descripción no es de este lugar, de una lámpara de Locatelli B, ó de otro foco calorífico conveniente: de un montante donde se coloca el cuerpo C, que ha de transmitir ó reflejar el calor, y de dos pantallas D y E destinadas á establecer ó interceptar en un momento dado la comunicación de los rayos caloríficos con el cuerpo C ó con la pila A. Los hilos de la pila comunican con un multiplicador, que no va indicado en la figura, y que es el que indica el efecto producido por el foco calorífico B sobre la pila A.

Con este aparato pueden verificarse todos los experimentos relativos al calor radiante, pudiendo variar la distancia del foco á la pila; la naturaleza del foco, que puede ser una lámpara como aparece de la figura, puede ser una lámina metálica ennegrecida y fuertemente calentada, puede ser una espiral de platino enrojecida por una lámpara de alcohol, y finalmente, un cubo de Leslie, semejante al que ya hemos descrito. Se pueden colocar en C cuerpos capaces de reflejar el calor sobre la pila, para lo que el aparato tiene medios de situarlos bajo el ángulo necesario y correspondiente, ó cuerpos capaces de absorber el mismo fluido, y también cuerpos que dejen pasar mas ó menos bien el calor para el estudio de la diatermancia, y cuerpos que tengan espesores y curvaturas diferentes para el estudio del desvío ó refracción que el calor sufre al atravesarlos.

La sensibilidad de este aparato supera infinitamente á la de los termómetros ordinarios mas delicados; así es que por su medio pueden apreciarse pequeñas variaciones en la trans-

mision del calor radiante, provenientes no solo de la naturaleza del cuerpo, sino de su espesor, de su pulimento y de la densidad respectiva de sus diferentes capas. Para hacer experimentos con los líquidos, se tienen vasijas de vidrio muy delgado y con las caras perfectamente paralelas, las cuales se colocan en C llenas del líquido que se trata de examinar.

LECCION XLVII.

Dilatacion de los cuerpos por el calor.—Coeficiente de dilatacion en los sólidos.—Dilatacion cúbica.

203. *Todos los cuerpos se dilatan por la accion del calor* cuando este aumenta, y se contraen por la disminucion de este fluido. Al ocuparnos de la construcción del termómetro nos convencimos de que esta propiedad existia en los líquidos y en los gases, y por lo que respecta á los sólidos no ofrece dificultad alguna el hacerlo constar. Se toma un cilindro de metal que ajuste esactamente con un anillo de lo mismo, se calienta fuertemente el cilindro, y se nota que ya no pasa por el anillo, lo que prueba la dilatacion sufrida. La arcilla, que dijimos contraerse por el calor, al esplicar el pirómetro de Wedgwood, no es en realidad una escepcion del fenómeno general; solo que en este cuerpo se verifica una combinacion mas intima entre sus elementos, á lo que se añade la pérdida de una parte del agua que habitualmente posee, todo lo cual esplica muy bien la disminucion de volúmen observada.

La fuerza del calor en la dilatacion, siendo repulsiva entre las moléculas de los cuerpos, tiene que vencer necesariamente á la atractiva ó de cohesion que tiende á agruparlas; de aqui resulta, aunque no como causa única, que no teniendo todos los cuerpos la misma fuerza de cohesion entre sus partículas tampoco se dilatarán igualmente por la adicion de cantidades iguales de calor. Sabemos que en los cuerpos sólidos la fuerza de cohesion, aunque diferente para cada uno, es mas enérgica que en los líquidos; y que en los aeriformes la fuerza atractiva es nula, puesto que las moléculas se hallan en estado continuo de repulsion: de aqui resulta necesariamente que, para cantidades iguales de calor, un cuerpo sólido se dilatará menos que un líquido, y este menos aun que un gas cualquiera. Siendo los líquidos cuerpos intermedios, y obser-

vando la gran movilidad de sus moléculas, podemos decir que en ellos la fuerza atractiva ó de cohesion se halla en equilibrio con la fuerza repulsiva ó del calor; y segun prepondera una ú otra, los cuerpos pasarán á sólidos ó á aeriformes segun su caso. Si la fuerza de cohesion prepondera por la disminucion de la del calor, el cuerpo se convierte en sólido, como en el agua estamos viendo que sucede con frecuencia; y si se hace preponderante la fuerza repulsiva del calor, el cuerpo se transforma en aeriforme, como el agua misma nos está probando continuamente; y si en este estado gaseoso el calor disminuye, el cuerpo regresa al estado liquido de acuerdo con esta teoria. La presion atmosférica, favoreciendo á la fuerza de cohesion, hace papel tambien en estos cambios de estado de que nos ocupamos.

204. La dilatacion que sufre la unidad de volúmen por la unidad de temperatura es lo que se llama *coeficiente de dilatacion*; el cual, por lo que llevamos espuesto, es mas pequeño en los sólidos que en los líquidos, y aun mas en estos que en los aeriformes. Para determinar el coeficiente de dilatacion en los sólidos, es necesario investigar si este será el mismo para todos ellos, y si en un mismo cuerpo el coeficiente será el mismo á todas las temperaturas. En cuanto á lo primero vemos que el coeficiente no puede ser el mismo para todos los sólidos, puesto que la fuerza de cohesion que se le opone no es tampoco la misma para todos ellos; y por lo que respecta á lo segundo, observaremos que á medida que el calor va aumentando y produciendo una dilatacion mayor sobre el cuerpo, la fuerza de cohesion ha ido disminuyendo por el alejamiento de las moléculas, y por consiguiente las nuevas cantidades de calor que vayan llegando han de producir necesariamente un efecto mayor que las primeras; de donde se sigue que el coeficiente de dilatacion aumenta con la temperatura.

La determinacion del coeficiente de dilatacion de los sólidos ha sido objeto de numerosas investigaciones; y por último, el procedimiento de Lavoissier y Laplace resolvió completamente la cuestion, no dejando nada que desear respecto á precision y exactitud. En una artesa de metal, colocada sobre un hornillo, se pone horizontalmente una barra del cuerpo cuya dilatacion se ha de hallar (*fig. 94*). Esta barra AB se halla fija por su estremidad A en un fuerte prisma de vidrio que

impide que pueda estenderse por este lado, y la obliga por consiguiente á verificar su dilatacion por B, en donde toca á una varilla EF, tambien de vidrio, que cuando el agua de la artesa, y por consiguiente la barra AB se hallan á 0° conserva la posicion vertical; en la parte E de esta varilla lleva un anteojo HI, cuyo eje es perpendicular á la misma y que sirve para dirigir la visual á una mira PQ colocada á 100 toesas de distancia. Calentando el agua de la artesa, la barra se dilata, empuja la varilla EF y la hace tomar la posicion EG girando alrededor del eje E, y el anteojo por consiguiente adquiere la posicion KL y dirige la visual LN; por este medio se obtuvo la medida esacta de la dilatacion, pues que por una parte es fácil conocer la temperatura del baño, la cual irá creciendo por el calor que recibe del hornillo inferior, y por otra no ofrece dificultad la medida de lo que la barra se alarga habiendo observado que un aumento de una linea en su longitud hacia correr 744 sobre la mira PQ, de donde se sigue la posi-

bilidad de apreciar un aumento de $\frac{1}{744}$ de linea. Por este medio se han obtenido las dilataciones de los sólidos, y se ha visto que si bien es cierto que el coeficiente varia de un grado á otro, puede, sin embargo, tomarse como constante desde 0° á 200° centígrados.

La dilatacion cúbica se examina admitiendo un cubo formado del cuerpo que deseamos, en el que, dilatándose del mismo modo todas las dimensiones, está reducido á formar el cubo con la espresion $(1+d)$ y despreciar el cuadrado y la tercera potencia que resultan, en cuyo caso se obtiene que *la dilatacion cúbica es el triplo de la lineal.*

LECCION XLVIII.

Coficiente de dilatacion en los flúidos.—Aplicaciones de las dilataciones en general.—Péndulos de compensacion.—Termómetro de Breguet.

205. El *coeficiente de dilatacion de los líquidos* es tambien diferente para cada cuerpo, y crece con la temperatura en cada uno. En estos cuerpos hay que distinguir *la dilatacion aparente, de la dilatacion real*: la primera es la que se veri-

fica comprendiendo el aumento de volúmen de la vasija, y la segunda es la que tendria lugar si el vaso fuese de una materia no dilatada.

Para averiguar el coeficiente de dilatacion aparente, se toma un tubo de vidrio terminado en una esfera, y previamente dividido en partes alicotas del volúmen de la misma, se llena esta esfera del líquido y se coloca el tubo horizontalmente en un baño líquido, cuya temperatura pueda elevarse por medio de un hornillo inferior. Termómetros colocados en el baño nos darán la temperatura, y el extremo de la columna líquida en el tubo propuesto, protegida en su caso por un índice de mercurio, nos dará la dilatacion para cada grado. El medio mas exacto es sin embargo el emplado por Dulong y Petit, que consiste en llenar del líquido una vasija terminada en un tubo capilar, conocer el peso de este líquido y averiguar el de la porcion que hace salir la dilatacion en una temperatura conocida y hallar la relacion entre ambos.

Las principales investigaciones se han dirigido sobre el mercurio, por ser un líquido cuya importancia hemos visto en diferentes ocasiones, y se ha obtenido para su dilatacion

aparente $\frac{1}{6480}$ de su volúmen á cero. El coeficiente de dilatacion real se puede obtener añadiendo al aparente lo que

corresponde á la dilatacion del vaso, y ha dado para el mercurio

$\frac{1}{5550}$.

El coeficiente de dilatacion de los líquidos varia con la temperatura en cada uno de ellos, siendo estas variaciones mas rápidas cerca de los cambios de estado; asi es que el agua, que solo recorre en estado líquido la estension de la escala termométrica, es el cuerpo que presenta mas irregularidad en su coeficiente de dilatacion, y por lo mismo el mercurio, que recorre en estado líquido una estension de 400°, puesto que se solidifica á 40° bajo cero, y se reduce á vapor á 360°, tiene sus dilataciones sensiblemente proporcionales con los aumentos de temperatura entre 0° y 100° por cuya causa es preferible para los termómetros.

206. El coeficiente de dilatacion de los gases puede determinarse por el mismo procedimiento que hemos explicado para

los líquidos, haciendo el vacío en el tubo y en la esfera que le termina, llenándole de aire seco, ó del gas que necesitemos, y colocando un índice de mercurio que sirva para indicarnos la dilatación y para separar el gas interior del aire exterior. Por este medio se ha obtenido que el coeficiente buscado es el mismo para todos los gases y constante á todas las temperaturas, espresado por 0,00375; lo cual está conforme con la circunstancia que presentan de ser en ellos nula la fuerza de cohesión. Sin embargo, muy modernamente, empleando medios mas exactos, se ha venido á establecer que el coeficiente no es el mismo para todos los gases ni á todas las temperaturas, lo cual se sospechaba hace mucho tiempo; pero estas variaciones son muy pequeñas, y tanto que para las aplicaciones pueden mirarse como nulas.

Ahora se comprende la necesidad de la corrección de temperatura en el barómetro, puesto que el calor, aumentando en general el volumen del mercurio, le hace disminuir de densidad, y por consiguiente la columna pesando menos tiene que llegar á mayor altura. Por razones análogas se necesita la corrección respectiva en la determinación de las densidades, puesto que estas cambian con la temperatura; por cuya razón para la determinación de la densidad de los gases se necesita que los volúmenes iguales que se comparan se hallen á una misma presión y temperatura.

La máxima densidad de los cuerpos parece que debe hallarse en el minimum de temperatura á que se los someta; pero sin embargo hay excepciones, como sucede con el agua. Si tomamos una esfera de marfil y la pesamos dentro del agua á diferentes temperaturas, veremos que pierde mas de su peso á 4,1 centígrados, lo que nos dice que el *máximun densidad del agua* es á esta temperatura.

207. Las dilataciones de los sólidos tienen aplicación para los *péndulos*, dando lugar á los llamados *de compensación*. Sabemos que la longitud de la varilla influye en la duración de las oscilaciones, y que esta longitud no será constante por la dilatación ó contracción que necesariamente han de producir las variaciones de temperatura; y en la imposibilidad de hacerlo de una sustancia no dilatante, se han discurrido diferentes medios de corregir la dilatación. Uno de ellos es (*fig. 93*) poner en vez de lenteja un vaso P con mercurio; cuando la temperatura se eleva, la varilla se dilata y el cen-

tro de oscilacion baja; pero dilatándose tambien el mercurio, el nivel Q se eleva y puede establecer la compensacion buscada. Otro medio es (fig. 96) hacer que la varilla C del péndulo se interrumpa en A en la parte superior de un bastidor B de acero, que lleva dentro otro D de laton, de cuya parte superior pende la varilla E y la lenteja L. Cuando la temperatura se eleva, se dilata todo el aparato, y la lenteja L y el centro de oscilacion debe bajar; pero la dilatacion del cuadro D de laton, debiendo verificarse indispensablemente por la parte superior, hará alzar la lenteja y establecerá asi la compensacion.

El *termómetro de Breguet* se compone de tres láminas delgadas de plata, oro y platino, contorneadas en helice ó espiral, dispuestas de modo que la plata ocupe la parte convexa, el platino la cóncava, y el oro queda en el medio. Las variaciones de temperatura hacen que la espiral se arrolle ó desarrolle mas ó menos, lo cual marca una aguja que lleva á la estremidad sobre el limbo de un círculo dividido, en que se han colocado los grados termométricos marcados por comparacion con un buen termómetro de mercurio. Este aparato es muy apreciable, no solo por su sensibilidad, sino por la gran rapidez con que marca las variaciones transitorias de temperatura.

LECCION XLIX.

Conductibilidad de los cuerpos sólidos, líquidos y aeriformes,

208. Averiguado ya el efecto que el calor produce sobre los cuerpos en su dilatacion, nos falta examinar ahora el modo de propagarse este flúido en lo interior de los cuerpos mismos, que es lo que llamamos *conductibilidad*.

Los cuerpos no se calientan todos del mismo modo, ó en otros términos, no conducen igualmente el calor, habiendo entre los sólidos algunos, como los metales en general, que son *buenos conductores*; y otros, como la madera, que son *malos conductores*; así es como si tenemos una barra metálica enrojecida por un estrámo, no la tocamos impunemente á corta distancia de este punto y si podremos verificarlo con un trozo de madera ó de carbon. Debe advertirse, sin embargo, que todos los cuerpos conducen mas ó menos bien el calor, y

por tanto no hay cuerpo alguno que pueda ser mirado como no conductor.

La conductibilidad debe verificarse por radiacion molecular, toda vez que las moléculas no se hallan en contacto; y se transmite en el cuerpo de capa en capa, como lo prueba el irse haciendo sensible sucesivamente en las diversas secciones del mismo. El calor, transmitiéndose de este modo, se halla en su máximun en la parte del cuerpo que está en contacto con el foco, y va luego decreciendo mas ó menos rápidamente hasta el extremo opuesto; porque cada una de las secciones del cuerpo recibe de la anterior la cantidad de calor que ella tomó de la que la precede, pero disminuida con lo que ha radiado en el recinto en razon de su superficie. Para ver la influencia de la seccion y de su superficie no hay mas que observar qué es lo que sucede con dos varillas de una misma sustancia, v. gr., de hierro, pero de un diámetro muy pequeño en la una y considerable en la otra; poniéndolas en un foco de calor, de modo que se enrojezca uno de los extremos, podemos asir impunemente la mas delgada á corta distancia del trozo enrojecido, pero no nos será posible verificar lo mismo con la otra. Esto nos dice tambien la dificultad de hacer que una barra adquiera una temperatura uniforme, no habiendo mas medio que introducirla en un liquido para conseguirlo, que fué el procedimiento citado en las dilataciones.

Para ver la relacion que existe entre la distancia al foco y la elevacion de temperatura, se hacen á distancias iguales en la barra, huecos en que se puedan colocar las esferas de termómetros muy exactos, y se observa que para las *distancias tomadas en progresion aritmética, las temperaturas decrecen en progresion geométrica.*

209. Los líquidos son peores conductores del calor que los sólidos, y sin embargo se calientan con mas facilidad; lo que proviene de la gran movilidad de sus particulas. Un vaso calentado por la parte inferior, según se acostumbra, hace que la capa de liquido que toca al fondo sea la que se caliente la primera, esta se dilata por el calor recibido, disminuye por consiguiente de densidad y se eleva á la parte superior, cediendo el sitio á la siguiente, que se eleva á su vez por la misma causa, y así continuando. Se da lugar pues á dos corrientes de particulas liquidas, las que forman las capas calientes que se elevan, y las que producen, las que llamaremos

frias que descienden; las primeras suben por la inmediacion de las paredes de la vasija, pues que siendo un cuerpo sólido conduce mejor el calor, y ayuda, digámoslo así, á calentar las partes de líquido que le tocan, y cuya elevacion franquea el camino á las que provienen del fondo; las segundas descienden por el eje del vaso para calentarse y elevarse á su vez por las paredes, y así continuando.

Por esta razon si se separa el vaso del foco de calor, las corrientes aparecen todavía, pero en sentido contrario; las que descienden lo verifican por la inmediacion de las paredes, y las que se elevan por el centro; en razon á que en virtud de la radiacion, las paredes y las capas de líquido inmediatas son las que bajan primero de temperatura, contrayéndose y haciéndose mas densas por consecuencia, lo cual determina su descenso y la elevacion de las mas calientes por el eje, para descender en seguida por las paredes, y así prosiguiendo hasta que el equilibrio de temperatura se establezca.

Para ver la mala conductibilidad de los líquidos, no hay mas que calentarlos por la parte superior, en cuyo caso la capa mas próxima se calienta la primera, como anteriormente, se dilata y disminuye de densidad; pero como ocupa ya la parte superior, que es el sitio que á su menor densidad corresponde, permanece fija, y solo puede transmitir el calor á la siguiente por radiacion molecular, como se verifica en los sólidos, sucediendo lo mismo en las capas siguientes unas respecto de otras; así se observa la poca conductibilidad de estos cuerpos, y que aun apareceria menor si no condujese calor el vaso en que están encerrados.

210. Los gases son aun peores conductores que los líquidos; pero no puede probarse empleando el mismo procedimiento, porque, en razon á la mayor movilidad de sus partículas, dan el mismo resultado por cualquier parte que se aplique el foco calorífico; por lo que el medio que se emplea es impedir las corrientes de gas, introduciendo en el vaso, en que le suponemos encerrado, cuerpos tales como algodón en rama, plumazon, etc., que dejen mucho gas interpuesto y que dificulten, segun va dicho, la produccion de las corrientes. Así puede observarse el tiempo que tarda un termómetro introducido en el centro, en elevarse ó descender un número dado de grados.

Esta poca conductibilidad de los flúidos, puede hasta cier-

to punto, esplicarnos lo mal que conducen los sólidos pertenecientes á cuerpos muy porosos ó sustancias fibrosas, pues que en las cavidades habrá necesariamente flúidos que produzcan este efecto. Se comprende tambien, cómo esta propiedad se une con lo espuesto en la radiacion acerca de los medios de propagar ó de conservar el calor; empleándose para lo primero cuerpos buenos conductores, como sucede en las estufas construidas con planchas metálicas; y para lo segundo sirviéndose de cuerpos malos conductores, lo que esplica el empleo de la piedra y de los ladrillos en la construcción de los hornos.

Lo espuesto acerca de la mala conductibilidad de los flúidos y produccion de las corrientes, nos esplica lo que se verifica en la atmósfera, en la que el aire calentado en su parte inferior por el contacto, radiacion y reflexion sobre la tierra, se dilata, y haciéndose menos denso se eleva, siendo reemplazado por otro que se precipita de las regiones mas frias á ocupar el espacio que aquel deja. El aire que se eleva lleva calor que es pronto absorbido por las capas superiores, y en las que sin embargo no aumenta de densidad por el enfriamiento, en razon á que la falta de presion que allí experimenta produce una expansion que compensa superabundantemente, para el efecto de que tratamos, la disminucion de temperatura.

LECCION L.

*Capacidad de los cuerpos para el calor.—Medios de medirla.
—Consideraciones á que da lugar.*

244. Los cuerpos, colocados en igualdad de circunstancias en presencia de un foco de calor, no adquieren todos una misma temperatura; así la cantidad de calor que bastará para elevar de 20° la temperatura de un cuerpo, podrá elevar á 100° la de otro, y tal vez solo de 1° la de un tercero. Esta circunstancia de necesitar los diferentes cuerpos cantidades tambien diferentes de calor, para variar un mismo número de grados su temperatura, es lo que se ha llamado *capacidad calorífica ó calor específico* de los cuerpos.

Para establecer comparaciones, ya que en esta cuestion como en todas las semejantes nada podemos determinar de un

modo absoluto, hay que tomar la unidad de masa, pues que ella y no el volúmen es la que influye en el calor adquirido, ya se consideren emanaciones ó vibraciones; pues siempre la radiación molecular, de que antes nos hemos ocupado, tendrá lugar en razon al número de estas mismas moléculas, que son las que han de adquirir ó perder el calor de que se trata. Así diremos, que *capacidad calorífica de un cuerpo, es la cantidad de calor que necesita la unidad de masa para variar la unidad de temperatura.*

Para darnos cuenta de estas diferencias, entre las cantidades de calor que producen un mismo cambio de temperatura, observaremos que si reunimos una libra de agua líquida á 0° con otra libra á 40°, nos resultarán dos libras á la temperatura media de 20°; pero si ponemos una libra de agua como antes á 0° con otra libra de mercurio á 100°, tendremos dos libras en su reunion como anteriormente, y la mezcla marcará 5°, lo que nos dice que el mercurio ha perdido 97° que solo han podido elevar de 5° una masa igual de agua, ó que la cantidad de calor, capaz de elevar de 5° un peso dado de agua, elevará de 97° un peso igual de mercurio; de donde resulta que las capacidades caloríficas se hallan en razon inversa de las variaciones de temperatura.

Las capacidades caloríficas se determinan por tres métodos distintos, que son: el de las *mezclas*, el del *calorímetro* y el del *enfriamiento*. El primero consiste en mezclar dos cuerpos á temperaturas conocidas y tomar la de la mezcla, que es lo que antes hemos espuesto respecto al agua y al mercurio; método muy esacto, pero que necesita numerosas correcciones respecto á la masa de la vasija, respecto al líquido evaporado durante la operación y respecto al calor radiado ó absorbido por la vasija en el recinto.

El segundo procedimiento, debido á Lavoissier y Laplace, consiste en el aparato llamado calorímetro, que es un vaso de enrejado de hierro (*fig. 97*) M donde se coloca el cuerpo, el cual va rodeado por hielo machacado y á 0° contenido en el vaso ACD, y este se halla rodeado por el hielo en igualdad de circunstancias que llena el BEF, el cual tiene una llave B para que salga el líquido producido, y el interior da salida al mismo líquido por la llave y tubo A que atraviesa el depósito exterior sin comunicar con él, y finalmente lleva una tapadera con un reborde que se llena tambien de hielo fundente. Coño-

cida la temperatura del cuerpo colocado en M, sabemos que radiará calor hasta llegar á 0° , esto es, hasta establecerse el equilibrio de temperatura, y este calor desprendido ha de fundir necesariamente una cantidad de hielo, cuya agua producida saldrá por A y será pesada con sumo cuidado; se concibe perfectamente por lo que va dicho que dos cuerpos de igual masa y temperatura, sus capacidades caloríficas serán como las cantidades de hielo fundidas. La capacidad exterior BEF se llena de hielo fundente á fin de que la radiacion de los cuerpos circunvecinos no ejerza accion sobre el hielo que rodea al cuerpo.

Si se tratase de un liquido seria necesario introducirle en una vasija, cuya capacidad calorifica conociésemos previamente, para poder descontar de el resultado final la parte correspondiente á esta, y deducir con esactitud lo que corresponde al liquido propuesto.

El método del enfriamiento, consiste en ver lo que tardan los cuerpos en descender un número de grados de temperatura, supuestas enteramente iguales las condiciones para la radiacion en ambos, y sus capacidades se hallarán en razon de los tiempos empleados.

Las capacidades caloríficas de los cuerpos no son las mismas á todas las temperaturas; necesitando un cuerpo tanta mas cantidad de calor para elevar un grado su temperatura, cuanto mas alta sea aquella en que le consideramos: que es lo mismo que decir, que las capacidades crecen con la temperatura.

212. Para determinar las capacidades de los gases se hace pasar por un serpentín, rodeado de agua, una corriente constante de gas á una temperatura superior á la del liquido, al cual cederá calor y elevará poco á poco su temperatura. Haciendo igual operacion con el aire, ó con otro gas que se haga pasar tambien con la misma velocidad, cederá una cantidad diferente de calor, y por consiguiente la temperatura de equilibrio será diferente tambien de la primera. Con estos datos se puede hallar la capacidad calorifica del gas, conocida su temperatura inicial y la cantidad perdida al atravesar el serpentín.

Las capacidades caloríficas esplican lo que decíamos en la radiacion respecto á la naturaleza de los cuerpos; pues que desde luego se echa de ver que en igualdad de todas las de-

más circunstancias, el cuerpo que haya necesitado mayor cantidad de calor para elevar un grado de temperatura, habrá de desprender mayor cantidad para el descenso de ese mismo grado, ó lo que es lo mismo, radiará tanto mas cuanto mayor sea su capacidad calorífica. Sucede lo mismo en las dilataciones, pues que el cuerpo se dilata en razon del calor recibido y no de lo que marca el termómetro; así es que nada tiene de extraño que el coeficiente de dilatacion sea diferente para cada cuerpo, puesto que el calor necesario para elevar su temperatura de un grado, es tambien diferente en cada uno, y tampoco debe sorprender que el coeficiente aumente con la temperatura, puesto que tambien aumenta la capacidad calorífica.

En la conductibilidad se nota que tambien tiene influencia esta propiedad en la razon de una y otra progresion, ó sea en la rapidez del descenso de temperatura á una distancia dada del origen. Vemos por todo esto que la cuestion de las capacidades caloríficas, no solamente es importante por si misma, sino que arroja una nueva luz que permite explicar y profundizar los fenómenos de que anteriormente nos hemos ocupado.

LECCION LI.

Cambio de estado de los cuerpos.—Tránsito de sólido á líquido y vice versa.—Calor latente.—Medios de apreciarle.

215. Desde las primeras lecciones hemos admitido que el cambio de estado de los cuerpos era producido por el agente llamado calor; pero en la altura que ya nos encontramos se debe averiguar del modo que estos tránsitos se verifican. Hemos espuesto, al tratar de las dilataciones, las condiciones necesarias para que un cuerpo se halle en uno ú otro de los tres estados en que puede presentarse; así que, concebiremos muy bien que un cuerpo sólido sufriendo la accion de un foco de calor debe dilatarse; é ir por consiguiente aumentando la fuerza repulsiva, y disminuyendo la atractiva hasta llegar á ser ambas iguales, ó estar en equilibrio, en cuyo caso el cuerpo pasará y se hallará en estado líquido.

Estudiando detenidamente el fenómeno, se observa que, para que el cambio de estado se verifique, es indispensable que la accion del foco de calor no cese, ni el cuerpo se aleje

de su inmediata esfera de actividad; y además que el tránsito no se verifica de un modo brusco, sino que va produciéndose sucesivamente, aunque con mas ó menos rapidez segun la energía del foco. Se observa tambien que la temperatura del cuerpo se eleva hasta empezar á convertirse en liquido, en cuyo caso permanece estacionaria, en tanto que el cambio se verifica, y continúa elevándose luego que todo el cuerpo se ha reducido á liquido. Esta temperatura fija es siempre la misma para cada cuerpo, y diferente para cada uno de ellos.

Esta es la razon de elegir para uno de los puntos fijos del termómetro la temperatura del hielo fundente, porque siempre es la misma, y como permanece constante todo el tiempo que dura la licuacion, nos facilita el marcarla con exactitud. Allí se pone cero porque es el principio de la escala; pero pudiera ponerse otro número cualquiera, como resulta en el termómetro de Farenheit, toda vez que este punto es el cero del aparato, pero no el cero de calor que siempre nos será desconocido.

— Importa mucho averiguar qué se hace del calor que el foco emite durante el cambio de estado, puesto que es insensible al termómetro. Este calor queda oculto en el cuerpo, como lo prueba su aparicion ó desprendimiento al regresar al estado sólido; así ha recibido el nombre de *calor ó calórico latente*: este calor se emplea en mantener las moléculas á las distancias necesarias para que el cuerpo afecte el estado liquido, y no influye ni se hace sensible en la temperatura del cuerpo.

214. Tampoco la solidificacion ó regreso de los cuerpos de liquido á sólido se verifica de un modo brusco ó instantáneo; pero aquí ya se hallan causas que hacen que este punto no sea tan fijo como el de la licuacion, por cuya razon se ha destinado para punto fijo del termómetro el de la fusion del hielo y no el de la solidificacion del agua. Con efecto, y dejando aparte que el agua sea mas ó menos pura, lo que en realidad constituye ya un liquido diferente, este cuerpo puede estar algunos grados bajo cero sin congelarse, lo cual se verifica estando el liquido en una tranquilidad perfecta, ó introducido en tubos capilares.

Liquidos hay tambien, como el éter y el alcohol, que no se solidifican nunca, por cuya razon se prefiere el alcohol al mercurio en la construccion de termómetros que hayan de servir para muy bajas temperaturas; no solo porque el mercurio se

solidifica á 40°, sino que el coeficiente de dilatacion del mercurio no puede mirarse como constante hasta este punto; y el del alcohol que no lo es en temperaturas altas por hallarse cerca de su punto de ebullicion, que es á 78°, tiene toda la regularidad deseada en las bajas temperaturas.

La medida del calor latente puede efectuarse al pasar el cuerpo de sólido á líquido, ó en el cambio contrario; esto es, puede medirse cuando le absorve, ó tambien cuando le desprende, ó pasa como se dice, á ser *calórico sensible*. El procedimiento no difiere sensiblemente del método de las mezclas, espuesto con otro objeto y en otro lugar; todo está en poner el cuerpo que haya de liquidarse, en contacto con el mismo cuerpo, á fin de que la capacidad calorifica sea tambien la misma; á una temperatura suficientemente elevada para que la fusion sea completa, y tomar la temperatura final que nos dirá la cantidad que ha absorbido la parte sólida para liquidarse.

Así es, que si ponemos una libra de agua líquida á 0° con otra libra á 79° resultan dos libras á la temperatura media de 39,5; pero si empleamos una libra de hielo á 0° y otra de agua á 79° obtendremos dos libras de agua á 0°; luego los 79° de la una libra han sido empleados en fundir la otra, y por lo tanto el número 79° espresa el calor latente del agua.

Esto explica la dificultad de congelarse el agua en grandes masas, porque para verificarlo está desprendiendo 79° de calor que influyen en el ambiente y retardan la operación; y del mismo modo, teniendo para liquidarse que absorber los mismos 79° y habiendo de sacarlos del recinto y de los cuerpos circunvecinos, explica perfectamente el frio que se advierte en la inmediacion de un depósito de agua que se deshuela.

LECCION LII.

Tránsito de líquido á vapor y regreso de este al estado líquido.
—*Calor latente del vapor de agua.*

215. En el tránsito de los cuerpos de líquido á vapor se verifica tambien como en el de sólido á líquido una absorcion de calor, puesto que el cambio no tiene lugar de un modo brusco, y que un termómetro introducido en la masa, indica una temperatura constante en todo el tiempo que dura la pro-

duccion del vapor. No podemos decir aqui sin muchas restricciones que siempre tenga lugar el tránsito á una misma temperatura, pues hay no pocas causas que la hacen variar, como veremos en la leccion siguiente.

Este calor latente de los vapores, se desprende y pasa á ser libre en el regreso del cuerpo al estado líquido, como se verificaba en el paso de líquido á sólido. En este caso, como en los anteriores, se observa que el calor latente es diferente para cada cuerpo; lo que está conforme con su diferente conductibilidad y poder radiante, y sobre todo con la diferente capacidad calorífica.

Para medir el calor latente de los cuerpos líquidos, hemos visto en la anterior leccion el medio que puede en general emplearse, que consiste en averiguar directamente por el método de las mezclas la cantidad absorbida que es exactamente el calor latente que buscamos; en el caso presente, en que se trata de averiguar el calor latente de los vapores, es necesario valerse del medio que pudiéramos llamar contrario, esto es, medir el calor que desprenden al regresar al estado líquido; así es como se ha averiguado que el agua en vapor abandona una cantidad de calor capaz de elevar á 543° una cantidad igual del mismo líquido á 0° , ó elevar de 1° una masa del mismo líquido 543 veces mayor. Este número 543° espresa el calor latente del vapor de agua á 100° , que es la temperatura ordinaria de su formacion; pero el calor total viene representandopor la suma, y es por consiguiente igual á 643°

Este calor latente no es constante á todas las temperaturas siendo tanto mas considerable cuanto estas son mas elevadas.

La considerable cantidad de calor que abandona el vapor de agua, le hace muy á propósito para calentar un baño, ó para otros usos parecidos; así se emplea tambien para calentar las habitaciones dirigiéndole por tubos metálicos por ser buenos conductores, y ennegreciéndolos exteriormente para que radien el calor en el recinto que se trata de calentar.

El calor latente que absorven los cuerpos al reducirse á vapor, esplica el frio producido en estos casos; así es como se advierte un gran descenso de temperatura echando en la mano algunas gotas de un líquido volátil, pues que al reducirse á vapor ha de absorber precisamente el calor latente necesario, y en la ausencia de foco de calor que inmediatamente le produzca, tiene que sacarlo del cuerpo ó cuerpos mas inmediatos;

asi es que roba calor de la mano dando lugar al frio ó descenso de temperatura que experimentamos. Siempre que los líquidos se reducen á vapores, sin hallarse en contacto con un foco de calor, producen frio en los cuerpos que se hallan al derredor, como acabamos de explicar; asi es como se enfria el agua en nuestras alcarrazas, cuya bondad consiste en que sean muy porosas, para que se recubran esteriormente de una capa de líquido que reduciéndose á vapor, roba calor del vaso y del agua que contiene, y la enfria con tanta mas rapidez cuanto la capa líquida se renueva mas prontamente para evaporarse como la anterior y ser reemplazada por otra, que produce á su vez el mismo efecto, y así continuando.

LECCION LIII.

Ebullicion.—Vaporizacion.—Evaporacion.

216. Para la produccion de los vapores, cuando el líquido se halla en comunicacion inmediata con el foco de calor, se necesita la presencia del fenómeno que denominamos *ebullicion*. Sabemos que un líquido calentado por la parte inferior, produce corrientes de moléculas calientes que suben por las paredes, y de moléculas que hemos llamado frias que descienden por el eje; esto nos dice que las capas inferiores son las que, permaneciendo el vaso al fuego, tienen siempre mas elevada temperatura; y como aumentando el calor, la fuerza de cohesion del líquido se va debilitando, llegará un momento en que sea nula, y en que por consiguiente la capa inferior, que por lo que va dicho será la primera que se halle en este caso, se reduzca á vapor, y se eleve al través del líquido para dejar sitio á otra que adquirirá el mismo estado, se elevará á su vez, y así prosiguiendo.

Si colocamos una vasija con agua encima de un foco de calor, observaremos primeramente una especie de silbido que proviene del aire que se dilata, se desprende y se eleva para lanzarse á la atmósfera; en seguida empieza un ruido sordo, como vulgarmente se dice, que va aumentando sin cesar como si fuese aproximándose, y se produce al mismo tiempo una agitacion creciente en la masa líquida, lo cual proviene de que las capas líquidas del fondo, reducidas á vapor y eleván-

dose en virtud de su menor densidad, llegan á capas mas frias que liquidan á las primeras, pero abandonando estas la gran cantidad de calor latente que poseen, calientan al liquido de modo que permita el libre paso del vapor que llegue en seguida: así es que las burbujas de vapor formadas en el fondo estallan en capas cada vez mas próximas á la superficie, lo que produce el ruido de que antes hemos hablado; finalmente, las burbujas llegan á la superficie donde estallan, el vapor se lanza á la atmósfera y la ebullicion se verifica plenamente entonces.

El liquido para hervir tiene que vencer la cohesion de sus moléculas, la adherencia con las paredes, ó mejor con el fondo de la vasija y la presion atmosférica, á la que hay que añadir, puesto que el vapor se forma en el fondo, la presion que la columna líquida produzca sobre el mismo. La diferente cohesion que debe vencer el líquido para reducirse á vapor, puede esplicarnos por qué el punto de ebullicion no es el mismo en los diferentes cuerpos en igualdad de todas las demás circunstancias: la adherencia con la sustancia de la vasija, nos dice por qué hierven los líquidos antes cuando los vasos son metálicos que cuando son de vidrio ó porcelana; y finalmente, la influencia de la presion, nos esplica la razon de hervir mas pronto los líquidos en vasos de poca profundidad que en los que la tienen considerable, y la observacion y la esperiencia dan que el punto de ebullicion varia con la presion barométrica, lo que se concibe muy bien, puesto que es un peso ú obstáculo que se opone á la difusion del vapor.

Ahora comprenderemos la razon de elegir el punto de ebullicion del agua para punto fijo del termómetro, y la necesidad de las precauciones que allí esplicábamos, inclusa la de no introducir el aparato en el líquido y solo rodearle con el baño de vapor producido, porque la única capa que tiene la temperatura del vapor formado, y que designamos por 100° , es la superior, pues en las demás la temperatura crece con la profundidad de la masa.

La influencia de la presion barométrica nos dá medios de anticipar ó retardar el punto de ebullicion de los líquidos. Efectivamente, en el vacio puede hacerse hervir el agua á una temperatura de 35° á 40° , y los demás líquidos análogamente; y si queremos retardar el punto de ebullicion, nos valdremos de la llamada olla ó marmita de Papin, que con-

siste en una vasija de bronce (*fig.* 98) de paredes gruesas, cubierta con una tapadera sujeta fuertemente con un tornillo; en ella conseguiremos elevar la temperatura del liquido sin mas límites que los de la resistencia del vaso, pues que no pudiendo lanzarse el vapor á la atmósfera, se forma una artificial que impide la ebullicion, y la temperatura puede elevarse como hemos dicho. Por esta razon advertiamos en la graduacion del termómetro que el vaso en que hervia el agua quedase abierto, pues de otro modo la temperatura no seria la que necesitamos. Por la misma razon, el termómetro de alcohol, aunque el liquido hierve á 78°, puede marcar 100°, y aun mas, pues que hallándose cerrado forman los vapores la atmósfera artificial de que hemos hablado.

217. Este modo de producirse los vapores recibe el nombre de *vaporizacion*, y se da el de *evaporacion* á los producidos sin foco inmediato de calor, ó digamos sia ebullicion. Los líquidos están siempre evaporándose mas ó menos rápidamente, y el calor latente necesario lo sacan de los cuerpos circunvecinos, del aire y del liquido mismo; por esta razon la evaporacion produce frio, como hemos examinado en la leccion anterior. Fundándonos en esto, se puede llegar á helar el agua en el vacío; se coloca una vasija metálica de poco fondo con el agua destinada al esperimento, se pone en su inmediacion un vaso con ácido sulfúrico concentrado, y se hace el vacío; la evaporacion es rápida, puesto que no hay el obstáculo de la presion del aire, mas esto produciria poco, porque esta presion se reemplazaria pronto con la que produjese la fuerza elástica del vapor emitido, pero el ácido sulfúrico absorve los vapores á medida que se forman, y por consiguiente el vacío y la evaporacion continúan, el calor latente necesario es producido por el agua misma, la que por consecuencia se enfria hasta el punto de congelarse.

La evaporacion difiere de la vaporizacion en el modo y en la rapidez de formarse los vapores; en la vaporizacion se forman en el fondo y atraviesan la masa líquida para dirigirse á la atmósfera, y en la evaporacion se producen en la superficie; en la vaporizacion se desprenden rápidamente, pues la presencia del foco calorífico comunica todo el calor latente necesario; en la evaporacion la produccion es mas lenta porque ha de sacar el calor latente, segun va dicho, del recinto y de los cuerpos que le rodeen; pero el vapor es idéntico en

ambos casos, y por uno y otro procedimiento puede hacerse desaparecer el líquido de una vasija.

Si tomamos una plancha metálica y colocándola sobre un foco de calor elevamos considerablemente su temperatura, las gotas de agua que se proyecten sobre ella, en vez de reducirse rápidamente á vapor como parece debia verificarse, toman una forma globular, y solo se produce una evaporacion muy lenta: pero si en este estado se apaga el foco calorífico, ó se hace que los glóbulos de agua salgan del espacio central de la lámina, en que suponemos la temperatura mas elevada; la ebullicion se manifiesta instantáneamente produciendo la desaparicion del líquido. Boutigny á quien se deben numerosas y trascendentales observaciones sobre estos fenómenos, los ha dado á conocer con el nombre de *estado esferoidal*; no siendo solamente el agua el cuerpo que produce este fenómeno, sino que es estensivo á los demás líquidos.

LECCION LIV.

Tensiones de los vapores.—Medida de sus fuerzas elásticas.

218. *La cantidad de vapor que un líquido puede emitir está modificada por la naturaleza del mismo, por la temperatura y por la capacidad del recinto.* Los líquidos situados en recintos iguales y á la misma temperatura, no emiten lá misma cantidad de vapor; así como un mismo líquido en un mismo recinto, no emite tampoco la misma cantidad de vapor á todas las temperaturas, produciendo mayor cantidad cuanto mas alta sea esta; y tambien un mismo líquido y á una temperatura dada producirá tanto mas vapor cuanto mayor sea la capacidad del recinto. Resulta de aquí que un líquido dado, colocado en un recinto determinado y á una temperatura dada, no emite tampoco más que una cantidad dada de vapor, y cuando esto se ha verificado se dice que el recinto está *saturado* de vapor.

Los vapores en virtud de su fuerza elástica, desenvuelven una tensión variable con la naturaleza del líquido y creciente con la temperatura, cuyo máximun se halla respectivamente en el punto de saturacion. Los líquidos producen la misma cantidad de vapor en un recinto dado, ya esté vacío ó se halle ocupado por aire ó por otro gas; solo hay diferencia en la

rapidez de la formacion, pues que en el vacío esta es instantánea y en el aire es mas lenta por tener que acomodarse sucesivamente el vapor en los intersticios de aquel fluido.

Para demostrar la influencia de las circunstancias examinadas y medir las fuerzas elásticas de los vapores en las temperaturas ordinarias, se emplea el que se ha convenido en llamar *barómetro de vapor*, que consiste (*fig. 99*) en un barómetro ordinario con una cubeta muy profunda; se le concluye de llenar al construirle con una porcion del liquido cuyos vapores queremos examinar, el cual al invertir el tubo se dirigirá á la parte superior en virtud de su menor densidad, quedando por lo tanto sobre la columna de mercurio terminada que sea la construccion del aparato. El liquido producirá los vapores necesarios para la saturacion de la cámara barométrica, quedando aun sobre el mercurio una parte de liquido que suponemos en esceso; la fuerza elástica de los vapores en este caso se hallará medida por la diferencia entre la altura del mercurio en este barómetro y en otro comun y ordinario. Así dispuesto el aparato, y visto que podemos variar de cuerpo para estudiar la influencia del mismo, hallamos que no hay tampoco dificultad en variar la temperatura y la estension ó capacidad del recinto; haciendo variar la temperatura se observa que á medida que esta aumenta, el mercurio descende y el liquido que se halla encima disminuye, lo que nos dice que la cantidad de vapor y la fuerza elástica aumentan con la temperatura; si conservamos la temperatura invariable y hacemos variar la capacidad de la cámara barométrica, lo que estará reducido á introducir más ó menos el tubo en la cubeta, notaremos que al disminuir el recinto aumenta la cantidad de liquido, lo que proviene de que una parte de vapor abandona su estado elástico, pero la altura de la columna mercurial no varía, lo que prueba que la fuerza elástica permanece la misma: si por el contrario aumentamos la capacidad sacando en parte el tubo de la cubeta, observaremos que el liquido disminuye por la produccion de nuevos vapores, pero la fuerza elástica permanece aun la misma, como lo prueba la constancia en la altura del mercurio. Esto nos dice que hay una *tension máxima para los vapores*, de lo cual no participan los gases, los que aumentarían la fuerza elástica al disminuir la capacidad y disminuirían al aumentarla; debe sin embargo tenerse presente que á los vapores les pasaria lo que á los ga-

ses, en el caso de haber puesto poco liquido y que todo se hubiese reducido á vapor.

219. Si necesitásemos conocer las fuerzas elásticas de los vapores en temperaturas inferiores á 0° , se emplearía el mismo aparato, solo que se encorvaria la parte de tubo correspondiente á la cámara barométrica, para introducirle en un vaso que contuviese una mezcla frigorífica convenientemente dispuesta.

Si quisiésemos determinar las fuerzas elásticas en temperaturas superiores á 100° , habria que colocar el liquido en una caldera y servirse de un manómetro ó tubo de Mariotte para averiguarlo.

Si en el barómetro de vapor elevamos suficientemente la temperatura, observaremos que á la correspondiente á la ebullicion del liquido allí encerrada, todo el mercurio cae á la cubeta, lo que nos dice que á la temperatura de la ebullicion, los vapores de todos los liquidos poseen una fuerza elástica igual á la presión atmosférica. Siendo esto así, parece que las fuerzas elásticas deben ser las mismas en puntos que disten igualmente del de ebullicion; es decir, que siendo iguales las fuerzas elásticas en el vapor de agua á 100° , en el de alcohol á 78° y en el de éter á 37° , deberán serlo á $100^{\circ}-10^{\circ}=90^{\circ}$ en el agua, á $78^{\circ}-10^{\circ}=68^{\circ}$ en el alcohol y á $37^{\circ}-10^{\circ}=27^{\circ}$ en el éter. Esta ley sin embargo no es exacta mas que para los liquidos muy volátiles, y aun en estos para puntos poco distantes del de ebullicion.

220. La *densidad de los vapores* no puede hallarse por el mismo procedimiento empleado para los gases, porque vemos que la mas ligera presión liquidaria una parte. Se toma una campana de vidrio de una altura bastante menor que la media correspondiente al barómetro en el punto de que se trata, se la divide en partes de igual capacidad, se la llena de mercurio y se la invierte en una caja de hierro llena del mismo metal. Se toma una esferilla de vidrio soplado y se la pesa cuidadosamente, se la llena del liquido, cuyo vapor se trata de examinar, y pesándola de nuevo nos dará el peso del liquido contenido. En este estado se introduce por debajo de la campana la esferilla de que se trata, la cual se dirigirá por su menor densidad á la parte superior del aparato; se calentará este hasta conseguir que la esfera estalle por la dilatacion del liquido y que este se reduzca á vapor, y la parte

de campana que ocupa nos dará el volúmen de vapor producido por una cantidad conocida de líquido, ó lo que es lo mismo, *se conocerá el peso de un volúmen de vapor en circunstancias tambien conocidas de temperatura y de presion.* Dividiendo este peso por el de un igual volúmen de aire, tomado en iguales circunstancias, se tendrá la densidad buscada.

Hemos visto que, por un ligero aumento de presion ó un pequeño descenso de temperatura, los vapores regresan al estado líquido; los gases permanentes pueden tambien liquidarse, y aun solidificarse por un aumento grande de presion y un descenso conveniente de temperatura; verdad es que no todos se han conseguido liquidar, y solidificar solo al ácido carbónico, pero no podemos asegurar si la imposibilidad existe en estos cuerpos, ó si, lo que es mas probable, consiste en la ineficacia de los medios empleados hasta el dia.

LECCION LV.

Fenómenos meteorológicos dependientes del calor.—Rocto.—Escarcha.—Nubes.—Nieblas.—Lluvia.—Nieve.

221. El calor produce, ya en la tierra que habitamos, ya en la atmósfera, fenómenos notables y de gran importancia, tanto en sus detalles como en sus resultados. Al dar cuenta de la construccion del termómetro espusimos la del termómetrografo ó termómetro de máxima y mínima, el cual puede ser muy útil en la investigacion de las temperaturas medias del dia para venir á parar en la determinacion de la del año, y por fin en la que corresponda al parajé en que la observacion se practique. Reunidas las observaciones de las temperaturas medias de los diferentes puntos del globo, se procede á señalar sobre el mismo las *líneas isotermas* ó de igual temperatura media, las cuales no coinciden con los paralelos, sino que son curvas particulares, cuya forma y posicion varia con el tiempo.

Si dirigimos las investigaciones al interior de nuestro planeta, hallamos que la temperatura varia con la profundidad y que á distancias de la superficie, variables para cada lugar, se encuentra una *capa invariable* ó de temperatura fija, mas abajo de la cual la temperatura aumenta con la profundidad.

Si nos consideramos elevados en la atmósfera hallamos una

temperatura decreciente á partir de la superficie terrestre, la cual llega á ser con la altura la que se llama *línea de nieves perpétuas*, que tambien forma una curva elevada diferentemente en los diversos países sobre el nivel del mar. En esta misma atmósfera, el calor elevando el aire de unas regiones y determinando al mas frio de las inmediatas á precipitarse sobre las primeras, da lugar á los *vientos* que barren la superficie del globo, y que llegan en algun caso á convertirse en *huracanes* que derriban árboles y edificios.

La esplicacion de todos estos fenómenos, la hallamos en el calor que el sol radia sobre la tierra en cantidad variable en las diferentes estaciones, no tanto á causa de su distancia, distinta en cada una de ellas, sino de su oblicuidad respecto á cada uno de los países del globo: á esta causa se agrega la del calor que radia este, procedente del *calor central* que posee, y que puede esplicarse de diversas maneras.

222. Hallándose las tres cuartas partes del globo recubiertas de aguas, se concibe sin dificultad la prodigiosa cantidad de vapor que deben producir, y que por consiguiente el aire contendrá una cantidad que dependerá siempre de su temperatura, puesto que la naturaleza del líquido y el recinto son siempre los mismos. Este vapor de agua extendido en el aire, pero no disuelto en el mismo, como lo prueba la existencia del vapor en el mas perfecto vacío, produce por las diferentes variaciones de temperatura, fenómenos que han sido designados con el nombre de *meléoros acuosos* y que no son menos fáciles de esplicar que de observar.

En la ausencia del sol, en las noches claras y serenas, los cuerpos pierden por la radiacion una cantidad de calor que puede llegar á ser suficiente para constituir al cuerpo en una temperatura tal, que el vapor de agua contenido en las capas de aire que le rodean, se precipite sobre el cuerpo mismo, abandonando su estado elástico, y dando lugar á la formacion de gotas líquidas, que es lo que constituye el *rocío*, el cual no puede formarse cuando el tiempo está cubierto, en razon á no ser la radiacion suficiente para producir el enfriamiento necesario: y tampoco puede verificarse cuando reinen vientos impetuosos que impidan la precipitacion ó arrebatan el líquido apenas depositado. Esta precipitacion de los vapores sobre un cuerpo frio la notamos en el empañado de los vidrios de las habitaciones, que siempre tiene lugar del lado en que la tem-

peratura es mas elevada. Si la temperatura es tan baja que permite la congelacion de las gotas infinitamente pequeñas, á medida que se van depositando, constituye la *escarcha*.

Los vapores suspendidos en el aire pueden reunirse por un descenso de temperatura, y dar lugar á una disposicion particular ó á un estado intermedio entre el elástico y el líquido, llamado estado *vesicular*, que consiste en unas *vesículas* ó pequenísimas esferillas, formadas de una capa infinitamente delgada de líquido y llenas de vapor. Estas vesículas dan lugar por su reunion á la formacion de las *nubes*, que se mantienen en el aire á semejanza de un globo aereostático, porque el calor que las vesículas radian eleva la temperatura del aire interpuesto, el cual no teniendo la suficiente libertad de moverse, llega á constituir con las vesículas un todo menos denso que el aire en que flota, y se mantiene suspendido ayudado tambien por las corrientes ascendentes que se elevan de la tierra. A las veces estas *nubes* llegan hasta nosotros, en cuyo estado constituyen las *nieblas*.

Estas vesículas, enfriadas ó agrupadas por vientos contrarios, pueden reunirse en gotas, las que no pudiendo ya sostenerse caen y producen la *lluvia*, la cual tiene lugar ordinariamente por la reunion de dos corrientes de aire á distinto estado de saturacion, y que unidas producen una cantidad de vapor superior al que se necesita para la saturacion á la temperatura de la mezcla. Para medir la cantidad de lluvia que cae en un paraje se usa el aparato llamado *pluviómetro*, que consiste (*fig. 100*) en un vaso metálico con un tubo lateral que sirve para medir la altura del agua recogida, y lleva en su parte abierta un cono, que sin impedir la entrada de la lluvia, impide en cuanto es posible la pérdida que resultaría por la evaporacion. Las pequenísimas gotas que primitivamente se forman, pueden cristalizar por un enfriamiento brusco en agujas sumamente finas, las cuales se entrelazan y dan origen á la *nieve*, formada por estrellas de seis radios, estremadamente blancas y opacas en razon al aire interpuesto.

LECCION LVI.

Higrometría.—Descripción y usos de los higrómetros mas usados.

225. La humedad del aire, produciendo variaciones en las dimensiones de algunos cuerpos que gozan de la propiedad de absorverla, y precipitándose sobre otros en circunstancias determinadas de temperatura y de presión, han dado lugar á la formación de aparatos llamados *higrómetros*, que pueden ser de *absorción* ó de *condensación*.

El higrómetro mas exacto de los de absorción es debido á Saussure, y consiste en un cabello desengrasado (*fig. 101*) fijo en un punto A, de un rectángulo formado por varillas de latón y que en B se une á una polea de la que pende un hilo con un pequeño peso C, destinado á mantener tenso el cabello. En el eje de esta polea lleva una aguja DE que puede recorrer un arco MN, y que cuando la humedad produce el aumento de longitud del cabello gira acercándose á M, y cuando la sequedad le contrae marcha en el sentido opuesto. Para graduar este aparato se eligen dos puntos fijos, que son la extrema humedad y la extrema sequedad; para el primero se coloca el aparato bajo una campana de vidrio que descansa sobre una vasija de mayor diámetro, y llena de agua, con el objeto que el aire pueda tomar todo el vapor necesario, para la saturación y que la comunicación entre el aire exterior é interior se encuentre interceptada: el cabello va alargándose y la aguja dirigiéndose á M hasta quedar estacionaria, en cuyo punto se marca 100. Para el punto de la extrema sequedad se coloca el higrómetro bajo una campana de vidrio con sustancias que puedan absorber la humedad, y cuidando como antes de interceptar la comunicación entre el aire exterior y el interior; el cabello va contrayéndose y la aguja dirigiéndose á N, hasta un punto en que permanece fija, y en el que se señala 0. Este arco se divide en 100 partes iguales, que se denominan grados del higrómetro.

Por la construcción del aparato se echa de ver, que marca centésimas partes de la cantidad de vapor necesario para la saturación del recinto en que se halla; pero como la cantidad necesaria para la saturación cambia con la temperatura, es in-

dispensable unir un termómetro al aparato, lo mas próximo posible del cabello, para que nos diga la temperatura esacta á que se opera. Así cuando marca v. gr., 56° nos dice que hay en el aire 0,56 de la cantidad necesaria para saturarle á la temperatura que el termómetro señale; pero esta cantidad que para la saturacion se necesita no puede darla el aparato, así es que los grados no son proporecionales con la cantidad de vapor que existe en el aire, y por consiguiente ha sido necesario calcular tablas que puedan dar la cantidad buscada.

Se hacen tambien higrómetros de barbas de ballena, de cuerdas de guitarra y de algunos otros cuerpos, pero que no es fácil hacer comparables del modo que con el de cabello se verifica.

224. El higrómetro de condensacion mas esacto es debido á Daniell; se compone de un tubo de vidrio (*fig. 102*) dos veces encorvado y terminado en las dos esferas A y B: el interior de este aparato se halla purgado de aire, llevando solo una cantidad de éter suficiente á llenar la esfera B: y que produce vapores que saturan el resto de la capacidad; lleva además un termómetro dentro de la bola y tubo B, y otro en C en la montura del aparato. Se recubre la esfera A con un trozo de batista, y se vierte éter sobre ella; este liquido se evapora, para lo cual roba calor de la esfera misma; este calor absorbido produce un enfriamiento y la consiguiente liquidacion del vapor de éter contenido en la esfera; resultando que el espacio no queda saturado, y como en el vacio los vapores se emiten instantáneamente, se produce en B una nueva cantidad suficiente á verificar la saturacion completa como se hallaba antes de la liquefaccion en A; pero estos vapores van sucesivamente liquidándose á medida que llegan á la esfera A, de forma que la saturacion no llega á tener lugar por mas rápidamente que se produzcan vapores en B; mas esta evaporacion rápida necesita absorber calor que saca del éter mismo y de la esfera B, la cual se enfria hasta el punto de determinar la precipitacion del vapor de agua contenido en las capas de aire que la rodean, el cual aparece empañando la bola. En el momento en que empiezan estos vapores á depositarse se suspende la operacion, y se observa la temperatura que marcan ambos termómetros, de los cuales el de la montura nos dará la del recinto, y el de la esfera B nos dirá el enfriamiento que ha sufrido para determinar la condensa-

cion del vapor; de forma que la cantidad de vapor que hay en el aire es la necesaria para su saturacion, á la temperatura que señala el termómetro B.

El higrómetro últimamente descrito es mas esacto que el primero; razon por la que se le emplea generalmente con preferencia, sin que quiera esto decir que no tenga en su construccion y usos algunos motivos de error, pero no está sujeto á los inconvenientes que el de cabello. Regnault ha discurrido otro higrómetro, aun no bastante estendido, con el que pretende haber hecho desaparecer todas las dificultades é inconvenientes que presenta el uso de estos aparatos. Cualquiera que sea el higrómetro que se use, vemos que sus indicaciones, juntas con las del termómetro y barómetro, son las que pueden conducirnos á predecir con la posible esactitud los cambios que se sucedan en la atmósfera.

LECCION LVII.

Máquinas de vapor.

225. Las máquinas de vapor son tan importantes, bajo cualquier aspecto que se las considere, que no es posible pasar en silencio su disposicion, si bien considerada con la estension que hace á nuestro propósito. Estas máquinas no son otra cosa que bombas movidas por el vapor, pero que tienen colocada la potencia y la resistencia al contrario que las comunes, que ya conocemos; en estas sabemos que la potencia se aplica al vástago del piston, y la resistencia que forma el agua que se ha de elevar actúa sobre el piston mismo; y en las de vapor, este se aplica al émbolo y constituye la potencia que le pone en movimiento, y la resistencia se halla aplicada á la varilla, que es la que mueve las máquinas ó aparatos á que se destina.

Imaginemos una bomba (*fig. 103*) que por su parte inferior comunica con la caldera C, en donde el vapor se produce; si abrimos la llave L, el vapor se precipitará en el cuerpo de bomba y hará elevar al piston P hasta el punto mas alto de su carrera; si en este estado se cierra la llave L y se abre la L', el piston descenderá por la presion de la atmósfera, débilmente neutralizada por el vapor de la parte inferior, puesto que saldrá por el tubo L' y que se irá enfriando y dis-

minuyendo por consiguiente de fuerza elástica; si se cierra la llave L' y se abre la L, el vapor volverá á elevar el piston, y así se continuará.

Como el descenso del piston por la presión atmosférica se halla sujeto á inconvenientes que alteran la regularidad de su marcha, se ha discurrido, y se usa con buen éxito, suprimir esta acción y reemplazarla por la del vapor, introducido alternativamente encima y debajo del piston; así es, que abriendo las llaves L y L' (*fig. 104*) el vapor se precipita por L y eleva el piston, y el aire ó vapor que haya encima se verá obligado á salir por la L'; llegado el piston P al punto más elevado, se cierran las dos llaves L y L', y se abren las L'' y L''', el vapor pasa por la L'' á actuar sobre la cabeza de piston para hacerle descender, y el que habia en la parte inferior saldrá por L'''; cerrando estas llaves y abriendo las primeras, el piston se elevará, y así proseguirá tanto como se necesite.

Hemos supuesto llaves para dar ó interceptar el paso al vapor; pero lo que se emplean son válvulas que pone en movimiento la máquina misma. El vapor que ha servido y que se obliga á salir del cuerpo de bomba, puede dejarse perder en la atmósfera, ó dirigirse á un vaso separado donde por medio de una inyección de agua fría se verifica su liquefacción ó condensación, de donde le viene á este depósito el nombre de *condensador*. La cantidad de agua fría que se necesita es considerable, puesto que sabemos la alta temperatura que representa el calor latente del vapor, y el agua caliente que resulta de la condensación se aprovecha con ventaja para alimentar la caldera, en la que es necesario introducir agua que reemplace á la que se reduce á vapor y que mantenga el nivel á la misma altura.

Una vez conseguido el movimiento alternativo del piston, está reducido á una cuestión de mecánica el transformar este movimiento y el hacerle servir para todo cuanto se desee. Con el objeto de regularizar el movimiento se aplica un volante ó rueda, que viene á ser un depósito de fuerza, que recibe cuando la máquina tiene algun exceso, y se la devuelve cuando se verifica lo contrario; además con este mismo objeto, y con el de economizar el vapor, y por consiguiente el combustible, se han ideado las *máquinas de expansión*, que consisten en detener la entrada del vapor cuando el piston se halla v. gr.

á la mitad de su carrera, en cuyo caso la concluye por la velocidad adquirida, ayudada de la expansion que produce el vapor en virtud de su fuerza elástica.

Las calderas son ordinariamente de chapa de hierro, cilindricas y terminadas por hemisferios; estas, además de necesitar la resistencia suficiente para sufrir la presion interior que el vapor produce en altas temperaturas, llevan válvulas de seguridad para prevenir las esplosiones; estas son ó bien cónicas cargadas de pesos convenientes, ó fusibles que á una temperatura dada se fundan y dejen salir al vapor, ó bien elásticas que puedan saltar cuando la presion llegue cerca del límite dispuesto, y del que no podria pasar sin verificarse la esplosion: llevan además un tubo manométrico que indique la fuerza elástica del vapor, tubos que comunican con la bomba alimenticia, tubos que dan paso al vapor que ha de actuar sobre la máquina, otro con un flotador que regulariza la altura del agua en la caldera, y otro que regulariza y modifica el tiro de la chimenea, y por lo tanto la rapidez de la combustion.

Imposible es entrar en todos los detalles de la construccion de estas máquinas; pero basta lo dicho para un curso puramente elemental, siendo fácil con estos principios y en vista de un buen modelo comprender todo el mecanismo.

Varios medios se han ideado para reemplazar al vapor; pero ninguno hasta el dia ha correspondido á lo que se deseaba: tal vez la fuerza electro-magnética sea la destinada á sustituirle, y si un dia llega á conseguirse, lo verificará con notables ventajas.

DE LA LUZ.

LECCION LVIII.

Consideraciones generales acerca de la luz.—Medios empleados para medir su velocidad.

226. La luz es el agente que actuando sobre el sentido de la vista nos pone en comunicacion con los objetos distantes, dándonos á conocer sus colores, sus posiciones, y aun sus distancias, formas y magnitudes entre ciertos limites. Para darnos cuenta de los fenómenos luminosos, debemos recordar lo espuesto al dar principio á la esplicacion del agente llamado calor, pudiendo aplicarse á ambos fluidos cuanto allí espusimos, relativo á la cuestion de las emanaciones y vibraciones; si bien es verdad que en el estudio de la luz se fijan estas cuestiones, pudiéramos decir que toman cuerpo, se demuestran y se aclara cuanto respecto al calor dejamos ya establecido.

La luz se propaga en línea recta, y para asegurarnos de ello no habrá mas que servirse de un alambre cilindrico bien recto, el cual interpondremos entre el órgano de la vision y la llama de una bujia, de modo que una de las bases del cilindro nos cubra la totalidad del mismo, y observaremos sobre la llama una mancha oscura, que es la proyeccion de la dicha base, lo cual prueba que ha sido interceptado el rayo luminoso que seguia esta direccion. Nada tiene de particular que asi suceda, si recordamos lo espuesto en la teoria del calor; aqui como allí se verifica una radiacion en todos sentidos alrededor del cuerpo luminoso, y ya admitamos emanaciones de moléculas luminosas, ya adoptemos las vibraciones producidas en el éter, siempre se estenderán los efectos produciendo superficies esféricas, cuyos radios sabemos que no pueden dejar de ser rectilíneos.

227. Nada mas fácil, llegados á este punto, que darnos

cuenta de la disminucion que sufre la intensidad de la luz con la distancia; porque no habrá mas que recordar lo que acerca de esta cuestion espusimos al examinarla en la teoría del calor. Si suponemos, como allí, dos esferas concéntricas, y el cuerpo luminoso colocado sucesivamente en el centro de ellas, resultará que toda la luz emitida será recibida por la superficie esférica que consideramos; y como las superficies son como los cuadrados de las líneas homólogas, que aquí son los radios, resulta que *la intensidad de la luz se halla en razon inversa del cuadrado de la distancia.*

Para la medida de la luz se han ideado aparatos denominados *fotómetros*, que todos ellos dejan muchísimo que desear respecto á las exigencias de la ciencia; así es que podemos asegurar que un buen fotómetro no existe, siendo uno de los aparatos que la ciencia espera y necesita.

228. Por mucho tiempo ha sido considerada la propagacion de la luz como instantánea; y efectivamente puede mirarse como tal cuando se trata de pequeñas distancias, y así la considerábamos al ocuparnos de los medios de averiguar la velocidad del sonido; pero cuando se trata de distancias considerables, se halla ya comprobada la velocidad.

Roemer, haciendo observaciones sobre las ocultaciones de los satélites de Júpiter, fué el que determinó la velocidad de la luz. Cuando se observan las emersiones sucesivas del primer satélite, se halla que, cualquiera que sea la posicion de la tierra en su órbita, el tiempo transcurrido entre dos consecutivas es siempre 42 horas 29'; siendo indudable que si la propagacion fuese instantánea, al observar dos emersiones cualesquiera y no consecutivas, el tiempo transcurrido entre ellas contendría tantas veces 42 horas 29' como revoluciones el satélite hubiera verificado, á contar desde la primera hasta la última observacion; pero no es así como se verifica, notándose un retraso que proviene de las pequeñas diferencias acumuladas y espresa, conocida la distancia, el valor que nos representa la velocidad de la luz. Tomando por base el diámetro de la órbita terrestre, y verificando las observaciones en sus dos estremos, se determina *la velocidad de la luz*, que es de 57400 leguas de 20 al grado, por segundo; y observando las ocultaciones del satélite, de que va hecho mérito, en las diferentes posiciones de la tierra respecto al planeta considerado, se reconoce que la velocidad buscada *es uniforme.*

Conocida la velocidad de la luz, se averigua con facilidad lo que tarda en llegar á nosotros desde un cuerpo cuya distancia está dada; así es como sabemos que la luz solar tarda 8' , 13" , en llegar á la tierra; de forma que nosotros vemos al sol en el sitio en que se hallaba 8' 13" antes de la observacion, es decir, en el sitio en que tuvo lugar la vibracion ó destello de luz que en el instante de la observacion nos afecta; deduciéndose de aquí que si imaginamos que el sol se apague, aun le veremos durante 8' 13" , que es lo que tardará la última conmocion producida en herir nuestro órgano de la vision. Estas aplicaciones se estienden á los planetas y á las estrellas fijas, dando lugar á consideraciones muy notables y de grande interés en astronomia.

LECCION LIX.

Sombra y penumbra determinadas gráfica y experimentalmente.

229. Al dar principio al estudio de los flúidos imponderables, decíamos que para determinar las leyes y circunstancias de los fenómenos correspondientes no teníamos mas que dos caminos; ó estudiar las modificaciones que el flúido imponderable de que tratamos produce en los cuerpos ponderables ya conocidos, ó averiguar las que estos cuerpos ponderables determinan en el flúido que consideramos. El primer procedimiento ha sido, en general, empleado en el estudio del calor; y el segundo será el que mas principalmente seguiremos en lo correspondiente á la luz.

Observando los cuerpos ponderables relativamente al flúido luminoso, hallaremos unos que dejan pasar la luz, y otros que la interceptan; los primeros han recibido el nombre de *transparentes* ó *diáfanos*, y el de *opacos* los segundos. Si nos fijamos en los cuerpos que dejan paso á la luz, notaremos que los hay que son permeables á este flúido, en términos de permitirnos distinguir al través de su espesor, la forma, posicion y colores de los cuerpos, al paso que otros permiten el paso á la luz, pero no nos dejan distinguir los objetos que se hallan detrás. Los primeros, tales como las láminas de vidrio ó cris-

tal, son los que con propiedad reciben el nombre de diáfanos, y los segundos, tales como los lienzos, el papel, etc., se denominan cuerpos *traslucientes*. La opacidad y la transparencia dependen de la naturaleza del cuerpo, de su espesor y de la energía del foco luminoso: la naturaleza del cuerpo se hace sensible al observar que láminas del mismo espesor, y colocadas delante de un mismo foco luminoso, no tienen el mismo grado de opacidad ó transparencia; el espesor influye como se observa en los cuerpos traslucientes, que dejan pasar tanta mayor cantidad de luz cuanto mas delgadas son las láminas á que se han reducido; y al contrario, se acercan mas á la opacidad á medida que su grueso es mas considerable; es digno de notarse que los cuerpos opacos pueden reducirse á traslucientes, como sucede con las láminas delgadas de madera, y aun con las hojas de oro de $\frac{1}{360,000}$ de pulgada,

las cuales aun dejan pasar algo de luz, y de presumir es que en todos los cuerpos se verificase lo mismo si tuviésemos medios de reducirlos á láminas suficientemente delgadas; pero ningun fenómeno conocemos que nos autorice para admitir que puedan pasar á transparentes; estos por su parte pueden dejar pasar menos luz cuando su espesor aumenta, pero nunca llegarán á convertirse en opacos. La influencia de la energía del foco luminoso la estamos observando continuamente, viendo que hay cuerpos que dejan pasar una porcion mas ó menos considerable de la luz directa del sol, y no dejan pasar cantidad alguna sensible colocándolos delante de la llama de una bujía.

250. Los cuerpos opacos dejan detrás de sí un espacio privado de luz, que es lo que llamamos *sombra*. Estas sombras son volúmenes geométricos, y por consiguiente pueden determinarse con toda precision y exactitud, y para convencernos de ello las determinaremos en los tres casos de ser el cuerpo luminoso igual, menor ó mayor que el opaco, y para mayor facilidad supondremos ambos esféricos. Si el cuerpo luminoso L es igual al opaco O (*fig.* 105) bastará considerar una tangente AE que lo sea á ambos, y haciendo girar los cuerpos alrededor de la línea LS que une sus centros, se originará un cilindro indefinido, el que se formaria del mismo modo considerando los cuerpos fijos, y tiradas tangentes AE, CF en todos los puntos posibles. Este cilindro indefinido es el formado por

la sombra S, que se apoya en el cuerpo opaco, siendo su base un círculo máximo de la esfera, y hallándose alumbrada una mitad de esta ó un hemisferio que será el que mire al cuerpo luminoso L. Si esta sombra se recibe sobre un plano nos resultará una de las secciones cónicas, según que este sea perpendicular ó inclinado al eje del cilindro.

Observando con cuidado los bordes ó límites de la sombra, se nota que no se hallan cortados con dureza, que el tránsito de la parte alumbrada á la parte oscura no se verifica de un modo brusco, sino por una degradacion sucesiva de luz, que hace muy difícil la determinacion precisa del término de la sombra pura. Este espacio desigualmente alumbrado que rodea á la sombra es lo que se denomina *penumbra*, la cual se halla formada por todos los puntos alrededor de la sombra pura, desde los cuales se descubre parte del cuerpo luminoso, estando limitada por todos aquellos en que el cuerpo L se descubre todo entero. Para determinar sus límites, consideraremos tangentes AD, CB que tocando al cuerpo opaco en los puntos B, D, determinan un cono truncado indefinido PP', cuya base menor BD es un círculo casi máximo de la esfera, y el espacio ó zona comprendido entre esta base y la del cilindro, que constituye la sombra pura, es lo que se llama *círculo de iluminacion*.

Supongamos que el cuerpo luminoso L sea menor que el opaco (*fig. 106*); en cuyo caso las tangentes AE, CF, nos determinarán la sombra pura, que será un cono truncado indefinido, cuya base menor será un círculo menor de la esfera, y la parte alumbrada será menos de un hemisferio; pero siendo mas ó menos considerable según la magnitud y distancia respectiva entre ambos cuerpos. La penumbra se determinará, como en el caso anterior, tirando las tangentes AD y CB, siendo tambien un cono truncado indefinido de mayor abertura que el de la sombra pura, y presentando una base algo menor que en este, produciendo el círculo de iluminacion menor que el círculo máximo de la esfera.

Si el cuerpo luminoso fuese mayor que el opaco (*fig. 107*) tiraríamos las tangentes AF y CF, lo que nos produciría un cono S de sombra, cuya base sería un círculo menor de la esfera opaca, siendo mayor de un hemisferio la parte alumbrada y teniendo el cono una altura que depende de la magnitud y distancia respectiva entre ambos cuerpos. La penumbra se

determinaria como en los casos anteriores, produciendo un cono truncado como en la figura se presenta.

Este caso tiene aplicacion para darse cuenta de la produccion de los eclipses, pues que tanto la tierra como la luna, siendo menores que el sol, dan lugar á conos de sombra, de altura que varia con la distancia. Cuando la luna en su revolucion alrededor de la tierra entra en la sombra ó penumbra de esta, se oscurece ó eclipsa total ó parcialmente; y cuando el cono de sombra de la luna llega á tocar á la tierra, esta se eclipsa, aunque se acostumbra á decir que se eclipsa el sol. Sabemos que no en todas las revoluciones se verifica el eclipse en razon á la inclinacion respectiva de los planos de las órbitas de cada cuerpo.

LECCION LX.

Leyes de la reflexion de la luz.—Aplicacion á los espejos planos.

231. Los cuerpos solo son visibles cuando son luminosos por sí mismos, ó cuando rechazan ó reflejan la luz que llega á su superficie. La reflexion de la luz tiene lugar como la del calor formando *el ángulo de reflexion igual al de incidencia*, lo cual se prueba dejando entrar un rayo solar por un pequeño agujero practicado en la ventana de un cuarto oscuro y recibéndole sobre una superficie plana y muy pulimentada, en cuyo caso el rayo marcará distintamente la direccion en que llega y en que es rechazado, y será fácil medir los ángulos por medio de un semicírculo dividido.

La reflexion de la luz se presenta con toda regularidad en los cuerpos bien pulimentados, en los cuales las imágenes se reproducen, y por lo que se les da el nombre de *espejos*. En los cuerpos no pulimentados la luz se refleja todavia con regularidad; pero como se hallan llenos de asperezas que son otros tantos planos con toda clase de inclinaciones, la luz se dispersa por consiguiente, habiendo dado aunque impropriamente á este fenómeno el nombre de *reflexion irregular*. Siendo los cuerpos pulimentados los que nos han de servir para espejos, se presentan en primer lugar los líquidos, cuyo pulimento es superior á cuanto las artes pueden producir en los sólidos; mas los líquidos presentan el inconveniente de ser en general trans-

parentes lo que produce una gran pérdida de luz para la reflexión: razon por la que se ha dado la preferencia al mercurio que reune la opacidad al buen pulimento que su estado líquido le proporciona; este cuerpo es el que fijado por una lámina de estaño se aplica sobre un vidrio, y constituye nuestros espejos comunes. También se hacen puramente metálicos; los cuales son preferibles en algunos casos que mas adelante examinaremos.

232. *En los espejos planos la imagen es simétrica respecto del objeto, y aparece ó se pinta detrás del espejo á una distancia igual á la que delante tiene el cuerpo.* Sea para esto el espejo AB (fig. 108) y examinemos el sitio en que debe aparecer la imagen del punto D, el cual emitiendo rayos de luz, sea propia ó reflejada, en todas direcciones, nos producirá uno tal como DC, el cual deberá reflejarse en la direccion CE, haciendo el ángulo de reflexión FCE igual al de incidencia DCF; el observador en E referirá la posición del punto D, á la prolongación de la línea EC en que percibe la impresión; así es que le verá en un punto de la línea CG, mas como la imagen de un cuerpo resulta de proyectarle sobre el espejo prolongando las líneas correspondientes, y por otra parte el punto D no puede tener ó hallarse en dos posiciones al mismo tiempo, necesariamente ha de estar situado en la prolongación de la línea BG; y debiendo por lo que va dicho hallarse sobre CG, se encontrará por precisión en el punto de intersección G. Ahora los dos triángulos CDB y CBG son iguales por tener el lado CB comun, los ángulos en B iguales por rectos, y el ángulo DCB del uno igual al BCG del otro, por serlo ambos del ACE, el primero por ángulos de incidencia y de reflexión, y el segundo por opuesto al vértice; luego los triángulos son iguales, y darán $DB = BG$, lo que nos dice que la imagen se pinta detrás del espejo á la misma distancia que el objeto se halla delante.

Esto explica por qué un objeto horizontal en presencia de un espejo plano inclinado de 45° aparece vertical, pues que debiendo presentarse formando detrás un ángulo también de 45° se contará uno de 90° , entre el objeto y la imagen, cuyos dos puntos se verán en general bajo un ángulo doble del que el espejo forme con ellos.

Si colocamos dos espejos formando ángulo, y un objeto cualquiera dentro del mismo, la imagen no solo aparece de-

trás de cada espejo, sino que cada una de ellas sirve de objeto para el otro; así es, que las imágenes se multiplican apareciendo tantas como perpendiculares puedan tirarse desde el objeto á cada uno de los espejos, y desde cada imagen al otro ó á su prolongacion. De aquí resulta que cuando los espejos son paralelos el número de imágenes debe ser infinito, puesto que siempre serán posibles las perpendiculares; sin embargo, el número aunque muy considerable, no llega á ser indefinido á causa de la pérdida de luz que se experimenta en estas reflexiones sucesivas.

El *kaleidóscopo*, llamado también *transfigurador*, es una curiosa aplicacion de lo espuesto acerca de los espejos que forman ángulo. Se compone de un tubo de carton ó de hoja de lata, dentro del cual hay dos espejos inclinados formando un ángulo de 60° ; en uno de los extremos lleva varios trozos pequeños de vidrio de diferentes colores, y mirando por el extremo opuesto, haciendo al mismo tiempo girar el aparato sobre su eje se van presentando figuras variadas hasta el infinito, procedentes de la reproduccion de las imágenes sobre los espejos, y de la diferente posicion que va tomando el vértice del ángulo formado por los mismos, á medida que el aparato va girando.

Los espejos prismáticos y piramidales son espejos planos, para los cuales se hacen dibujos á propósito con figuras interrumpidas, que reciben el nombre de *anamorfosis* y que se regularizan sobre los espejos en cuestion. Esta clase de espejos no tiene aplicaciones de importancia, si ya no lo es el trazado de las figuras considerado como ejercicio de dibujo.

LECCION LXI.

Reflexion de la luz sobre superficies curvas.—Determinacion gráfica y esperimental de los focos.

233. La luz se refleja sobre superficies curvas siguiendo la misma ley, es decir, formando el ángulo de reflexion igual al de incidencia. Entre las diversas curvas que pueden considerarse, nos fijaremos principalmente en la circular, que da origen á los espejos esféricos, ya cóncavos ó ya convexos, los cuales nos servirán de tipo para todos los demás.

Sea AB (fig. 109) un espejo cóncavo esférico, del cual lla-

mamos eje principal una recta ED que pase por el centro C y por el vértice E de la curva; supongamos un cuerpo luminoso situado á una distancia infinita para que los rayos de luz, que procedentes del mismo llegan al espejo, puedan ser considerados como paralelos; como lo serán los del sol cuya distancia puede ser considerada como infinita comparada con la pequeña abertura del espejo: haciendo que el eje del espejo pase por el centro del astro, los rayos paralelos que consideramos lo serán tambien al eje de que tratamos; y un rayo NM se reflejará formando el ángulo FMC de reflexion igual al NMC de incidencia, y cortará al eje en un punto F, en el cual se reunirán sensiblemente todos los rayos paralelos, pues que se reflejarán del mismo modo y formarán ángulos iguales; este punto por lo mismo ha recibido el nombre de *foco principal* ó *foco de rayos paralelos*. Este punto se halla situado á la mitad del radio EC, porque el triángulo CFM es isósceles por ser sus ángulos CMF y MCF iguales, por serlo ambos al NMC, el primero por la ley general de la reflexion, y el segundo por alternos internos entre ED y MN siendo la secante MC; de donde resulta el lado $FC=MF$, y si consideramos que el arco EM sea muy pequeño, MF se confundirá sensiblemente con EF, y será entonces $EF=FC$, es decir, que F se hallará á la mitad del radio EC. De aquí resulta un medio muy sencillo de conocer el radio de un espejo cóncavo esférico; pues que no habrá mas que colocarle delante del sol, de modo que el eje principal pase por el centro del astro; y como los rayos de luz en este caso pueden mirarse como paralelos, recibidos despues de reflejados sobre un carton blanco ó un vidrio sin pulimento, el foco será el punto en que la imágen se presente mas brillante y mas pequeña, y como esta será la distancia focal principal, duplicándola se tendrá el radio buscado. En este punto se reúnen los rayos de calor del mismo modo que los luminosos, de modo que el foco es uno mismo en ambos casos.

Vemos pues que los rayos paralelos se reúnen en un foco delante del espejo, en cuyo punto se formará la imágen aérea que nos reproducirá el objeto, que ocupará una porcion del espacio, y por consiguiente será estensa, pero no habrá impenetrabilidad puesto que falta la materia. El foco no es nunca un punto único, porque si así fuese no se formaria imágen, y cualquiera que fuese la magnitud del objeto solo daria lugar

en todos los casos á un solo punto luminoso; mas como cada uno de los puntos del objeto da lugar á un foco particular, la reunion de todos estos constituyen la formacion de la imágen que resulta del cruzamiento de los rayos, los cuales engendran curvas que se llaman *catacáusticas* ó *cáusticas por reflexion*. Ahora se comprenderá bien cuanto acerca de los espejos y sus focos, se espuso al ocuparnos de los fenómenos de la radiacion del calor.

234. Si el objeto se acerca al espejo y se encuentra, v. gr. en P, (*fig. 110*) siendo el ángulo de incidencia menor que en el caso del paralelismo, tambien será menor el de reflexion, y por lo mismo el rayo reflejado cortará al eje en P' en un punto situado entre el centro C y el foco principal F, cuyo punto P' es el foco correspondiente al punto P. Si el objeto se va acercando aun mas, aproximándose al centro, el foco P' se aproximará tambien, y cuando el cuerpo haya llegado al centro C, los rayos luminosos se reflejarán sobre sí mismos, de modo que el objeto y la imágen se confundirán. Debemos observar que en tanto que el objeto ha venido desde el infinito hasta el centro, el foco solo ha recorrido la mitad del radio, esto es, desde el foco principal F al centro C.

Si el cuerpo que consideramos continúa aun adelantándose, irá pasando por todos los puntos entre C y F en que anteriormente se presentaba la imágen, los ángulos que eran de reflexion serán ahora de incidencia, y al contrario, de forma que situado el cuerpo en P' la imágen se presentará en el foco correspondiente P, y cuando el cuerpo llegue á F, los rayos saldrán sensiblemente paralelos. Esto nos dice que el punto en que se coloca el objeto y aquel en que aparece la imágen son reciprocos; así es que reciben el nombre de *focos conjugados*.

Produciéndose un cruzamiento de rayos en el foco, las imágenes se presentarán invertidas, siendo mas pequeñas que el objeto cuando el foco se halle entre el centro y el foco principal, presentándose aumentadas cuando se halla la imágen situada entre el centro y el infinito.

Supongamos (*fig. 111*) el cuerpo situado entre el foco principal F y el espejo; el ángulo de incidencia PQC, siendo mayor que el FQC, que producía un rayo reflejado paralelo al eje, debe producir un ángulo de reflexion mayor, y por lo tanto el rayo reflejado QB será divergente, y no pudiendo encontrar al eje delante del espejo, le cortará su prolongacion

geométrica en P' detrás del mismo, y en este punto, que se denomina *foco virtual*, es donde el observador verá la imagen, puesto que la refiere siempre á la prolongacion de la línea que hiere inmediatamente el órgano de la vision. Esta imagen se presentará derecha en razon á no haber cruzamiento real de rayos, y se verá ampliada por la mayor estension superficial que su proyeccion abraza sobre el espejo. Si el objeto P se acerca aun mas al espejo, el rayo reflejado será aun mas divergente, y por consiguiente el foco virtual P' se irá acercando por la parte posterior del mismo hasta que el cuerpo se halle en A , en donde se tocarán la imagen y el objeto.

Imaginemos que el cuerpo pasa al otro lado del espejo y se sitúa en P' ; entonces el espejo cóncavo pasa á ser *convexo*, el ángulo de incidencia es $P''QC''$ y el de reflexion el $C''QP''$, siendo P el foco virtual correspondiente. En estos espejos los rayos reflejados son siempre divergentes, por lo que nunca presentan foco real; la imagen por lo tanto aparece detrás del espejo, y se ve mas pequena que el objeto por la divergencia que resulta en la dirección de los rayos.

Hemos supuesto que el objeto se mueve sobre el eje principal; pero sucedería esactamente lo mismo si se moviese en la dirección de cualquier otra línea que pasase por el centro y llegase al espejo, cuya línea seria lo que llamamos *eje secundario*.

Los espejos convexos carecen de aplicaciones útiles para la ciencia; pero no asi los cóncavos, que se emplean para dirigir la luz sobre un punto dado, ó para reducirla al paralelismo; siendo para esto preferibles los espejos parabólicos á los esféricos. Los espejos cilindricos convexos y los cónicos, son planos en el sentido de la generatriz, y convexos en las demás direcciones; de donde resultan las imágenes desfiguradas, sucediendo lo mismo con los cilindricos cóncavos: para todos ellos se construyen anamorfosis correspondientes que se regularizan en la reflexion.

LECCION LXII.

Ley de la refraccion de la luz.—Consideraciones y aplicaciones á los medios terminados por superficies planas.

235. La luz sufre modificaciones al atravesar los cuerpos transparentes, que consideradas respecto al desvío que experimenta en su direccion, constituyen lo que llamamos *refraccion*. Los rayos de luz se refractan ó desvian al pasar de un cuerpo á otro cuando lo verifican en direcciones oblicuas; pero no sufren separacion alguna de su direccion primitiva cuando la direccion en que penetran es perpendicular. Para convencernos del desvío de que tratamos, se puede verificar un experimento, que consiste en echar una moneda ú otro objeto bien limpio en una vasija no transparente, en colocarse el observador de manera que la pared del vaso le oculte la moneda, y en este estado, echando agua en la vasija, la moneda aparece y se la ve mas elevada, lo cual proviene de que los rayos que ella enviaba y pasaban por encima del observador, ahora, separándose y doblándose, por decirlo así, llegan á herir el órgano de la vision, y por lo tanto el objeto aparece y se le cree mas próximo á la superficie del líquido.

La observacion y la esperiencia dan, que en general, cuando la luz pasa de un cuerpo ó *intermedio* á otro mas denso, se refracta acercándose á la perpendicular tirada en el punto de inmersion; y cuando atraviesa de un cuerpo mas á otro menos denso, se refracta separándose de la misma perpendicular. Así un rayo de luz FC (*fig. 112*) que cae oblicuamente sobre la superficie AB de un cuerpo transparente, mas denso que aquel en que primitivamente se movia, no sigue la direccion CH prolongacion de la primera, sino que se refracta acercándose á la perpendicular DE , siguiendo la direccion CI y formando un ángulo de refraccion ECI menor que el de incidencia DCF . Si la luz pasase del medio mas denso al menos denso, el rayo incidente seria IC , el cual se desviaria siguiendo la direccion CF separándose de la perpendicular y dando lugar á un ángulo de refraccion DCF mayor que el de incidencia ECI .

Aunque hemos dicho que en general, la luz se acerca ó se separa de la perpendicular, segun que los cuerpos son mas ó menos densos, no debe creerse por esto que dada la densidad de un cuerpo está conocido el desvio que produce sobre la luz; así que no pudiendo en rigor establecer relaciones entre estas dos propiedades, se denominan *cuerpos mas refringentes* aquellos en que la luz se acerca á la normal, y *cuerpos menos refringentes* aquellos en que se aleja de la misma. La desviacion en uno ú en otro sentido es constante para cada cuerpo, y á la relacion del seno del ángulo de incidencia con el seno del ángulo de refraccion es á lo que se llama *índice de refraccion*.

Supongamos un cuerpo terminado por dos superficies planas y paralelas (*fig. 113*), y un rayo de luz AB que llega oblicuamente sobre una de las caras. Este rayo AB se refractará en B acercándose á la perpendicular, seguirá por dentro del cuerpo para refractarse nuevamente en C á la salida del mismo, alejándose ahora de la perpendicular en la direccion CD paralela á la de incidencia AB en razon á la invariabilidad del índice de refraccion. Si el cuerpo considerado fuese menos refringente que el que le rodea, la desviacion tendria lugar aunque en sentido contrario, y el rayo emergente seria aun paralelo al incidente. La desviacion que la luz sufre en estos casos, nos manifiesta que la refraccion produce el efecto de presentar los cuerpos fuera de su verdadero lugar; así es que un cuerpo A será visto por un observador situado en D, en la prolongacion de la linea DC, esto es, en el punto E, presentándonos el cuerpo en el verdadero sitio que ocupa, en el solo caso de ser los rayos de luz perpendiculares á las superficies de separacion. La desviacion mayor ó menor que se observa depende de varias causas, como son: la naturaleza del cuerpo que la luz atraviesa, el espesor del mismo, y la oblicuidad de los rayos luminosos; la naturaleza de la sustancia influye, puesto que el índice de refraccion es diferente para cada una, y en cuanto al espesor y la oblicuidad, la inspeccion de la figura nos releva de entrar en mayores detalles.

Si la luz atraviesase cuerpos de refringencias diferentes, sufriria desviaciones tambien diferentes al penetrar en cada uno de ellos, cuyo fenómeno se verifica en nuestra atmósfera, pues que las capas de aire, teniendo como sabemos, diferentes densidades y por consiguiente diferentes poderes refrin-

gentes, la luz va sufriendo una refracción tanto mayor cuanto las capas de aire se hallan mas próximas á la tierra; así es que se producirá una curva, por cuya tangente veremos el astro, y por consiguiente elevado respecto de su posición verdadera, dejando solo de producirse este fenómeno cuando el cuerpo considerado se halle en el zenit. Por esta razón vemos al sol y á los demás cuerpos luminosos del espacio, antes de que se hallen sobre el horizonte, y tambien los percibimos despues de haber descendido bajo el plano horizontal en que nos hallamos; y esto esplica tambien por qué nos parecen mayores en el horizonte que en el zenit, pues que en el primer caso tienen que atravesar los rayos luminosos una mayor masa de aire y mas denso en su mayor parte, de forma que el efecto de la refracción es mas sensible, y nos parece por tanto que los astros describen una curva achatada cóncava hácia la tierra. Este efecto de la refracción se hace sentir tambien en la observacion de los objetos terrestres algo lejanos, y tanto mas cuanto su elevacion sea menor; razon por la que en las nivelaciones y demás operaciones análogas hay que introducir la corrección correspondiente.

236. Imaginemos ahora un cuerpo terminado por superficies planas inclinadas, que es lo que en óptica se denomina *prisma* en general. Sea para esto el cuerpo ABC (fig. 114), al cual llega un rayo DE de luz oblicuamente á una de sus caras; este rayo se refractará en E á la entrada del prisma, acercándose á la perpendicular, y se refractará nuevamente á la salida en F alejándose de la perpendicular en este punto y siguiendo la dirección FH, desviándose ó alejándose del ángulo C que se denomina *ángulo refringente del prisma*: advirtiéndose que no es privativo de este ángulo el tomar esta denominacion, la cual corresponde siempre *al formado por las dos caras que la luz atraviesa*; así es que en la figura quedaria el mismo, aun cuando la arista C desapareciese y el prisma en este punto adquiriese una forma cualquiera, siempre que los elementos E y F no cambien de posicion. Por lo dicho anteriormente se concibe con facilidad, que si el prisma fuese de una sustancia menos refringente que la que le rodea, la desviacion de la luz seria al contrario, y en vez de alejarse se aproximaria al ángulo refringente.

La inspección de la figura nos dice que un observador en H verá al cuerpo D en el punto I muy separado de su posicion

y mas próximo al ángulo refringente ó mas separado de la base, sin que pueda decirse que estará mas alto ó mas bajo, porque esto depende de la colocacion que se dé al prisma, ó mas principalmente al ángulo refringente del mismo.

LECCION LXIII.

Refraccion al través de los cuerpos terminados por superficies curvas.— Lentes.— Determinacion gráfica y esperimental de los focos.

257. Las leyes de la *refraccion* se verifican del mismo modo cuando los cuerpos terminan en superficies planas que cuando terminan en *superficies curvas*; y la direccion del rayo luminoso se obtiene en ambos casos por medio de iguales consideraciones. Si imaginamos un medio indefinido terminado por una superficie convexa (*fig. 115*), un rayo paralelo al eje se refractará en O, acercándose á la normal OC y cortará al eje en un punto F, que será el foco principal; y si el objeto se aproxima y le suponemos en B, el ángulo de incidencia habrá crecido, y por consiguiente el de refraccion, é irá el rayo luminoso á encontrar al eje en un punto ó foco F', mas distante del vértice A. Si aun continúa el objeto aproximándose, el foco se irá alejando, y llegará un caso que la colocacion del cuerpo determine un foco en el infinito, ó una direccion paralela en los rayos refractados; y si aun el cuerpo se acercase mas, los rayos saldrian divergentes y se daria lugar á un foco virtual.

Supongamos el cuerpo terminado por una *superficie cóncava* (*fig. 116*) y un rayo paralelo al eje se refractará en O, acercándose á la normal y tomando la direccion divergente OD, lo que producirá el foco virtual F. Si el cuerpo se acerca á la superficie, los rayos refractados se harán cada vez mas divergentes, y por consiguiente nunca se presentará un foco real.

Las superficies convexas vemos que producen la convergencia de los rayos, á menos que el objeto no se halle colocado á una distancia igual ó menor que la distancia focal principal, y las superficies cóncavas dan lugar siempre á la divergencia de los rayos de luz, es decir, que el efecto producido

por las superficies convexas es el de reunir los rayos luminosos, como en la reflexion lo verificaban las superficies cóncavas; y las cóncavas en este caso dispersan la luz, como en la reflexion lo verificaban las convexas. Si el medio indefinido que consideramos fuese de una sustancia menos refringente que el que le precede, la desviacion de la luz seria al contrario, y por lo mismo las superficies convexas la dispersarian y la reunirian las cóncavas.

Si el medio no es indefinido, sino terminado por otra superficie, sea plana ó curva, recibe entonces el nombre de *lente*, y puede ser convergente ó divergente, segun que la superficie ó superficies curvas sean convexas ó cóncavas. Las tres lentes (*fig. 117*) A, B, C, son convergentes, denominándose la A *bi-convexa*, la B *plano-convexa*, y la C *cavo-convexa* ó *menisque*, en la cual el radio de curvatura de la parte convexa es menor que el de la parte cóncava; y las tres A', B', C' (*fig. 118*) son divergentes, dándose el nombre de *bi-cóncava* á la A', de *plano-cóncava* á la B', y de *menisque divergente* á la C', en la que el radio de la parte cóncava es menor que el de la superficie convexa. Observaremos al mismo tiempo que las lentes convergentes son mas gruesas por su centro y adelgazan hasta los bordes; y al contrario las divergentes, que son mas delgadas por su centro que por los extremos.

238. La marcha de la luz al través de estos cuerpos no ofrece ninguna dificultad, entendido ya lo que sucede con los medios indefinidos. Sea para esto una *lente bi-convexa* A (*fig. 119*), en la que un rayo emanado de un cuerpo P llega á O donde se refracta acercándose á la normal CO, y continúa en la direccion OO' hasta la salida en que se refracta nuevamente, alejándose de la normal C'O' y yendo á cortar el eje en F, que será el foco y adonde se pintará la imagen. Si el objeto se acerca, el foco se alejará y llegará al infinito, ó los rayos saldrán paralelos cuando el cuerpo se halle á la distancia focal principal, y si aun se acercase, mas los rayos saldrian divergentes y se daria lugar á la produccion de un foco virtual. Las lentes cóncavas serán siempre divergentes, y tendrán por consiguiente un foco virtual.

En las lentes, lo mismo que en los espejos, el foco no es un punto único, y la imagen resulta formada en los puntos en que se cruzan los diferentes rayos produciendo curvas que son

las *cáusticas por refraccion*; y presentándose la imagen invertida á causa del cruzamiento de los rayos luminosos.

Nada hay mas fácil que la *determinacion del foco principal en las lentes convergentes*, bastando situarlas delante del sol, cuyos rayos pueden ser mirados como paralelos y recibir la imagen sobre un carton blanco ó un vidrio sin pulimento, y el foco buscado será el punto en que esta imagen se presente mas pequeña y mas brillante.

Puesto que en las lentes convergentes se puede hacer que los rayos luminosos se reunan en un punto ó salgan paralelos, se concibe muy bien que pueden reemplazar á los espejos cóncavos en todos los casos en que el uso de estos sea necesario, y aun los reemplazarán con ventaja en razon á haber menos pérdida de luz en este caso que en el anterior.

LECCION LXIV.

Determinacion del indice de refraccion en los cuerpos sólidos, líquidos y gases.—Reflexion total.—Espejismo.

239. Para determinar el *indice de refraccion* de los cuerpos, no habrá mas que medir el ángulo de incidencia y el de refraccion, conocidos los cuales hallaremos los senos y estableceremos la relacion. Tratándose de los sólidos, será necesario formar un prisma con la sustancia que se haya de examinar, y conocer el ángulo refringente del mismo; se le colocará de modo (*fig. 120*) que un rayo de luz *D* llegue perpendicularmente á la cara *AC*, en la que por lo tanto no sufrirá ningun desvío; al salir por la *CB* se refractará alejándose de la normal y siguiendo la direccion *FH*, cuyo punto *H* se marcará en una mira, así como el punto *I* que corresponde á la prolongacion del rayo incidente: tenemos con esto cuanto necesitamos para resolver la cuestion, pues el ángulo de incidencia sobre la superficie *CB* es igual al ángulo refringente del prisma por tener los lados perpendiculares, y el de refraccion se compone de dos, que son el *IFK* igual al de incidencia por opuesto al vértice y el *IFH* que nos será fácil determinar, pues que en el triángulo *HFI* conocemos los dos catetos. Esta relacion es verdad que será para el paso de la luz del sólido al aire, pero servirá para el caso contrario, puesto

que entonces será ángulo de incidencia el que antes lo era de refracción, y al contrario.

Para determinar el *índice de refracción en los líquidos* hay que construir un vaso prismático con láminas de vidrio para formar el prisma líquido que necesitamos, y en seguida se emplea el mismo procedimiento anterior. Es necesario cuidar de que las láminas de vidrio tengan poco espesor, y sobre todo que las dos caras de cada una sean perfectamente planas y paralelas, porque en otro caso constituirían un prisma de vidrio que alteraría completamente las condiciones necesarias para la resolución de la cuestión buscada. Hay que tener también en cuenta la temperatura, pues que el calor, variando la densidad de los cuerpos, hace variar también su refrangibilidad.

Para verificar igual investigación con los *gases* es necesario un prisma que presente un ángulo refringente considerable, atendida la poca refrangibilidad de estos cuerpos; y para disponerle se toma un tubo de vidrio de bastante calibre, se le dan dos secciones inclinadas, que constituirán el ángulo refringente, y se las cierra con dos planchas de vidrio bien planas y con sus caras perfectamente paralelas; en esta averiguación hay que hacer el vacío en el prisma para introducir el gas, y tener en cuenta la temperatura y la presión.

240. Explicados ya los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, así como el modo de determinar el índice de refracción de los cuerpos, necesitamos antes de pasar adelante dar la explicación del fenómeno que se produce cuando *la refracción se cambia en reflexión*. Al pasar la luz de un medio más refringente á otro menos, se refracta como sabemos, alejándose de la perpendicular tirada en el punto de inmersión, de modo que un rayo DC (fig. 121) seguirá la dirección CB; si el ángulo de incidencia aumenta siendo el rayo D' C, aumentará el de refracción, y el rayo correspondiente será CE': como el ángulo de refracción es en este caso mayor que el de incidencia, será el que llegue antes á valer 90° , es decir, que para un rayo incidente D'' C, el rayo refractado se confundirá con la superficie CB formando un ángulo recto, y si aun crece el ángulo de incidencia llegando el rayo con la inclinación D''' C, crecerá también el de refracción, el cual pasando ya en este caso de 90° , no penetrará en el cuerpo, tomando la dirección CE''', y convirtiéndose en reflejado

formando el ángulo FCD'' igual al FCE'' . El ángulo de incidencia FCD'' que ha producido uno de refracción de 90° , es el que se denomina *ángulo límite*, el cual es diferente para cada cuerpo, y el fenómeno en general se llama de la *reflexion total*, porque efectivamente la luz se refleja de esta manera.

Este fenómeno se produce en grande escala en el bajo Egipto, dando lugar al conocido con el nombre de *espejismo*. En el centro de un día sereno y en ausencia de todo viento horizontal, brillando el sol con fuerza, aparece toda la llanura como recubierta por una inundación general; el azul de la atmósfera se reproduce hasta el horizonte, y los objetos elevados, tales como edificios ó palmeras, se ven invertidos del mismo modo que se verían en la superficie de un lago tranquilo; esta inundación termina á alguna distancia del observador, hallándose este en el centro de una isla circular, que pudiéramos decir se mueve con él mismo, puesto que á medida que avanza, la inundación se retira, manteniéndose siempre á una misma distancia. La ilusión, sin embargo, es completísima, presentándose una fluctuación ó vaguedad en los contornos de los objetos, tal como se verifica cuando estos se reproducen en superficies líquidas de gran estension.

La explicación del fenómeno no presenta ninguna dificultad; sabemos que el aire calentado por los rayos solares directos y reflejados sobre la tierra, así como por el calor que produce esta, se eleva á las regiones altas de la atmósfera, siendo reemplazado por otro mas frío que se eleva á su vez, y así continuando. Este fenómeno, que se verifica en todas partes, no da lugar á la producción del espejismo porque las capas inferiores tardan en adquirir la menor densidad que la dilatación produce y en virtud de la cual se elevan; pero si el calentamiento del suelo es tal que la capa que reemplaza á la que se eleva, adquiere instantáneamente la disminución de densidad necesaria para elevarse, la renovación será tan rápida que el efecto será el mismo que si una capa de aire de menor densidad que las demás se hallase fija en contacto con el suelo; los rayos de luz por consiguiente tienen que pasar de una capa mas densa á otra menos, y llegarán de los objetos distantes con la inclinación suficiente para formar el ángulo límite, que será donde termine para el observador la inundación, y otros que, produciendo la reflexión total, presentarán los objetos invertidos y completarán la ilusión.

Como la duracion de la impresion en el ojo humano es de $\frac{1}{10}$ " no se necesita que la renovacion de las capas sea instantánea, bastando solo que no esceda del tiempo que dura la impresion; y efectivamente se verifica de este modo, como lo prueba la fluctuacion de los contornos de las imágenes que tan poderosamente ayuda á contemplar el fenómeno. El espejismo se ha observado tambien en el mar, en donde para la menor densidad de la capa inferior contribuye notablemente la evaporacion, pues ya sabemos que el aire cargado de vapor es menos denso.

La reflexion total puede esplicarnos la *multiplicidad de imágenes en un espejo comun*. Al caer un rayo de luz D sobre un espejo AB (fig. 122) parte se refleja en la superficie del vidrio produciendo una imagen, y parte penetra refractándose y se refleja sobre la superficie metálica que por la parte posterior le recubre; al presentarse á la salida, una parte se refracta y sigue la direccion F, dando lugar á una imagen en su prolongacion; y otra parte sufre la reflexion total y retrocede para reflejarse nuevamente sobre el metal y presentarse á la salida en I, donde una parte sigue la direccion IH produciendo una imagen en la prolongacion HI, y otra sufre la reflexion total para seguir produciendo los mismos fenómenos. El numero de imágenes no es infinito, por las pérdidas que la luz sufre en las refracciones sucesivas, pero siempre se logra ver dos ó tres colocándose con mucha oblicuidad, y aun se consigue ver mayor número si el espesor del vidrio es algo considerable. Esta propiedad ningun inconveniente presenta en el uso doméstico y ordinario, pero le produciria muy grave en las observaciones astronómicas; razon por la cual se emplean en este caso espejos metálicos que no teniendo mas que una superficie nunca dan lugar á la formacion de mas de una imagen.

Para observar estos fenómenos es conveniente emplear un cuerpo brillante, tal como la llama de una bujía, y colocarse con gran oblicuidad. Esto explica el fenómeno curioso que tiene lugar al mirar con oblicuidad un objeto en un espejo cóncavo comun; estos espejos suelen ser lentes plano-convexas azogadas por la parte curva, de modo que el metal forma efectivamente un espejo cóncavo, pero tiene delante un vidrio de espesor diferente en cada una de sus partes y con la superficie anterior plana; de aquí resultan imágenes derechas

é imágenes invertidas, imágenes regulares y ordinarias é imágenes amplificadas, lo que produce una confusión aparente que no deja de ofrecer novedad.

LECCION LXV.

Descomposicion y recomposicion de la luz.—Colores complementarios.—Diversidad de espectros en la descomposicion.

241. Al ocuparnos de la refraccion de la luz al través de cuerpos terminados por superficies planas é inclinadas, ó sean los prismas, solo hemos estudiado la desviacion que sufre el rayo luminoso; pero además de esta tiene lugar una *dispersion* que se verifica descomponiéndose el rayo en otros diversamente coloreados. Si imaginamos un prisma (*fig. 123*) ABC, sobre el cual caiga un rayo luminoso F, este se refractará en I, y no solamente se alejará del ángulo refringente, sino que se descompondrá en otros divergentes, que producirán sobre un plano una imagen comprendida entre dos líneas paralelas y terminada por dos semicírculos, compuesta de siete bandas teñidas de diferentes colores. Empezando á contar por la parte mas próxima al ángulo refringente del prisma, los colores son *rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violeta*; y no están separados por una línea precisa y bien marcada, sino que se hallan, pudiéramos decir, desleídos unos en otros en el paraje de su union, no ocupando tampoco una estension igual cada uno de ellos en esta banda coloreada que se llama *espectro solar*.

Pudiera sospecharse que los colores son únicamente tres, el encarnado, el amarillo y el azul; puesto que en las artes se obtiene el color anaranjado por la reunion del encarnado y amarillo, y precisamente en el espectro aquel color se halla en medio de estos, lo que parece indicar que resulta de la superposicion de los rayos estremos de ambos: del mismo modo el verde, que se halla entre el amarillo y el azul, se obtiene en las artes por la reunion de estos; y aun el violeta, si imaginamos otro espectro que tenga principio donde este acaba, se hallará entre el añil y el encarnado, que son los que pueden producirle. Nada mas fácil que salir de dudas respecto á este punto; para lo cual se hace caer el espectro sobre una tabla con pequeños agujeros convenientemente dispuestos, de

modo que puedan descubrirse ó no segun la necesidad, y se dispone de modo que el rayo verde, v. gr., caiga sobre uno de los agujeros, con lo cual tendremos un rayo de este color separado ó *aislado* de los demás: este rayo se hace llegar á un nuevo prisma en el cual se refracta, pero no sufre ninguna descomposicion. Si en seguida hacemos pasar dos rayos, uno amarillo y otro azul, y los reunimos por medio de una lente convergente, nos dará el color verde en el punto en que se reunan; pero este color verde será descompuesto en los dos que le han producido si el rayo atraviesa otro prisma; por consiguiente los colores son siete, son simples é inalterables. Lo que pudiera mejor sostenerse, y aun es útil en algunas circunstancias considerarlo de este modo, es la cantidad infinita de colores diferentes, para lo que es necesario considerar el espectro dividido en filetes, y cada uno de ellos como un color especial.

El espectro se produce con el mismo número de colores y situados en el mismo orden, cualquiera que sea el origen de la luz; pero con la producida por el sol, no solamente es mas brillante sino mas fácil de ejecutar, no habiendo mas que hacer que practicar una pequeña abertura en la ventana, dejar el aposento á oscuras, y por medio de un espejo colocado en lo exterior dirigir el rayo solar por la abertura y colocar el prisma en su tránsito.

242. Para completar tanto el experimento como la teoria es necesario buscar medios de reunir la luz dispersada, y ver si en este caso se reproduce la luz blanca que fué la que llegó á la primera cara del prisma. El objeto se consigue por medio de una lente convexa, ó empleando un espejo cóncavo, y en el foco de uno ú otra veremos aparecer la luz blanca. De aquí resulta que el blanco y el negro no son colores, siendo el primero el resultado de la reunion de todos ellos, y el segundo siendo solo la carencia de color. Nos dicen tambien estos experimentos que los colores residen esclusivamente en la luz, y que los cuerpos considerados bajo este aspecto solo poseen la propiedad de reflejar ó refractar igualmente todos los colores, en cuyo caso los veremos blancos, ó de ser impresionables por uno ó mas colores y no por los restantes, produciendo entonces los matices diversos que todos admiramos.

Llamamos *colores complementarios* á los que reunidos forman el blanco; así es que cada uno de los siete colores es

complementario de la tinta que resulta de la reunion de los seis restantes, y recíprocamente; y la tinta producida por la reunion de tres cualesquiera de los colores, será complementaria de la que resulte de la reunion de los otros cuatro.

243. La descomposicion de la luz prueba que se halla este fluido compuesto de rayos diferentemente refrangibles, pues de no ser de este modo no se ve razon alguna para que la dispersion se presentase; el rayo menos refrangible es el encarnado ó rojo, que es el que menos se separa del ángulo refringente; y el mas refrangible es el violeta ó violado, que es el que mas se acerca á la base del prisma.

El espectro no se halla igualmente alumbrado en todas sus partes, y aunque la carencia de un buen fotómetro dificulta no poco esta investigacion, el paraje mas alumbrado ó en donde reside el máximo de luz es en el amarillo y el verde, es decir, en el centro del espectro.

El calor que acompaña á la luz solar ha sido objeto de reiteradas observaciones para ver si sufría dispersion, y en este caso cómo se distribuía en los diferentes colores; para lo cual no hay mas que servirse de termómetros muy sensibles y colocarlos en los diferentes colores del espectro. Empleando este procedimiento se ha visto que la dispersion se verifica, y que hay un máximo de calor que corresponde al rayo rojo; pero despues de los esperimentos de Melloni, de que nos hemos ocupado en lugar oportuno, y que han producido el estudio de la diatermancia, el máximo obtenido en el *espectro calorífico* se ha visto que varia de colocacion con la naturaleza de la sustancia de que el prisma se halle formado.

Tambien se ha hallado un *espectro químico* observando la accion de los diferentes rayos sobre las combinaciones del cloro, señaladamente en el cloruro de plata. Esta sustancia se altera y se ennegrece por la accion de la luz, y se ha visto que lo verifica en todos los colores; pero que su máximo de accion reside en el violado, que es donde se altera con mas rapidez.

Tambien se ha pretendido la existencia de un *espectro magnético*, cuyo máximo se fijaba igualmente en los rayos violados; pero no lo han comprobado los esperimentos hasta ahora.

Hemos dicho que cualquiera que sea el origen de la luz el espectro se producía del mismo modo; mas sin embargo,

debemos á Fraunhofer la averiguacion y descubrimiento de unas *rayas alternativamente oscuras y brillantes* en el espectro, que aparecen sin orden sensible al parecer, pero que se presentan siempre del mismo modo; y cuya colocacion varia cuando en vez de la luz solar se emplea la de las estrellas, la luz eléctrica, la de una lámpara de alcohol, etc.

LECCION LXVI.

Acromatismo presentado experimentalmente.—Aplicaciones.—

Arco iris.

244. Llamamos *acromatismo* la propiedad que la luz adquiere atravesando espesores diferentes de sustancias convenientemente dispuestas, para sufrir la desviacion correspondiente sin descomponerse ni presentar otro color que el blanco. Por mucho tiempo se habia admitido la imposibilidad de verificar este fenómeno, pero se demostró que el acromatismo podia existir, empleando un medio que con ligeras modificaciones es el mismo de que en el dia nos servimos. Si colocamos al paso de un haz de luz blanca un prisma ordinario de vidrio, y á continuacion otro de liquido incoloro, que consiste en una caja de vidrios en la que una de las caras puede moverse y variar de inclinacion, el rayo luminoso se descompondrá; pero haciendo variar la inclinacion de la cara móvil, ó lo que es lo mismo, el ángulo refringente del prisma liquido, se llega á una posicion en que la luz se desvia sin sufrir descomposicion.

Este procedimiento nos dice el camino que deberemos seguir para *acromatizar* los prismas, que será servirse de dos de sustancia diferente, colocarlos de modo que los ángulos refringentes estén invertidos, y además que el valor de los ángulos sea distinto, dependiendo este de las potencias refractivas de las sustancias empleadas. Los cuerpos empleados en la confeccion de estos prismas son el *crown glass* y el *flint glass*, disponiéndolos de modo que se toquen y ajusten ambos prismas por una de sus caras, que podremos considerar como comun para ambos. Empleando solos dos prismas no puede en rigor acromatizarse mas que dos solos rayos, y se eligen para esto los verdes y los anaranjados por-

que su intensidad es mayor que la de todos los demás; si empleásemos siete prismas, como sería necesario para acromatizar los siete colores, además de las dificultades en la disposición de los ángulos refringentes, la pérdida de luz sería demasiado considerable.

Las lentes son verdaderos prismas en óptica, y por lo mismo la luz se descompone al atravesarlas como debe suceder, puesto que recorre espesores diferentes; de aquí la necesidad de acromatizarlas, lo que se consigue por el mismo procedimiento que á los prismas, empleando dos lentes, una cóncava y otra convexa, construidas de las mismas sustancias que dejamos mas arriba espuestas; lo que produce siempre una lente cavo-convexa, que será convergente ó divergente segun las curvaturas que se hayan empleado.

El acromatismo de las lentes es de una importancia suma en la construccion de todos los instrumentos de óptica, pues sin esta circunstancia las imágenes aparecerian siempre rodeadas de una aureola teñida con los colores del espectro, lo que no solamente produciria mal efecto, sino que imposibilitaria todas las observaciones en que fuese necesaria una regular esactitud.

245. El arco iris resulta de la descomposicion de la luz que atraviesa las gotas líquidas de una nube que se resuelve en lluvia. Para que sea perceptible es necesario que el sol no tenga gran altura sobre el horizonte, y que el observador se halle de espaldas á este astro; cumplidas estas condiciones, nada mas fácil que darse cuenta de la produccion del fenómeno. Sea para esto una gota ABC (*fig. 124*), é imaginemos un rayo solar SA, el cual se refractará á la entrada de la gota siguiendo la direccion AC; en este punto C una parte se refractará saliendo de la gota y siendo perdida para el observador, y otra parte sufrirá la reflexion total y se dirigirá á B, donde verificándose lo mismo, la parte reflejada será perdida para el observador y la refractada en la direccion BO llegará á herir el órgano de la vision. Estas reflexiones y refracciones sucesivas, verificadas sobre espesores diferentes de liquido, producen la descomposicion de la luz; y si bien es cierto que en cada una de las gotas se da lugar á un espectro completo, tambien lo es para el observador no puede haber mas rayos eficaces que un solo pincel en cada gota, de forma que él solo descubre un color en cada una, y se for-

ma el espectro por la reunion de los filetes diversamente coloreados y procedentes de diferentes gotas.

El efecto es el mismo que notamos al través de la pedrería de una araña, en que cada uno de los vidrios tallados que la forman nos presenta un color particular, color que cambia en cada uno sin mas que variar de posicion respecto al observador. En el fenómeno del arco iris es verdad que las gotas se renuevan sin cesar; pero verificándose esta renovacion con rapidez suma, el efecto para el observador es el mismo que si se hallasen en una posicion constante y fija. El arco se nos presenta en esta forma porque es la base de un cono, cuyo cúspide se encuentra en el ojo del observador, cortado por un plano secante que es el del horizonte.

Frecuentemente se ven dos arcos, de los que el segundo tiene los colores invertidos y menos brillantes, el cual proviene de gotas, tales como ABCD (fig. 125), en que la luz eficaz es la que llega por la parte A segun la direccion SA, sufre una reflexion en B y otra en C en lo interior de la gota, y se refracta en D siguiendo la DO para dirigirse al ojo del observador. El cruzamiento de los rayos luminosos en I esplica la inversion del espectro, y el mayor número de reflexiones y refracciones sucesivas la debilitacion de la luz. Vemos que el primer arco proviene de una reflexion interior, el segundo de dos, y se concibe muy bien la existencia de un tercero, un cuarto etc., procedentes de un igual número de reflexiones; pero la pérdida que necesariamente sufre la luz en todas estas modificaciones hace que rara vez se presente el tercer arco y nunca los siguientes. Alguna vez se observa el arco lunario, que no debe confundirse con los halos ó coronas, cuya esplicacion es enteramente diferente, y para la cual hay que suponer agujas prismáticas de hielo en la atmósfera con ángulos determinados.

LECCION LXVII.

Ideas generales acerca de la doble refraccion, y polarizacion de la luz.

246. Además de los fenómenos estudiados, la luz sufre modificaciones singulares cuando atraviesa varios cuerpos cristalizados, entre los que se distingue el *espató de Islandia*, al tra-

vés de cuyos cristales romboédricos la luz se divide presentando dos imágenes de un mismo objeto. Para que esto suceda es necesario que uno de los rayos en que la luz se divide esté sujeto á leyes especiales, ó lo que es lo mismo, que el índice de refraccion sea diferente; y de aquí la denominacion de *rayo ordinario* y de *rayo extraordinario* dada á cada uno de los considerados, y la de *imagen ordinaria* é *imagen extraordinaria* á las producidas por cada uno de aquellos.

Existe sin embargo una direccion en que la luz no se divide, y es cuando atraviesa el cristal paralelamente al eje, que es la línea que une los ángulos triedros obtusos; en todas las demás posiciones se presentan siempre dos imágenes. Si colocamos dos cristales superpuestos se presentarán dos ó cuatro imágenes segun la posicion relativa de los ejes y de las secciones principales.

Además de esta propiedad, posee la luz la de *polarizarse* ó reflejarse y refractarse de preferencia bajo un ángulo dado. Si se hace llegar un rayo de luz sobre una lámina de vidrio sin azogar con una incidencia de $54^{\circ} 35'$ partiendo de la normal, este rayo no puede ser reflejado por otra lámina de vidrio que encuentre con la misma inclinacion, cuando el plano de incidencia sobre esta es perpendicular al de reflexion sobre la primera; pero puede reflejarse bajo todas las demás inclinaciones, si bien lo verifica con intensidades diferentes.

La luz se polariza tambien por refraccion cuando un rayo llega á una lámina de vidrio bajo la incidencia de $54^{\circ} 35'$ contando desde la normal, el cual rayo, si se recibe sobre otra lámina de vidrio bajo el mismo ángulo, se halla que la intensidad de la luz reflejada en este caso varia con la posicion del plano de incidencia relativamente al de emergencia. Esta luz polarizada por refraccion presenta una diferencia notable con la polarizada por reflexion. En la reflexion la luz reflejada por el segundo vidrio tiene una intensidad máximum ó mínimum segun que el plano de reflexion en este es paralelo ó perpendicular al plano de reflexion sobre el primero; y en la polarizacion por refraccion la luz reflejada por el segundo vidrio posee al contrario una intensidad mínimum ó máximum segun que el plano de incidencia es paralelo ó perpendicular al de emergencia.

La polarizacion por refraccion es solo parcial cuando se verifica al través de un solo vidrio; pero si se le hace atrave-

sar una pila compuesta de diferentes láminas, la parte de luz que atraviesa la segunda es la totalidad de la que se polarizó en la primera, mas la cantidad polarizada al atravesar la segunda, mas una cantidad de luz no polarizada aun; la cantidad que atraviesa la tercera es la totalidad de la luz polarizada en las dos anteriores, mas la que lo verifica en esta, mas una porcion de luz no polarizada; esto nos dice que en las láminas sucesivas la cantidad absoluta de luz disminuye, pero la cantidad de luz polarizada aumenta, y puede concebirse un número suficiente de láminas para que la polarizacion sea completa, en cuyo caso no habrá disminucion ninguna en la luz cualquiera que sea la profundidad ó espesor de los intermedios que atravesase.

El ángulo de polarizacion es diferente para cada cuerpo, y el nombre que recibe este fenómeno es debido á Newton, que en su sistema de la emision suponía las moléculas de luz dotadas de dos polos ó centros de accion dotados de propiedades diferentes, y cuyos ejes, vueltos en todos sentidos en la luz natural, adquirirían el paralelismo en la polarizacion.

247. No solamente son notables los fenómenos de doble refraccion y polarizacion indicados, sino el de los *anillos coloreados* que se producen al oprimir una lente plano-convexa sobre un vidrio plano tangente á la misma. Se observa mirando por reflexion una mancha negra en el punto de contacto, luego un anillo brillante, otro oscuro, á continuacion otro brillante y así continuando. Si esto mismo lo observamos por refraccion, se ve una mancha brillante en el contacto, luego un anillo oscuro, en seguida otro brillante, y así prosiguiendo; de forma que los anillos brillantes por reflexion son oscuros por refraccion, y al contrario; y los espesores de la lámina de aire intermedia que es donde los anillos se forman siguen la serie de los números impares 1, 3, 5, 7, etc., para los anillos brillantes vistos por reflexion; y para los oscuros la serie 0, 2, 4, 6, etc., de los números pares; estas series se hallan cambiadas para los anillos vistos por refraccion, correspondiendo la de los números impares á los oscuros y la de los pares á los brillantes.

Todos estos fenómenos, imposibles de explicar debidamente en el sistema de la emision, son por el contrario á propósito para recibir una explicacion rigurosa por el sistema de las ondulaciones. Estas vibraciones producidas en el éter á semejan-

za de las sonoras que hemos estudiado respecto á los cuerpos ponderables, sin embargo de poseer tambien la propiedad de cruzarse sin perturbarse, esta libertad tiene un límite para las ondulaciones que partiendo de un mismo origen se encuentran despues de haber recorrido caminos diferentes; y se refuerzan ó se estinguen segun que las diferencias son de un número par ó impar de semi-ondulaciones, lo que esplica cómo puede verificarse que luz añadida á luz produzca oscuridad.

Este estudio es sumamente vasto é importante, pero nos ceñimos á estas ligerísimas indicaciones, suficientes para completar el plan propuesto, y tambien para llamar la atención hácia un estudio mas detenido de estas notables y bellísimas teorías.

LECCION LXVIII.

De la vision.—Descripcion del ojo humano.—Aplicacion de las lentes para los miopes y presbitas.

248. El órgano de la vision se compone de un globo ovoide colocado en una cavidad huesosa, llamada *órbita del ojo*; se halla rodeado por una membrana fibrosa, que se denomina *córnea opaca* en la parte posterior del órgano, y *córnea transparente* en su parte anterior. La córnea opaca (fig. 126) es blanda, flexible y regularmente gruesa, afectando la forma de un segmento esférico, y la córnea transparente ACB tiene tambien la forma de un segmento esférico, pero de un radio menor. Una segunda membrana, llamada *coroides ó corioidea*, se halla unida á la cara interna de la córnea opaca hasta el punto de union de las dos córneas, desde donde continúa por la parte anterior del ojo sin adherirse á la córnea transparente, y forma un diafragma AB teñido de colores diferentes, el cual se denomina *iris*, y se halla atravesado en su medio por una pequeña abertura, llamada *pupila*. Detrás del iris se halla un cuerpo lenticular MN, sólido y transparente, que ha recibido el nombre de *crystalino*, el cual se halla formado de capas diferentes superpuestas, de mayor curvatura y refringencia en el centro que en los bordes, y encerrado en una membrana particular, llamada *cápsula cristalina*, que se une á la coroides en todo su contorno. La cápsula cristalina divide el ojo en

dos cavidades, de las que la anterior está llena de un licor llamado *humor acuoso*, y la posterior de otro liquido denominado *humor vitreo*. Por último, otra membrana llamada *retina* se encuentra aplicada sobre la pared interna de la coroides, cuya membrana es semi-transparente y está formada por la expansion del nervio óptico.

En la marcha de los rayos luminosos en el ojo no hay nada que no esté conforme con las leyes esplicadas en la refraccion. El haz de luz que un punto luminoso envia sobre la córnea transparente sufre una disminucion de divergencia refractándose en el humor acuoso, una parte de esta luz refractada va á caer sobre el iris, donde se refleja irregularmente y envia al exterior el color de esta membrana; la parte que pudiéramos llamar central atraviesa la pupila, cae sobre el cristalino, se refracta y va á formar sobre la retina la imagen del punto ó cuerpo luminoso. Las imágenes se presentan invertidas, y sin iris alguno, lo que prueba el acromatismo del órgano de la vision.

La estimacion del tamaño y de la distancia de los objetos es un resultado de la costumbre y de la comparacion; así es, que juzgamos distantes los objetos vistos bajo un ángulo visual pequeño, de lo cual se saca partido en la perspectiva y en el dibujo en general.

El aplanamiento ó disminucion de curvatura de la parte anterior del ojo, defecto que generalmente se produce con la edad, hace que las personas que se hallan en este caso, y que se denominan *presbitas*, no perciban con distincion los objetos próximos en razon á que el foco del ojo debe hallarse mas allá de la retina; así que tienen necesidad de separarse ó alejarse de los objetos que pretenden examinar: este defecto se corrige colocando lentes convergentes delante de los ojos, las cuales producen la convergencia suficiente para que el foco se halle sobre la retina. El defecto opuesto, y que se encuentra en individuos de todas edades, es el de una demasiada curvatura, que hace que solo se distingan con exactitud los objetos próximos, pues que para los distantes el foco se halla situado antes de la retina; los que se encuentran en este caso, y á los cuales se denomina *miopes*, corrigen esta falta por medio de lentes cóncavas que separan los rayos lo suficiente para compensar la demasiada convergencia que el órgano por sí produce.

Las curvaturas que son necesarias para este uso varían para cada individuo, y aun en uno mismo con el tiempo. Con el objeto de dar mas libertad al ojo, para distinguir objetos que se hallen en una direccion oblicua respecto al eje, se ha ideado emplear lentes cavo-convexas, que sabemos pueden ser convergentes ó divergentes, segun la relacion entre las curvaturas, las cuales se han llamado *periscópicas*, y producen muy buen efecto siempre que estén bien construidas.

En alguna ocasion en el curso de estas lecciones hemos espuesto, aunque anticipadamente, que la sensacion duraba

en la retina $\frac{1''}{10}$; y ahora, que ya conocemos la marcha de la

luz en el ojo, podemos experimentalmente convencernos de esta verdad. Tómese un carbon encendido y hágasele girar con rapidéz describiendo una circunferencia, y tendremos la ilusion de una circunferencia entera de luz, no obstante que sabemos que el carbon no puede hallarse á un mismo tiempo en todos los puntos; lo mismo sucede con los soles que se imitan en los fuegos artificiales, y todo prueba que la impresion producida en la retina dura un tiempo que la observacion ha estimado en la cantidad que dejamos espuesta:

LECCION LXIX.

Instrumentos de óptica.—Cámara oscura.—Daguerreotipo.—Cámara lucida.

249. La *cámara oscura* es un sencillo aparato de óptica, que se forma siempre que se deja un aposento á oscuras sin mas luz que la que pueda entrar por una pequeña abertura practicada en la ventana, en cuyo caso las imágenes de los objetos exteriores, que suponemos bien alumbrados, se pintarán invertidas en el fondo del cuarto. Con la mira de hacer portátil este aparato, y de un uso fácil y cómodo, se compone (*fig. 127*) de una caja rectangular de madera ó carton, con un tubo en una de sus paredes laterales; en él cual lleva una lente para recoger mayor número de rayos, los que se dirigen á un espejo plano inclinado 45° , sobre el que se reflejan y van

á pintar la imágen en un vidrio sin pulimento colocado en la parte superior. En vez del espejo puede emplearse un prisma triangular de vidrio, dispuesto de modo que la luz sufra la reflexion total sobre una de sus caras; y mejor si la cara de entrada es convexa, la de reflexion plana, y cóncava la de salida, en cuyo caso se obtienen ventajas de consideracion respecto al campo que abraza el aparato.

Se puede disponer (fig. 128) de modo que la luz llegue á un espejo plano convenientemente inclinado, desde el que se reflejarán sobre una lente horizontal, en cuyo foco se cruzarán los rayos é irán á pintar la imágen en un papel colocado sobre una mesa, en la que por medio de un bastidor suponemos que se sostenga el aparato. El objeto de la cámara oscura es el de dibujar la vista de un edificio, de un campo etc., si bien cuando la estension es grande, presenta el inconveniente de que si se pintan bien los objetos próximos lo verificarán mal los lejanos; y al contrario, si estos se dibujan bien, se presentarán aquellos con poca exactitud, lo que proviene de que el foco de la lente es uno, y no puede pintar con igual precision objetos que se hallen á distancias diferentes.

Hace bastantes años que se pensó en sacar partido de la propiedad que posee el cloruro de plata de alterarse y ennegrecerse por la accion de la luz, para ver si seria posible que la imágen representada sobre el papel quedase allí fija sin tener que seguir los contornos con el lápiz ni verificar operacion alguna; los ensayos verificados con este motivo dejaron mucho que desear, pero trabajando sobre esta aplicacion diferentes físicos se ha llegado por fin al *daguerreotipo* que resuelve perfectamente la cuestion. El aparato, en cuanto al modo de pintar las imágenes, no es mas que una cámara oscura comun con una buena lente acromática: el plano en que se han de pintar las imágenes es una chapa de cobre recubierta de plata bien pulimentada, y que necesita antes y después de recibir la impresion de la luz sufrir varias operaciones. Suponiendo la plancha nueva y bien limpia, hay que empezar echando sobre ella una gota de alcohol y un poco de rojo de Inglaterra, y frotarla con algodón en rama hasta que quede tersa y sin impresion estraña alguna; en este estado se la coloca al vapor del cloruro de iodo hasta que tome un color débilmente morado, en cuyo caso, y preservándola cuidadosamente de la impresion de la luz, se la coloca en el foco de

la cámara oscura que se habrá situado convenientemente de antemano; allí permanecerá un corto rato, y en seguida se la sacará, cuidando que la luz no la impresione y se la colocará en una caja á propósito donde recibirá el vapor del mercurio con una inclinación de 45° ; el metal se calentará por medio de una lámpara de alcohol, que se tendrá cuidado de apagar en cuanto se note que va apareciendo la imagen sobre la plancha en cuestion. En seguida se la lava con hiposulfito de sosa para quitar las partes del cloruro no atacadas por la luz; y si aun se quiere hacer la imagen mas inalterable, se la recubre con cloruro de oro, y se la calienta hasta que el cloruro desprenda vapores abundantes, se quita este en seguida, se la lava con agua destilada, y la operacion se encuentra terminada.

La gran sensibilidad del cloro respecto de la luz, y la aplicacion notable de que acabamos de ocuparnos, dan lugar á esperar que un dia se halle, por modificaciones que tal vez se introduzcan en la operacion, un buen fotómetro que tanta falta hace en la ciencia.

250. La cámara clara ó cámara lucida se compone de un prisma ABCD de vidrio (fig. 429) que tiene el ángulo A de 90° y el C de 135° . Los rayos de luz F entran perpendicularmente por la cara AB, sufren la reflexion total sobre la cara BC, de donde se dirigen sobre la CD, en la cual sufren tambien la reflexion total para salir perpendicularmente por la AD, en donde el observador en O verá el punto F en la prolongacion de OH. El uso de este aparato no es muy cómodo, porque es necesario que media pupila se halle sobre la cara AD, y media fuera del prisma; si el ojo se adelanta, se verá con claridad la imagen, pero no la punta de lápiz que ha de seguir sus contornos; y si el ojo se atrasa, verá la punta del lápiz, pero no percibirá la imagen del punto F; razon por la que es indispensable que la posicion sea la que arriba dejamos espuesta.

LECCION LXX.

Microscopios.—Anteojos astronómicos.—Idem terrestre.—Telescopios.

251. Los *microscopios* son aparatos destinados á ver los objetos amplificados para poder apreciar todos sus detalles.

Sabemos que se juzga del tamaño de los objetos por el ángulo visual bajo el cual se nos presentan, y por lo mismo cuando tratamos de distinguir con precisión un objeto pequeño le aproximamos cuanto es posible al órgano de la vista; pero también sabemos que si le acercamos demasiado los detalles desaparecen, y solo percibimos una confusa imagen del cuerpo considerado. Esta confusión que resulta, y cuya causa es la gran cantidad de rayos luminosos que se precipitan sobre la retina con toda suerte de inclinaciones, cesaría en cuanto interceptásemos los rayos que llegan con demasiada oblicuidad para quedarnos únicamente con los que podremos llamar eficaces. La contracción de la pupila cumpliría perfectamente con esta condición si nos fuera posible llevarla hasta el punto que para esto es necesario; y por lo mismo hay necesidad de emplear un medio artificial que nos permita conseguir lo que deseamos. Este medio es una lámina metálica taladrada con un pequeño agujero, por el cual pasan solo los rayos eficaces, siendo detenidos por la opacidad de la plancha los que llegan con mucha oblicuidad, además, y con el objeto de aumentar el número de estos rayos eficaces, se coloca en la abertura una lente de un foco corto, y tenemos con esto construido el *microscópio simple*. Llama la atención á primera vista que las lentes convergentes presenten las imágenes amplificadas; pero nada tiene de extraordinario el que así se verifique. Sea para esto una lente bi-convexa AB (fig. 450), y sea P un cuerpo cualquiera; los rayos que este emite atravesarán la lente refractándose y reuniéndose en el foco O, en el cual suponemos el ojo del observador, este referirá la posición del objeto á la prolongación de los rayos que penetran hasta la retina, y por consiguiente le verá en Q amplificado puesto que el ángulo visual es mas grande. Esto justifica el nombre de *vidrios de aumento* que vulgarmente se da á estas lentes.

252. El *anteojo astronómico* se compone de un tubo con una lente convergente en cada una de sus estremidades, de las cuales recibe el nombre de *ocular* aquella por la cual inmediatamente se mira, y el de *objetiva* la que se halla vuelta al objeto. En este aparato la pérdida de luz es poca; pero las imágenes se presentan invertidas, lo cual no es de importancia alguna respecto de los cuerpos celestes.

Si se quiere que las imágenes aparezcan derechas no habrá mas que poner otras dos lentes que producirán una nueva

inversion de la imagen; pero entonces la pérdida de luz es ya considerable: este es el *anteojo terrestre*, llamado vulgarmente *anteojo de larga vista*. En estos aparatos hay que corregir la *aberracion de refrangibilidad* y la *aberracion de esfericidad*; la primera se corrige por medio del acromatismo, y la segunda colocando en lo interior del tubo diafragmas ó anillos, que situados en la distancia focal de las lentes, solo dejen pasar los rayos centrales y detengan los excesivamente oblicuos; además se dispone lo interior del tubo recubierto de un barniz negro y sin pulimento, á fin de que sean absorbidos los rayos que lleguen sobre estas paredes.

El *microscopio compuesto* no es otra cosa que una modificación de estos aparatos, hallándose formado por dos ó mas lentes, de las que la objetiva tiene un foco muy corto y presenta una amplificación diferente, segun el número y calidad de las lentes empleadas.

Otra modificación del anteojo astronómico es el *microscopio solar*, que se compone de un tubo con dos lentes fijo en una ventana, y dispuesto de modo que un rayo de luz solar pase por el eje del mismo; los objetos se colocan siendo transparentes en el foco de la lente objetiva y van á pintarse amplificados sobre un plano convenientemente dispuesto. Si los cuerpos que se han de examinar son opacos, hay que situarlos fuera de la ventana, iluminarlos fuertemente por medio de espejos ó de lentes, y disponerlos de manera que la luz que reflejan sea la que atraviese por el tubo; el aparato en este caso recibe el nombre de *megáscopo*.

Si en vez de la luz solar se emplea la de una lámpara, como sucede si el tubo se fija á una de las paredes de una caja, dentro de la cual se sitúa la lámpara con su reflector correspondiente, tendremos la *linterna mágica* ó la *fantasmagoría*, segun que el aparato permanezca fijo, ó pueda tomar un movimiento para variar la dimension de las imágenes.

El *anteojo de Galileo* se halla tambien compuesto de dos lentes, pero no presenta las imágenes invertidas; la lente objetiva es convexa y la ocular cóncava, dispuestas de modo que la máxima distancia entre ambas no exceda de la distancia focal de la objetiva. Este aparato es el que se emplea en el teatro por la poca pérdida de luz que produce y por no tener dimensiones exageradas.

255. Los *telescopios* están esclusivamente destinados á

observaciones astronómicas, y el mas sencillo, aunque tambien el mas moderno, es el de *Herschell*, que se compone de un gran tubo abierto por uno de sus estremos y con un espejo cóncavo metálico en su fondo; las imágenes se pintan en el foco del espejo, y allí las examina el observador armado del ocular correspondiente.

El *telescopio de Newton* (fig. 131) se compone de un gran tubo con un espejo cóncavo metálico en su fondo C, y otro espejo plano D ó un prisma, para que la reflexion total se produzca, inclinado de 45° al eje del aparato. Los rayos enviados por un objeto A llegan al espejo del fondo, del cual son reflejados sobre el espejo plano D y dirigidos á un ocular E, donde el observador en O ve la imagen ampliada del objeto A situada en B. Este aparato tiene el inconveniente, además de la pérdida de luz que produce, de presentar la imagen formando un ángulo de 90° con el objeto.

El *telescopio Gregoriano* (fig. 132) está formado por un tubo, en cuyo fondo hay un espejo cóncavo metálico taladrado en su vértice, en cuyo sitio se coloca el ocular E, y en frente de este espejo D otro mas pequeño C, tambien cóncavo metálico. Los rayos enviados por un cuerpo A se reflejan sobre el espejo cóncavo D, desde el cual van á sufrir una nueva reflexion en C para dirigirse al ocular E, donde el observador situado en O verá la imagen ampliada en B. Con la mira de corregir la aberracion de esfericidad se ha ideado el *telescopio de Cassegrain*.

DEL MAGNETISMO.

LECCION LXXI.

Magnetismo.—*Fluido boreal y austral.*—*Polo norte y polo sur.*—*Atracciones y repulsiones.*—*Verificacion de sus leyes.*

254. Se encuentran en el seno ó en la superficie de la tierra algunos cuerpos que tienen la propiedad de atraer al hierro y de ser atraidos por este. Estos cuerpos, cualquiera que sea su forma y composicion, reciben el nombre de *imanes naturales*, para distinguirlos de las barras ó agujas de acero, á quienes se han comunicado las propiedades magnéticas por procedimientos que indicaremos mas adelante, y por cuya razon se llaman *imanes artificiales*.

La fuerza que produce los fenómenos magnéticos no es como la gravedad una propiedad inherente á la materia ponderable, sino que depende de la existencia de un agente particular llamado magnetismo ó fluido magnético, que reside en toda la masa del iman, y cuyas propiedades desaparecen por una elevacion de temperatura, sin que por esto haya variado sensiblemente su peso. Esto pues nos manifiesta que puede considerarse el magnetismo como un fluido imponderable, siendo además necesario suponerle compuesto, por las razones que despues indicaremos, de otros dos fluidos elementales que residen á la vez en el mismo iman, y que se distinguen con los nombres de fluido *austral* y fluido *boreal*.

La atraccion mútua del iman y del hierro no solo se ejerce en el contacto y á distancia, si que tambien al través del vacío, del aire, del carton y de todas las sustancias que no son magnéticas, aun quando, como todas las fuerzas atractivas, disminuye á medida que la distancia aumenta.

255. La esperiencia nos enseña que la accion del iman sobre el hierro no es la misma en todos los puntos de su superficie. Para esto se toma un péndulo magnético compuesto de una esferilla de hierro, suspendida á la estremidad de un hilo delgado, y haciendo variar de posición al iman, colocando siempre á la misma distancia del péndulo, observaremos que existen dos regiones opuestas, en las cuales se manifiesta una accion muy marcada, en tanto que es casi nula en el intervalo que las separa. Este fenómeno es todavia mas sensible sirviéndonos de imanes cuya forma sea cilindrica ó prismática.

Los dos puntos de la superficie donde parece concentrada la atraccion magnética se llaman *polos*; y la línea que los separa, y en la que la atraccion es nula, recibe el nombre de línea *media* ó *neutra*. La palabra polo espresa tambien un punto ideal que se concibe en el interior de un iman, y al cual está aplicada la resultante de todas las atracciones ejercidas por toda la porcion del iman situada á un mismo lado de la línea neutra. Los nombres de polo *norte* y *sur*, con que se distinguen, han provenido de que cuando se suspende un iman de manera que pueda girar libremente al rededor de un centro en un plano horizontal, no se fija indiferentemente en todas las posiciones, sino que existe una á la cual vuelve tan luego como se le separa de ella. En esta posicion los dos polos están situados de tal modo que uno de ellos se dirige constantemente al norte y el otro al sur.

Por lo dicho anteriormente pudiera creerse que cada uno de los polos de un iman poseía esclusivamente uno de los dos flúidos; pero la esperiencia nos enseña que cuando se divide un iman en dos partes, cada una conserva su línea media y sus dos polos, verificándose lo mismo aun cuando prosigamos la division tanto cuanto lo permitan los medios mecánicos, siendo por consecuencia imposible verificar la separacion de los dos polos de un iman.

256. El flúido magnético no existe solamente en los imanes, puesto que se encuentra tambien en las sustancias simplemente magnéticas, como el hierro. Se demuestra esta propiedad colocando en contacto de uno de los polos de una barra imantada (fig. 435) un cilindro de hierro, el cual, bajo la influencia del polo á que está sometido, se convierte en un verdadero iman, que atrae las limaduras y posee la línea

media y los dos polos que caracterizan á los imanes naturales y artificiales. Este primer cilindro, una vez imantado por influencia, puede imantar y sostener otro segundo con quien se ponga en contacto, y así sucesivamente hasta que el peso de los cilindros sobrepuje á la accion magnética.

Podiera acaso creerse que el magnetismo desarrollado en los cilindros de hierro provenia de una transmision del contenido en la barra imantada; pero fácilmente nos convencemos de lo contrario con solo observar que una vez separados los cilindros del contacto del iman no conservan nada de magnetismo libre; que podemos repetir cuantas veces se quiera este esperimento sin que la barra imantada pierda nada de su fuerza, y por último, que si hubiera tenido lugar la transmision supuesta, los cilindros no contendrian mas que un solo fluido en lugar de los dos que se observan en él.

Será pues necesario admitir: primero, que el hierro, como todos los demás cuerpos simplemente magnéticos, contiene los dos fluidos, pero combinados ó neutralizados el uno por el otro, pues de lo contrario no seria atraido indistintamente por los dos polos de un iman; segundo, que bajo la influencia del polo A de un iman los dos fluidos se descomponen, el fluido B', del hierro es atraido por ser de nombre contrario, y el fluido A' repellido por ser del mismo nombre; tercero, que tan luego como cesa la influencia del iman, los dos fluidos separados por ella vuelven á reunirse para formar el *fluido neutro*.

Podemos hacer sensible la neutralizacion mútua de los dos fluidos de nombre contrario suspendiendo del polo A de un iman colocado horizontalmente un cilindro de hierro (*fig. 134*) cuyo peso sea próximamente el limite que el iman pueda sostener; si se aproxima lentamente y por la parte superior el polo B', de otro iman de la misma fuerza, observaremos que aun antes de ponerlos en contacto se verifica la neutralizacion de los dos fluidos, y el cilindro se separa y cae obedeciendo á la accion de la gravedad.

La descomposicion y recomposicion de los dos fluidos, que como acabamos de ver son instantáneas en el hierro dulce, tardan mas ó menos tiempo en verificarse en las demás sustancias magnéticas. La separacion de los dos fluidos en el acero templado exige fricciones repetidas ó un contacto mas prolongado con el iman; pero en cambio los conserva separados

por mucho tiempo. La causa que se opone á la separacion de los flúidos, y que al propio tiempo impide su recomposicion luego que cesa la influencia del iman, se conoce con el nombre de *fuerza coercitiva*. Esta fuerza es tanto mas considerable en el acero cuanto mayor es su dureza, poseyéndola tambien, aunque en menor grado, el hierro batido, toreado ú oxidado.

Demostrada por los esperimentos anteriores la no transmision del flúido magnético del iman al hierro, réstanos probar que tampoco puede cambiar de posicion ni transportarse libremente de un extremo á otro de los cuerpos que le poseen. En efecto, si cortamos un alambre de hierro en dos partes, cuando sometido á la influencia de un iman hemos conseguido separar sus dos flúidos, observaremos que en la parte cortada no se encuentra la mas leve señal de magnetismo, en tanto que la otra conserva su linea media y sus polos. Este fenómeno nos manifiesta que la descomposicion del flúido magnético se verifica separadamente en cada molécula, y solo en esta pequeña estension es donde el flúido puede moverse; de manera que para poder separar los dos flúidos seria necesario cortar una molécula por su mitad.

257. Si una de las superficies polares A de un iman se pone en presencia de las A', B' de otro, se ve que atrae la B' y repele la A'. Las tendencias de estas superficies á unirse no solo se manifiesta por la adherencia que contraen, sino por el esfuerzo que necesitamos hacer para separarlas. Este esperimento nos manifiesta de una manera indudable que los polos del mismo nombre se repelen, y los de nombre contrario se atraen, y que á cada lado de la linea néutra, ó en las dos mitades del iman residen dos fuerzas que parecen idénticas porque actúan del mismo modo sobre el hierro, pero que son en realidad opuestas porque obran en sentido contrario sobre los imanes, la una atrayendo y la otra repeliendo.

258. Las atracciones y repulsiones, de que acabamos de hablar, están en razon inversa de los cuadrados de las distancias. Esta ley fundamental del magnetismo, sospechada por algunos físicos, ha sido rigorosamente demostrada por Coulomb empleando dos métodos distintos, de los cuales daremos á conocer el mas sencillo, reducido á hacer oscilar una aguja imantada bajo la influencia de un iman colocado

sucesivamente á distancias diferentes, contando con cuidado el número de oscilaciones hechas en un mismo tiempo.

Para esto se toma una aguja imantada de una pulgada de longitud, suspendida por un hilo sin torsion, y se la hace oscilar separándola de su posicion de equilibrio, contando el número de oscilaciones que hace en 1' que supondremos igual á 15. Luego que la aguja vuelve á su posicion inicial se coloca sobre su prolongacion y á una distancia de 4 pulgadas el polo atractivo de un alambre de acero imantado, cuya longitud sea de 24 pulgadas, y separando nuevamente la aguja de su posicion se cuenta el número de oscilaciones que hace en el mismo tiempo, bajo la influencia combinada de la tierra y del iman, cuyo número supondremos igual á 41. Se coloca en seguida el alambre á una distancia dupla, ó sea á 8 pulgadas, en cuyo caso el número de oscilaciones hechas por la aguja es 24. Siendo 15 el número de oscilaciones debidas únicamente á la accion magnética de la tierra, nos es muy fácil comparar por medio de los números 15, 41 y 24 las acciones que el alambre de acero ejerce sobre la aguja en sus dos posiciones.

En efecto, representando por F F' F'' las fuerzas que producen los números de oscilaciones indicados, y atendiendo al enunciado de la ley descubierta por Coulomb, tendremos

$$\frac{F'}{F} = \frac{(41)^2}{(15)^2}; \quad \frac{F''}{F} = \frac{(24)^2}{(15)^2};$$

pero como la fuerza horizontal del alambre en el segundo experimento es $F'' - F$, y en el tercero $F' - F$, resulta de las dos ecuaciones precedentes

$$\frac{F' - F}{F'' - F} = \frac{(41)^2 - (15)^2}{(24)^2 - (15)^2} = \frac{1456}{351} = 4, 1.$$

Vemos pues que en el tercer experimento, en el que la fuerza actúa á una distancia doble, la intensidad magnética es próximamente cuatro veces menor, y que por consecuencia las atracciones magnéticas son recíprocamente proporcionales á los cuadrados de las distancias.

LECCION LXXII.

Propiedades del iman.—*Atraccion.*—*Repulsion.*—*Direccion.*
—*Declinacion.*—*Inclinacion.*—*Esplicacion de estas dos últimas circunstancias.*—*Medios de apreciarlas.*

259. Ya hemos indicado en la leccion anterior que cuando se suspende una aguja imantada por un hilo de seda sin torsion se coloca siempre en una posicion fija; á la cual vuelve tan luego como se la separa de ella, haciendo una serie sucesiva de oscilaciones. La fuerza que la solicita es indudablemente magnética, porque una aguja que no esté imantada, lejos de experimentar esta accion cuando se coloca en circunstancias idénticas, permanece en equilibrio en todas las posiciones posibles.

Para demostrar que la fuerza que solicita á la aguja actúa de la misma manera que los imanes, bastará invertir sus polos, en cuyo caso deja de existir el equilibrio y la aguja gira sobre su eje, describiendo una semicircunferencia hasta recobrar su primitiva posicion.

Esto nos manifiesta de una manera indudable que la fuerza directiva que obra sobre la aguja distingue los polos, y semejante á un iman actúa por atraccion sobre el uno y por repulsion sobre el otro.

Examinando con detencion las numerosas observaciones hechas en diferentes puntos del globo, se ha conseguido demostrar que los fenómenos se verifican como si la tierra fuera un gran iman, cuya línea media estuviese situada en las regiones ecuatoriales, y cuyos centros de accion magnética ó polos se hallasen inmediatos á los de rotacion.

Esta consideracion es la que ha servido á los fisicos para definir y caracterizar los dos flúidos magnéticos, llamando flúido boreal al que domina en el hemisferio boreal de la tierra, y flúido austral al que domina en el hemisferio austral; pero como los flúidos de nombres contrarios se atraen y los del mismo nombre se repelen, resulta que el polo austral de la aguja es el que se dirige al norte, y el polo boreal al sur.

De lo dicho se infiere que, refiriéndonos á los imanes, las expresiones de polo norte y polo austral son sinónimas; así como tambien las de polo sur y polo boreal.

260. En el estado actual de la ciencia no es posible fijar exactamente los puntos donde residen los centros de la acción magnética de la tierra; pero si se demuestra que esta acción es puramente directriz, y que puede representarse por un par de fuerzas.

En efecto, supongamos una aguja imantada (*fig. 135*), móvil en todos sentidos alrededor de su centro de gravedad. Sea A el polo magnético austral de la tierra y B el polo boreal; estando estos dos puntos á una distancia infinita de la aguja relativamente á la longitud de esta, todas las líneas tiradas desde uno de estos polos á las diferentes moléculas magnéticas de la aguja podrán considerarse como paralelas. Esto supuesto, el polo boreal B del globo ejercerá sobre todos los elementos de los flúidos austral y boreal de la aguja fuerzas atractivas y repulsivas paralelas todas, y cuyas resultantes f y $-f$ serán iguales á su suma y estarán aplicadas á los puntos a y b , que serán los polos austral y boreal de la aguja. Estas dos resultantes son evidentemente paralelas é iguales.

Del mismo modo observaremos que la acción ejercida por el polo austral A del globo sobre la aguja se compondrá de otras dos fuerzas paralelas, iguales y contrarias f' y $-f'$, la una repulsiva aplicada al polo austral a , la otra atractiva aplicada al polo boreal b de la aguja imantada. Las dos fuerzas f y f' producen en el polo austral de la aguja la resultante F, y las $-f$ y $-f'$ producen en el polo boreal de la misma la resultante $-F$, las cuales en razon á la simetría de la figura serán paralelas, iguales y contrarias.

De todo lo dicho se deduce que la acción magnética ejercida por la tierra sobre una aguja imantada está representada por un par de fuerzas, las cuales no pueden equilibrarse, al menos que su dirección no coincida con el *eje magnético* de la aguja, ó lo que es lo mismo, con la línea que une los dos polos matemáticos a y b .

261. Hemos supuesto hasta ahora que el eje de una aguja imantada se dirigia exactamente de norte á sur, pero no sucede así en realidad.

Se llama *meridiano magnético* el plano vertical que pasa

por la dirección de la aguja imantada móvil alrededor de un eje vertical y por el centro de nuestro globo, ó simplemente la línea que trazaria este plano en la superficie de la tierra. Los meridianos terrestres y magnéticos son, pues, dos planos verticales, supuesto que ambos pasan por la vertical del punto que se considera; pero estos dos planos pueden hacer entre sí un ángulo mas ó menos grande.

Se llama *declinacion* de la aguja imantada en cada lugar el ángulo AEC (fig. 156) comprendido entre la meridiana AB y el eje CED de la aguja, ó lo que es lo mismo, el ángulo que la dirección de la aguja horizontal hace con la meridiana.

La declinacion es oriental ú occidental, segun que el polo austral de la aguja se dirija al este ó al oeste de la meridiana.

Todo aparato propio para observar la declinacion se llama *brújula de declinacion*. La aguja de las brújulas tiene en su centro una pieza cóncava de ágata que se apoya sobre un estilete vertical, alrededor del cual puede girar libremente. Su forma debe ser la de una flecha prolongada de poco espesor, cuyas estremidades se mueven sobre un cuadrante dividido que permite calcular el ángulo formado por la dirección de la aguja con la meridiana astronómica del punto donde se hace la observacion, lo cual se consigue haciendo coincidir con la meridiana el radio del cuadrante que termina en el cero, y observando el arco comprendido entre este punto y la estremidad norte de la aguja. La declinacion magnética varia con las latitudes, supuesto que existen puntos en la superficie de la tierra donde es occidental, otros en que es oriental, y finalmente algunos donde es completamente nula. Las líneas que pasan por los puntos, en los cuales la dirección de la aguja de declinacion coincide con la meridiana, se llaman *líneas sin declinacion*.

262. Cuando en vez de colocar la aguja magnética sobre un eje vertical la colocamos sobre uno horizontal que pase por su centro de gravedad, resulta el aparato conocido con el nombre de *brújula de inclinacion*. El eje de esta aguja no solamente se coloca en el plano del meridiano magnético, sino que su posición en dicho plano es tal que forma con el horizonte un ángulo variable tambien con los sitios y las épocas en que se verifican las observaciones.

La simple inspeccion de la figura adjunta (*fig. 157*) nos dará una idea del medio empleado por los físicos para determinar la inclinacion. BCAD es un círculo vertical en cuyo centro se coloca una aguja imantada FE móvil alrededor de un eje horizontal. El ángulo que la aguja forma con la vertical CD varía con la direccion del plano vertical en que se mueve. Si este plano es perpendicular al del meridiano magnético, el arco DE es nulo, en cuyo caso FE coincide con CD; pero á medida que se aparta de esta posicion disminuye el arco AE y llega á su minimum cuando el círculo ACBD se confunde con el meridiano magnético. Este valor minimum del arco AE es el que sirve para medir la *inclinacion magnética*.

La inclinacion varía tambien rápidamente con la latitud, es casi nula en el ecuador, y difiere poco de 90° en las regiones polares. La série de puntos donde la aguja permanece sensiblemente horizontal forma alrededor de la tierra una curva; conocida con el nombre de *ecuador magnético*.

265. Cuando la distribucion del magnetismo en las agujas se ha verificado con toda la posible regularidad, se observa que el eje magnético de las brújulas coincide con el eje de figura; pero esto sucede muy pocas veces. Así pues, si para medir la declinacion tomamos el ángulo que forma el eje de figura con la meridiana astronómica podremos cometer un error grave, el cual se evita empleando el siguiente método, conocido con el nombre de *método de inversion*. Si suponemos que en la primera observacion se nota una declinacion de 25° y que el eje de figura y el magnético de la aguja formen un ángulo de 3° hácia la derecha, invirtiendo la posicion de la aguja el ángulo de 3° quedará el mismo, con la sola diferencia que estará dirigido hácia la izquierda. La declinacion observada será $25^\circ + 6^\circ$, de suerte que tomando la semisuma de las dos observaciones obtendremos la verdadera declinacion. Este procedimiento es tambien aplicable á la aguja de inclinacion para obtener la verdadera.

LECCION LXXIII.

Variaciones y perturbaciones de la aguja imantada.—Accion de los inanes sobre los demás cuerpos.—Medios de imantar.

264. Las brújulas de inclinacion y declinacion, que como hemos visto varian de posicion en los diferentes puntos del globo, experimentan tambien en un mismo lugar variaciones mas ó menos considerables.

En efecto, la inclinacion de la aguja magnética, que en 1671 era en Paris de 73° , ha disminuido progresivamente de tal modo que en 1835 estaba reducida á $67^{\circ}, 24'$; sin que se observe fenómeno alguno que pueda hacernos suponer que se aproxima á su límite.

La declinacion de la aguja en el mismo punto ha experimentado tambien variaciones notables, puesto que desde 1580 á 1835 se ha notado una diferencia de 33° ; habiéndose observado además: primero, que en 1663 era nula; segundo, que despues de las primeras observaciones su marcha ha sido sensiblemente progresiva hácia el oeste hasta 1814; y tercero, que despues de esta época parece experimentar un movimiento retrógrado hácia el oriente.

265. La aguja de declinacion experimenta además variaciones diurnas que no pueden observarse, al menos que nos sirvamos de brújulas sumamente sensibles y esactas. Estas variaciones, nulas durante la noche, empiezan á notarse á la salida del sol, desde cuya época hasta las tres de la tarde la aguja se dirige al oeste, llegando á su máximum entre doce y tres: pasada esta hora, en que permanece estacionaria, retrograda otra vez hácia el este hasta las nueve ó las diez de la noche para empezar nuevamente el mismo período á la mañana siguiente.

La amplitud de estas oscilaciones varia con las épocas del año, siendo mayores en el estío que en el invierno; su valor medio es de $13'$ á $15'$ desde Abril á Setiembre, y de $8'$ á $10'$ desde Octubre á Marzo.

Las variaciones diurnas son mas estensas y menos regulares ó periódicas en los paises del norte, observándose además que la aguja no permanece estacionaria durante la noche, pero á medida que nos aproximamos al ecuador la ampli-

tud de estas variaciones va disminuyendo, llegan á ser nulas en el ecuador magnético, y se reproducen en sentido contrario en el hemisferio austral.

263. Independientemente de las variaciones regulares, de que acabamos de hablar, la brújula de declinacion experimenta otras que son accidentales, y se conocen con el nombre de *perturbaciones*.

Estas variaciones, producidas principalmente por la *auro-ra boreal*, empiezan ya á notarse algunas horas antes de que aparezca este metéoro, permaneciendo aun despues de su completa desaparicion, y haciéndose sensibles á distancias inmensas, si bien son tanto mayores cuanto mas próxima está la aguja del punto donde se verifica este brillante fenómeno. Los terremotos, las erupciones volcánicas, y sobre todo las descargas eléctricas verificadas en las inmediaciones de la aguja imantada, ejercen tambien sobre su direccion una influencia mas ó menos sensible, pudiendo en muchos casos destruir su magnetismo, ó por lo menos invertir sus polos. Los resultados de semejante trastorno pueden ser fatales, principalmente á los navegantes que confiados en las falsas indicaciones de su brújula correrian á una muerte casi cierta precipitándose sobre los escollos.

267. Los imanes ejercen una accion muy notable sobre las sustancias que hasta los curiosos experimentos hechos por Coulomb en 1812 se habian considerado como no magnéticas. El aparato empleado por este fisico se reduce á una aguja (*fig. 138*) de seis á ocho milímetros de longitud hecha de oro, plata, vidrio, madera, ó en general de la sustancia orgánica ó inorgánica que se quiere ensayar, suspendida de un hilo de seda y colocada dentro de una campana entre los polos contrarios de dos imanes vigorosos. Cuando estos imanes se aproximan mucho á la aguja se coloca esta, como si estuviese imantada, en la direccion de la recta que une los dos polos despues de hacer un número mas ó menos grande de oscilaciones.

Para esplicar este fenómeno es necesario admitir ó que todos los cuerpos son magnéticos, ó que las agujas empleadas contienen hierro, níquel, còbalto, manganeso ó cromo, únicas sustancias que ejercen accion sobre la aguja imantada. Pero los experimentos posteriores del mismo Coulomb han hecho ver que el último supuesto no tiene lugar, pues seria neces-

rio admitir que cantidades infinitamente pequeñas de estos metales, desapercibidas en un análisis químico, fuesen capaces de producir los fenómenos por él observados.

Los experimentos hechos por Lebaillif, sustituyendo á la aguja del aparato anterior una paja de dos ó tres décímetros, por cuyo eje se atraviesa en parte una aguja de coser fuertemente imantada, y equilibrada, por el extremo opuesto con un contrapeso, han puesto fuera de toda duda la acción atractiva que todas las sustancias ejercen sobre la aguja imantada, si se exceptúan el antimonio y el bismuto que la ejercen repulsiva.

268. Los cuerpos en reposo ejercen una acción mas ó menos enérgica sobre la aguja imantada en movimiento; así como los cuerpos en movimiento la ejercen sobre la aguja en reposo. Fácilmente podremos convencernos de la verdad de estas dos proposiciones sin mas que repetir los experimentos hechos por Arago. En efecto, haciendo oscilar una aguja de declinación sobre placas de diversas sustancias, y aun particularmente sobre una de cobre, se observa que estos cuerpos disminuyen la amplitud de las oscilaciones de tal manera que si la placa es de este último metal, reduce á 4 ó 5 el número de oscilaciones de una aguja que hace 500 ó 400 cuando no tiene que vencer mas resistencia que la del aire.

Se demuestra la segunda proposición enunciada por medio del aparato siguiente (*fig. 159*); *ab* es un platillo circular de cobre ó de otra cualquiera sustancia, fijo por su centro á un eje vertical *xy*, al cual se da un movimiento rápido de rotación: *cd* es una abertura circular practicada en el platillo de madera *MN* y cerrada inferiormente con una hoja de papel pegada á sus bordes con el objeto de que el movimiento de la aguja imantada no pueda atribuirse á las corrientes de aire producidas por la rotación del disco: por último completa el aparato una campana *ABCD* de vidrio, á cuyo cuello se aplica un torno pequeño, alrededor del cual se arroja el hilo de seda *mn* que sostiene la aguja imantada.

Tan luego como empieza el movimiento, la aguja se separa de su posición de equilibrio tomando otra fija si la velocidad del disco no es muy considerable, y de la cual se separa tambien girando en el mismo sentido que el disco á medida que aumenta la velocidad de este, venciendo en todos los casos la torsión del hilo y la atracción de la tierra que la dirigen al meridiano magnético.

La intensidad de la fuerza desarrollada por la rotacion depende de la distancia de la aguja al platillo, de su longitud, de la intensidad magnética de sus polos, y de la velocidad, espesor y naturaleza de la placa. Finalmente se ha observado tambien que las soluciones de continuidad; y sobre todo las hendiduras practicadas en el sentido de los radios del disco, disminuyen considerablemente la intensidad de la fuerza, la cual recobra cuando se sueldan estas hendiduras con un metal cualquiera, pero de ningun modo si se rellenan con agua, ácidos ó polvo metálico.

269. Cuando se coloca una barra de hierro dulce de tres ó cuatro pies de longitud en posicion vertical, ó mejor aun en la direccion del eje magnético del globo, adquiere inmediatamente el magnetismo, observándose que el polo austral corresponde á la estremidad inferior y el boreal á la superior. Este estado magnético no es duradero sino en tanto que la barra permanece en la posicion indicada, haciéndose cada vez menos sensible á medida que se separa de su direccion primitiva; pero careciendo el hierro de fuerza coercitiva, y no oponiendo resistencia alguna al movimiento interior de los dos flúidos, se observa que la sola inversion de la barra produce la recomposicion de estos y una nueva separacion en sentido inverso.

Si quisiéramos fijar los dos flúidos separados por la influencia de la tierra, bastaria comunicar á la barra de hierro una fuerza coercitiva por medio de la percusion con un martillo, ó sometiéndola á la torsion si su espesor se prestase á ella. Reuniendo veinte ó treinta alambres imantados por este medio, haciendo que los polos del mismo nombre estén en la misma direccion, se obtienen manojos capaces de comunicar á las barras de acero potencias magnéticas muy enérgicas.

270. El procedimiento mas sencillo para imantar una barra de acero es el conocido con el nombre de *método de simple fricción*, el cual está reducido á hacer resbalar; siempre en un mismo sentido, el polo de un imán sobre la barra que se quiere magnetizar colocada en posicion horizontal. Este método desarrolla muy poco magnetismo, pues que teniendo que pasar un solo polo por los diferentes puntos de la barra los constituye en estados magnéticos diferentes, destruyendo en unas posiciones el efecto producido en otras. Tiene además el notable inconveniente de desarrollar *puntos consecuentes*, especie de polos interpuestos entre los dos principales, debidos

á la resistencia que opone la fuerza coercitiva del acero. La estremidad de la barra que el iman abandona la última adquiere un polo contrario, y la otra estremidad un polo del mismo nombre.

271. El método de doble fricción y de *contacto separado* inventado por Knight y perfeccionado por Duhamel, se emplea con preferencia para imantar las agujas de las brújulas cuyo espesor no pasa de 4 ó 5 milímetros en razón á que no desarrolla puntos consecuentes. Se practica colocando dos fuertes barras imantadas en una misma línea, y cuyos polos opuestos estén muy inmediatos (*fig. 140*). Se apoya sobre estas barras la lámina *a b* que se quiere imantar, se aplica en su parte media y por sus polos contrarios otras dos barras magnéticas inclinadas de 25 á 50°, colocándolas de modo que cada una se apoye sobre la lámina por el mismo polo que la barra fija del cual se encuentra mas próximo y se deslizan separadamente, hasta las estremidades de la lámina: una vez que han llegado á los extremos se levantan y colocan en el medio para repetir las fricciones del mismo modo, cuidando de conservar constante la inclinación indicada.

272. El método de doble fricción y de *doble contacto* imaginado por Mitchell y perfeccionado por Æpinus, es el que desarrolla mayor cantidad de magnetismo, y se emplea para imantar barras de gran espesor; si bien tiene el inconveniente de desarrollar puntos consecuentes. Se coloca la barra que se quiere magnetizar de la misma manera que en el método anterior, é inclinando los imanes superiores de 15 á 16°, se sitúan en la parte media, desde cuyo punto se mueven unidos hasta una de las estremidades; desde esta pasan sin separarse de la barra á la estremidad opuesta, y despues al medio, repitiendo muchas veces las fricciones por ambas caras y cuidando de volver siempre al medio por la estremidad opuesta á aquella por la cual se ha empezado.

273. La cantidad de magnetismo que se desenvuelve en una barra crece con la fuerza de los imanes que actúan sobre ella; pero la cantidad de fluido libre que puede conservar es susceptible de un límite dependiente de la fuerza coercitiva. Se dice que está *saturada de magnetismo* ó que está *imantada á saturación*, cuando contiene la cantidad máxima de fluido libre que puede conservar, lo cual se conoce cuando imantada nuevamente en el mismo sentido con imanes mas vigorosa-

sos que los empleados anteriormente no puede adquirir mayor intensidad magnética.

274. La posición en que se coloca una barra después de imantada influye notablemente en la conservación de su intensidad magnética, pues el globo terrestre puede en circunstancias dadas aumentarla ó disminuirla. Se conserva en lo posible la energía de los imanes empleando las *armaduras*, que son unas piezas de hierro dulce, aplicadas á las estremidades de los imanes, las cuales sirven para evitar la recomposición de los flúidos.

Las brújulas en actividad no necesitan armadura porque la acción del globo terrestre se opone á la recomposición de sus flúidos.

DE LA ELECTRICIDAD.



LECCION LXXIV.

Idea genera de la electricidad.—Modo de escitarla por frotamiento.

275 Existen varias sustancias, tales como el vidrio, el lacre, el sucino, etc, que frotadas con un pedazo de paño adquieren la notable propiedad de atraer los cuerpos ligeros. Este fenómeno observado de primera vez en el ámbar ó sucino amarillo, llamado por los griegos *ελεκτρον*, es debido á un agente particular que ha recibido el nombre de *flúido eléctrico*.

Los fenómenos producidos por este agente ó fuerza son acaso tan numerosos y variados como los que produce la gravedad, que como hemós visto abraza los movimientos de los cuerpos celestes y los del polvo que flota en nuestra atmósfera.

Así, pues, cuando se consideran los extraordinarios é imponentes efectos del rayo producidos por grandes cantidades de electricidad, cuando otras veces la vemos en menores cantidades y mas difusa producir el vistoso y pacífico fenómeno de las auroras boreales, y cuando por otra parte observamos que la electricidad se halla acumulada con mucha abundancia en todos los cuerpos que nos rodean, esperando solo ser escitada para hacerse patente, dando lugar en este caso á una gran diversidad de fenómenos terrestres, no es extraño que los físicos hayan mirado este agente como uno de los mas universales que emplea la naturaleza en sus operaciones.

Este fluido, imponderado como el magnetismo, se compone tambien, y despues lo demostraremos, de dos fluidos elementales perfectamente distintos, que en el estado ordinario de los cuerpos estan neutralizados el uno por el otro, constituyendo el *fluido natural*. Este último fluido no tiene propiedades eléctricas, puesto que, como acabamos de decir, es el resultado de una combinacion neutral de otros dos fluidos, en los cuales residen estas propiedades; haciéndose sensibles únicamente cuando uno de ellos predomina sobre el otro. Veremos en lo sucesivo que la descomposicion del fluido natural puede verificarse por diversas causas, y entre otras por el frotamiento, en cuyo caso uno de los fluidos se halla predominando en el cuerpo frotado y el otro en el frotante.

276. No todos los cuerpos conducen igualmente el fluido eléctrico: algunos, como los metales, no solo se electrizan al mismo tiempo en todas sus partes cualquiera que sea el punto de la superficie á quien se comuniquen la electricidad, sino que la transmiten rápidamente de un punto á otro de su masa: otros por el contrario, como el vidrio, las resinas, etc., no adquieren la virtud eléctrica mas que en los puntos en que ha sido desenvuelta, oponiendo además una resistencia á la transmisión del fluido. Los primeros, y todos los que se encuentran en su caso, reciben el nombre de cuerpos *buenos conductores*; llamándose á los segundos cuerpos *malos conductores* del fluido eléctrico.

Los cuerpos líquidos en general son buenos conductores de la electricidad, sin embargo, hay algunas diferencias entre ellos, porque se ha observado que los aceites volátiles y el espíritu de vino no conducen el fluido eléctrico con la misma facilidad que el agua; advirtiendo tambien con respecto á esta

que su facultad conductriz se aumenta cuando está acidulada ó tiene algunas sales en disolucion.

Los flúidos aeriformes son malos conductores cuando están en perfecto grado de sequedad; pero en el caso de estar húmedos ó saturados de vapor acuoso conducen el flúido eléctrico con la mayor facilidad. Por esta razon cuando el aire está húmedo no se pueden hacer los experimentos relativos á la electricidad, porque á medida que esta se produce el aire se va apoderando de ella y no permite que se acumule en el cuerpo conductor *aislado*.

Se dice que un cuerpo está aislado cuando se halla sostenido por un cuerpo no conductor. Este aislamiento se practica con los cuerpos buenos conductores que se quieren electrizar, interceptando por este medio la comunicacion con otros cuerpos conductores que por su contacto le despojarian de su electricidad.

Es necesario advertir que la conductibilidad y no conductibilidad de los cuerpos para la electricidad no debe considerarse como una propiedad absoluta; los peores conductores, como el cristal, la seda y las resinas, poseen alguna conductibilidad, aunque débil; los mejores conductores como los metales, el carbon calcinado y el agua, aunque conducen bien la electricidad, oponen sin embargo cierta resistencia á su propagacion.

277. La electricidad se comunica por el contacto y á distancia; pero la manera como se comunica depende de la conductibilidad del cuerpo y de la estension de la superficie. Los cuerpos malos conductores no toman ni pierden por el contacto la electricidad mas que en la estension de las superficies que se tocan; pero los buenos conductores la toman y la pierden en toda la estension de la superficie.

La electricidad que se comunica á distancia se esparce sobre los cuerpos en razon de su conductibilidad; pero al pasar de un cuerpo á otro presenta el fenómeno curioso de la chispa eléctrica. Este fenómeno se verifica en un tubo medianamente electrizado á la distancia de una pulgada cuando se le aproxima un cuerpo conductor.

Bien sea que la distribucion de la electricidad entre dos cuerpos buenos conductores se verifique en el contacto ó á distancia, siempre se efectúa en razon de la superficie; así pues, para quitar á un cuerpo toda su electricidad es preciso poner-

le en comunicacion con una gran superficie, por ejemplo, las paredes ó el piso de la habitacion, las cuales comunican con la tierra ó *depósito comun*. En efecto, una esfera de cobre, aislada por un mango de vidrio, no saca de los conductores de la máquina eléctrica sino chispas de pequeño volumen; al paso que las saca mucho mayores y los descarga completamente cuando se la hace comunicar con el suelo por medio de una cadena metálica ú otro cuerpo conductor cualquiera.

La electricidad está retenida en la superficie de los cuerpos conductores por la presión del aire que los rodea. Colocados en el vacío pierden instantáneamente su electricidad, la cual se desprende en forma de rayos luminosos, visibles en la oscuridad. Los malos conductores pierden tambien en el vacío sus propiedades eléctricas, pero con mucha mas lentitud.

278. Considerados los cuerpos con relacion al frotamiento se han clasificado en dos series distintas, los llamados *ideoeléctricos*, ó que desarrollan electricidad por frotacion, y los que no la desarrollan por este medio, llamados *aneléctricos*. Pero si bien es cierto que estos últimos no se electrizan por el frotamiento, tambien lo es que, colocados en circunstancias convenientes, es decir, aislándolos, se hacen eléctricos como los demás cuerpos. Esta última circunstancia nos conduce definitivamente á sentar que todos los cuerpos se electrizan por la frotacion, siendo por consecuencia infundada la division anterior. Se puede manifestar el desarrollo de la electricidad por el frotamiento de los líquidos con los sólidos y los gases, porque agitando mercurio ó cualquier otro líquido en un vaso de vidrio, se encuentra este último electrizado, y dirigiendo sobre un trozo de cristal una corriente de aire producida por un fuelle se constituye el cristal en un estado eléctrico bastante enérgico.

El *péndulo eléctrico* nos presenta uno de los medios mas sencillos de que podemos servirnos para demostrar que un cuerpo se electriza por el frotamiento. Este aparato está reducido á una esferilla de médula de sauco (*fig. 141*) suspendida á la estremidad de un hilo muy fino; por pequeña que sea la cantidad de electricidad desarrollada en el cuerpo, se observa que presentándole al péndulo la esfera de este es atraida separándose de su posicion de equilibrio.

LECCION LXXV.

*Electricidad positiva y negativa.—Atracciones y repulsiones.
—Determinación de sus leyes.*

279. Ya hemos manifestado que un cuerpo electrizado es susceptible de atraer los cuerpos ligeros; pero se observa tambien que despues de atraerlos los rechaza ó repele. En efecto, si se presenta á un péndulo eléctrico un cilindro de lacre frotado, inmediatamente se separa el péndulo de su posicion de equilibrio para precipitarse sobre el cuerpo electrizado, el cual á poco tiempo le rechaza, como hemos dicho; pero si estando el péndulo en este estado se le aproxima un cilindro de vidrio frotado, se observa al momento una atraccion de parte de este último. Los mismos fenómenos pero en sentido inverso, se verifican cuando se electriza el péndulo poniéndole en contacto con el vidrio, y se le presenta un cilindro de lacre frotado.

De este esperimento podemos deducir dos consecuencias: 1.ª que la electricidad del vidrio no es la misma que la de la resina, y que existen por consecuencia dos especies diferentes, que pueden llamarse *electricidad vítrea* y *electricidad resinosa*. Algunos físicos las distinguen con los nombres de *electricidad positiva* á la del cristal, y *negativa* á la de la resina, comparándolas á las cantidades matemáticas de la misma denominacion, que, como están afectadas de nombres contrarios, se destruyen en todo ó en parte segun la relacion de su magnitud, produciendo la mayor un residuo afectado de su signo; 2.ª que dos cuerpos cargados de la misma especie de electricidad se repelen, atrayéndose por el contrario, cuando sus electricidades son diferentes. Este principio que sirve de base á la electricidad, se demuestra tambien de un modo mas sensible sirviéndose de dos péndulos, cuyas esferas se repelen cuando se han puesto en contacto con un mismo cuerpo electrizado, y se atraen cuando se toca la una con un tubo de vidrio y la otra con un cilindro de lacre.

Para estos esperimentos es necesario servirse de péndulos aislados, porque en el caso contrario, no conservando la esfera de médula de sauco la electricidad que se la comunica, sería constantemente atraida por los cuerpos electrizados puestos en su presencia, cualquiera que fuese el signo de su electrici-

dad. Esto es lo que precisamente sucede cuando el hilo de que está suspendida la esfera es de lino, cáñamo, ó de una sustancia metálica, en vez de ser de seda ó de otro cuerpo poco conductor.

280. Cuando dos cuerpos se frotan el uno contra el otro, ambos se electrizan, resultando que uno de ellos lo hace positiva y el otro negativamente; de manera que siempre que se desenvuelve una electricidad, se desenvuelve tambien la otra: observándose además que las electricidades desarrolladas en el cuerpo frotante y el frotado son siempre iguales en cantidad.

Para probarlo se toman dos discos aislados (*fig. 142*) de la misma estension y se frotan mutuamente por algun tiempo: si se los separa rápidamente, y se coloca entre ellos y á igual distancia un péndulo eléctrico, quedará este aparato inmóvil, porque siendo igualmente atraído por ambos discos no hay fuerza alguna que le separe de su posicion de equilibrio. Aun hay mas, y es que las electricidades desarrolladas por la frotacion se neutralizan completamente cuando se reunen, porque no se nota ninguna atraccion sobre el péndulo aproximándole á los discos despues de haber puesto en contacto sus superficies frotadas.

La mayor parte de los cuerpos pueden electrizarse diversamente según las condiciones en que se los coloque: el vidrio y todas las sustancias vitreas, como el cristal de roca, adquieren casi siempre la electricidad positiva, sea ó no conductor el cuerpo con que se frotan, siempre que la superficie de las primeras esté bien pulimentada; decimos casi siempre porque se ha observado que el vidrio frotado con una piel de gato adquiere la electricidad negativa ó resinosa. Las sustancias resinosas, como el lacre, etc., adquieren las mas veces la electricidad negativa, sea el que quiera el cuerpo no conductor con que se las frote; sin embargo, algunas adquieren tambien la vítrea.

El frotamiento de dos cuerpos de la misma naturaleza desarrolla tambien electricidad, en cuyo caso la especie de fluido que cada uno adquiere depende de su color, del grado de pulimento, del sentido en que se verifiquen las fricciones, y de la temperatura. En efecto, un tubo de vidrio pulimentado adquiere la electricidad positiva cuando se frota con otro sin pulimento, el cual toma la negativa; una cinta de seda negra frotada con otra blanca se electriza negativamente; de dos tro-

zos de cinta de una misma pieza frotados en cruz, la que permanece inmóvil adquiere la electricidad positiva, y finalmente, de dos cuerpos frotados á temperaturas diferentes, el mas frío se electriza positivamente.

284. Las atracciones y repulsiones eléctricas de que hemos hablado están en razon inversa del cuadrado de la distancia, y son proporcionales á las cantidades de fluido eléctrico. Esta ley, descubierta por Coulomb, puede demostrarse sirviéndonos de las oscilaciones verificadas por una aguja electrizada, ó por medio de la balanza de torsion. Se compone este aparato de un ancho cilindro de cristal ABCD (fig. 145) y de un segundo cilindro EFGH de menor diámetro. La estremidad inferior del cilindro pequeño se apoya en la abertura de un platillo de vidrio que sirve de tapa al cilindro mas ancho, y su estremidad superior lleva un remate de metal GHXY móvil alrededor de su eje, el cual constituye el micrómetro de la balanza. El disco GH del micrómetro se halla dividido en 360 grados y está atravesado en su centro por un vástago de metal MN que puede girar libremente alrededor de su eje, y termina por una pequeña pinza, á la cual se sujeta un hilo muy fino de plata, del que se suspende una aguja de goma laca terminada en un extremo por un disco de papel dorado, ó por una esferita de médula de sauco. El vástago MN tiene además una pequeña aguja, cuya punta se apoya en las divisiones del micrómetro. Por último, una banda circular dividida en 360 grados está pegada á la caja y á la altura de la estremidad del hilo.

Para servirnos de la balanza se introduce por la abertura del platillo un vástago de vidrio RS, cuya estremidad inferior está provista de una esfera metálica. Se hace corresponder la esfera S con el cero de las divisiones de la banda circular, despues se coloca la aguja del micrómetro sobre el cero de las divisiones superiores, y haciendo girar convenientemente el micrómetro, se coloca el disco de papel dorado ó la esfera de sauco en contacto con la esfera metálica sin dar al hilo ninguna torsion.

Dispuesto el aparato de este modo, se electriza la esfera S, la cual, dividiendo su electricidad con el disco de papel dorado, rechaza á la aguja obligándola á colocarse en una posicion tal, que existe equilibrio entre la fuerza repulsiva que la esfera ejerce sobre el disco y la fuerza de torsion del

hilo metálico, que tiende á volverla á su posicion primitiva. Supongamos que se fija á 36 grados de distancia de su punto de partida. Aplicando el principio de que la fuerza de torsion de un hilo metálico es proporcional al ángulo de torsion, deduciremos que á la distancia actual, la repulsion eléctrica que es igual á la fuerza de torsion estará representada por 36°. Para valuar la fuerza repulsiva á una distancia menor se hace girar el limbo superior para torcer el hilo y aproximar la aguja de goma laca á su posicion primitiva, haciendo que el papel dorado se coloque primero delante de la division 18 de la banda circular, y despues delante de la division 9 de la misma. Con esto se consigue que las distancias de la esfera al disco sean sucesivamente 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, en cuyas posiciones hay siempre equilibrio entre la fuerza repulsiva de la electricidad y la fuerza de torsion del hilo. Ahora bien, la torsion del hilo se compone evidentemente de la distancia angular 18° y 9° de las dos esferas, mas el número de grados que en cada uno de estos casos ha sido necesario hacer recorrer á la aguja del micrómetro. En un esperimento hecho por Coulomb correspondia esta aguja á 126° en la segunda posicion y á 567° en la tercera; de modo que siendo las distancias del disco de papel dorado á la esfera como los números 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, las torsiones del hilo ó la fuerza repulsiva están entre sí como los números 36, $18 + 126 = 144$, $9 + 567 = 576$, ó bien como 1, 4, 16, de lo cual se deduce que la fuerza repulsiva de dos cuerpos electrizados está en razon inversa del cuadrado de la distancia que los separa. Esta ley es igualmente cierta para las atracciones eléctricas.

Las atracciones y repulsiones eléctricas no dependen solamente de la distancia á que se encuentran los cuerpos entre quienes se ejercen, sino que, como hemos anunciado, varian tambien con la cantidad de electricidad que se les comunica. En efecto, retrocedamos al segundo esperimento, en que el disco fue rechazado á 18° de la esfera S, y en el que la torsion era de 144°; si tocamos en este caso la esfera S con otra de igual tamaño aislada y en su estado natural, conseguiremos que la electricidad de la esfera S se divida entre las dos, en cuyo estado se observa que la fuerza repulsiva es dos veces menor, pues que para mantener el disco de papel dorado á la distancia de 18° es necesario reducir á la mitad la torsion total. Si en este estado se quita al disco de papel dorado la

mitad de su electricidad, poniéndole en contacto con otro igual y aislado, la fuerza repulsiva será dos veces menor que la anterior, y para mantener al disco en su posición primitiva será necesario reducir á la mitad la torsión del hilo. De lo dicho resulta que la torsión final y la fuerza repulsiva correspondiente no serán mas que la cuarta parte de las primitivas, y por consecuencia que las acciones eléctricas son proporcionales á las cantidades de electricidad que contienen los cuerpos entre quienes se verifican.

La demostración de las leyes precedentes exige que durante el experimento las esferas y el disco no pierdan su electricidad, ó por lo menos que la pérdida sea tan pequeña que no pueda influir sensiblemente en los resultados. Esto se consigue haciendo que las esferas comuniquen con cuerpos malos conductores, y secando el aire de la balanza con el ácido sulfúrico ó el cloruro de calcio.

LECCION LXXVI.

Electricidad por influencia.—Máquina eléctrica.—Esplicacion de su carga.—Electróscopo de panes de oro.

282. Un cuerpo electrizado descompone por influencia el fluido natural de otro cuerpo conductor colocado en su esfera de actividad.

La descomposicion del fluido natural por influencia se demuestra colocando delante de un cuerpo A (*fig. 144*), que podemos electrizar á voluntad, un cilindro metálico aislado B, á cuyas estremidades se aplican dos péndulos sostenidos por hilos conductores.

Tan pronto como se electriza el cuerpo A se observa una separacion en los péndulos, prueba inequívoca de que las estremidades del cilindro poseen electricidad libre. Suponiendo además que el cuerpo A se haya electrizado positivamente, se podrá notar: primero, que la parte del cilindro mas próxima al cuerpo A contiene electricidad negativa porque la esfera del sauco *b* que constituye el péndulo es repelida cuando se la aproxima una barra de lacre frotada; segundo, que la parte del cilindro mas separada del cuerpo A contiene por el contrario la electricidad positiva, porque la esfera del segundo péndulo *b* es rechazada por un tubo de vidrio electrizado po-

sitivamente. De lo dicho se infiere que el cilindro B se encuentra dividido en dos partes electrizadas inversamente; de manera que al pasar de la region positiva á la negativa nos encontramos necesariamente con una línea xy situada en la parte mas próxima del origen eléctrico, que no contiene electricidad libre, y á partir de la cual la tension eléctrica aumenta positivamente en una direccion y negativamente en otra, hasta las estremidades del cilindro donde está en su maximum.

283. Si se descarga instantáneamente el cuerpo A poniéndole en comunicacion con el depósito comun, desaparece la divergencia de los péndulos rápidamente; pero si separamos con lentitud el cilindro B, la divergencia de los péndulos decrece poco á poco, desapareciendo completamente cuando se sitúan fuera de la esfera de actividad eléctrica.

La cantidad de electricidad natural descompuesta en el cilindro varia tambien con las dimensiones de este y con la intensidad del origen eléctrico.

Resulta de estos experimentos que la electricidad del cuerpo A no ha sido transmitida del cuerpo electrizado al cilindro B, porque en este caso no poseeria el cilindro mas que un solo fluido, el cual conservaria despues de la descarga y de la separacion del cuerpo A. Para explicar estos fenómenos es necesario admitir que el fluido positivo del cuerpo A descompone por influencia el fluido natural del cilindro aislado, atrayendo hácia sí el de nombre contrario y repeliendo el del mismo nombre.

Analizando las fuerzas que actúan sobre una molécula cualquiera m del fluido natural del cilindro se concebirá fácilmente por qué y en qué momento cesa la descomposicion. En efecto, el fluido negativo de esta molécula es atraído por el cuerpo A hácia la parte anterior del cilindro, pero tiende á dirigirse hácia la parte posterior del mismo; primero, por la repulsion que sobre él ejerce la electricidad negativa acumulada desde un principio en el punto b , y segundo, por la atraccion de la electricidad positiva acumulada en b' . El fluido positivo de la molécula m experimentar á acciones semejantes; de lo cual resulta que la descomposicion por influencia cesará tan luego como se verifique el equilibrio entre la primera fuerza que obra en un sentido, y las otras dos que actúan en sentido contrario.

Los cuerpos electrizados por influencia vuelven á su estado primitivo tan luego como cesa esta, lo cual se consigue ó lenta ó repentinamente. Para hacerlo por el primer medio no hay mas que ir sacando chispas del cuerpo electrizado por medio de un conductor aislado, ó aumentando la distancia del cuerpo conductor que recibe la influencia. Para hacerlo por el segundo medio no hay mas que sacar del cuerpo electrizado una chispa total que le descargue de una vez, sirviéndose para ello de un cuerpo conductor.

En estos fenómenos ninguno de los flúidos sale de la masa que experimenta la influencia eléctrica; pero ambos sufren un movimiento de traslación en toda la estension de la masa, así cuando se reúnen como cuando se separan, y estos movimientos rápidos de la electricidad producen en las moléculas ponderables sacudimientos mecánicos, ó efectos químicos muy notables.

284. Un cuerpo electrizado por influencia puede á su vez actuar sobre otros cuerpos aislados descomponiendo su flúido natural; esto se demuestra colocando dos cilindros á continuación uno de otro, y observando que la divergencia de los péndulos del segundo es mayor que la que sería si situado á la misma distancia estuviese solamente sometido á la influencia del origen eléctrico.

285. Cuando se hace comunicar con el suelo cualquiera de los puntos situados á la derecha ó á la izquierda de la línea media del cilindro B, electrizado por influencia, pierde instantáneamente su electricidad positiva y conserva la negativa, cesando por consecuencia la divergencia del péndulo *b'* y aumentando la del péndulo *b*. En efecto, si se toca la parte posterior del cilindro B, el flúido positivo rechazado hácia aquel punto pasa inmediatamente al depósito común; si es la parte anterior del cilindro la que se pone en contacto con un cuerpo conductor, la electricidad natural de este se descompondrá por el cuerpo A que ejerce la influencia, repeliendo su flúido vítreo al depósito común, en tanto que el flúido resinoso que resulta de la descomposición del flúido natural, esparsiéndose por el cilindro, neutralizará todo el flúido vítreo que en él se encuentre. El resultado es el mismo que el que hubiéramos obtenido si antes de someter el cilindro á la influencia del cuerpo electrizado le hubiéramos hecho comunicar con el suelo por medio de un buen conductor. Una

vez separada por este medio la electricidad positiva del cilindro, la acción del cuerpo A, teniendo una fuerza menos que vencer, se dirige esclusivamente á descomponer una nueva porción de fluido natural; el fluido positivo que resulta se marcha al depósito comun, en tanto que el negativo, atraído hácia la parte anterior del cilindro, aumenta la cantidad del contenido en este punto, y por consecuencia la divergencia del péndulo *b*. Si en este estado se suprime la comunicacion del cilindro B con el suelo, conservará este cuerpo un exceso de fluido negativo libre, aun cuando le separemos de la influencia del cuerpo A. De lo cual resulta la posibilidad de cargar un cilindro metálico aislado de fluido negativo ó positivo por la influencia de un manantial de electricidad de nombre contrario.

Si en vez de hacer comunicar el cilindro con el suelo se le tocase con una esferita metálica aislada, obtendríamos electricidad positiva en todos los puntos situados á la derecha de la línea media, y electricidad negativa en los puntos situados á la izquierda de la misma, siendo tanto mayor la cantidad obtenida cuanto mas nos aproximemos á los extremos.

286. Las leyes precedentes suponen que el cuerpo influenciado no oponga resistencia alguna á los fluidos eléctricos; pero no son rigurosamente aplicables á los cuerpos malos conductores de la electricidad, aun cuando puedan estos electrizarse tambien por influencia, como se demuestra por experimentos directos.

La diferencia que presentan los cuerpos buenos y malos conductores al electrizarse por influencia sirve para explicar la comunicacion de la electricidad á distancia, la cual, como hemos indicado en el párrafo 279, va siempre acompañada del fenómeno curioso de la chispa eléctrica. En efecto, si presentamos á un cuerpo A electrizado positivamente otro buen conductor en su estado natural, se consigue sacar la chispa á una distancia bastante grande, en tanto que no conseguimos este efecto si nos servimos de un cuerpo mal conductor. La causa de esta diferencia se concebirá fácilmente observando que en el primer caso el cuerpo electrizado descompone con facilidad el fluido natural del conductor rechazando su fluido positivo y atrayendo el negativo á la parte mas inmediata en donde ejercerá un esfuerzo contra el aire, para combinarse con el fluido positivo del cuerpo A. En este caso, si la

tension es bastante fuerte y la distancia proporcionada, se verifica la recomposicion de los dos flúidos contrarios al través del aire. En el segundo caso, descomponiéndose con lentitud y dificultad el flúido natural del cuerpo mal conductor, cambia muy poco su estado eléctrico, de modo que las electricidades de los dos cuerpos que se hallan en presencia se atraen con menos energía, y no adquieren fuerza suficiente para vencer la resistencia del aire.

Aun cuando la chispa eléctrica no nos quema, no por eso se puede decir que es una luz sin calor, puesto que puede inflamar los cuerpos combustibles, como el éter, el alcohol, la pólvora de cañon, etc., pudiendo además verificar la combinacion de dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno encerrados en el aparato conocido con el nombre de *pistolete de Volta*. Finalmente un gran número de esperimentos que se hacen en los gabinetes de fisica están fundados en la electricidad por influencia, entre los cuales citaremos la danza y repique eléctricos, la araña de Franklin etc., etc.

287. La electricidad en la máquina eléctrica (*fig. 145*) se desarrolla por la frotacion de un disco de vidrio con cuatro almohadillas henchidas de crin. El disco está atravesado en su centro por un eje que á su extremo tiene aplicado un manubrio. Delante del disco hay dos cilindros metálicos de cobre ó laton unidos por otro tercero, llamados conductores, los cuales están apoyados ó sostenidos por columnas de vidrio barnizadas con goma laca. Por el lado del disco termina el conductor en dos brazos, cada uno de los cuales tiene en su estremidad unas puntas metálicas dirigidas hácia el disco. Las almohadillas deben frotarse por la parte que está en contacto con el disco de vidrio con *oro musivo*, ó con una amalgama compuesta de una parte de zinc y cinco de mercurio. La parte posterior de las almohadillas está en contacto con una varilla metálica que comunica con el suelo.

Haciendo girar el disco, la electricidad positiva desarrollada permanece en las dos superficies de este, en tanto que la negativa esparcida por las almohadillas se marcha por la varilla metálica al depósito comun. La electricidad vítrea contenida en el disco obra por influencia sobre el flúido natural de los conductores descomponiendo y atrayendo hácia sí la de nombre contrario y repeliendo la del mismo nombre; la primera se escapa por las puntas y neutraliza la del disco, mientras

que la segunda permanece en los conductores, de los cuales podemos sacar chispas aproximando un dedo ú otro cualquier cuerpo. La misma descomposición se verifica cuando los brazos de los conductores, en vez de terminar en puntas, terminan en esferas metálicas; solo que el flúido negativo del conductor pasa bajo la forma de chispa á neutralizar el flúido positivo del disco. De este modo conserva el conductor por mas tiempo sus propiedades eléctricas despues de haber cesado la rotacion del disco.

Para obtener grandes efectos por medio de este aparato es necesario, además de lo dicho, dirigir hácia las puntas toda la electricidad desenvuelta por las almohadillas, y evitar por consiguiente la pérdida que el contacto del aire debe producir en el disco; lo que se consigue aplicando á este dos *armaduras* de tafetan engomado que cubren el vidrio en toda la estension de los dos cuadrantes opuestos al dirigirse desde las almohadillas al conductor.

288. A pesar de todas estas precauciones, la carga eléctrica del conductor es susceptible de un maximum dependiente de varias causas y del cual no puede pasar. En efecto, girando el disco con una velocidad dada no puede adquirir mas que una cantidad finita de electricidad; debiendo ser limitada tambien por consecuencia la cantidad de electricidad neutra que puede descomponerse en el conductor. La descomposicion debe pues cesar tan luego como los flúidos negativo y positivo de una misma molécula de electricidad neutra esperimenten, el primero repulsiones iguales, y el segundo atracciones tambien iguales por la electricidad positiva del disco y la préviamente acumulada en el conductor. La tension maximum á que llega en este caso el conductor aumenta con la velocidad de rotacion del disco. Pero aun cuando comuniquemos al disco una velocidad de rotacion estraordinariamente grande, no por eso la tension eléctrica del conductor podrá pasar de cierto limite dependiente de la resistencia que el aire opone á la pérdida de electricidad; resistencia que será tanto mayor cuanto mas seco esté el aire, y de aquí la necesidad de secar y calentar los sustentáculos y conductores.

Si la rotacion del disco cesa, el conductor perderá muy pronto toda su carga eléctrica, bien por causa del contacto del aire, ó bien por las puntas si las tiene; por consecuencia si hemos de reparar á cada momento estas pérdidas es indis-

pensable comunicar al platillo una rotacion constante y uniforme.

Hace algunos años que la casualidad hizo descubrir la máquina *hidro-eléctrica*, observando que una caldera de la que se hacia salir el vapor con gran velocidad por un pequeño orificio producía los fenómenos eléctricos, y repitiendo y variando los experimentos se ha llegado á conseguir una máquina de gran potencia. El aparato consiste en una caldera de hogar interior, sostenida por pies de vidrio, el vapor se dirige á una caja prismática rectangular llena de agua fria al través de la cual y condensándose una porcion del mismo sale por seis tubos horizontales y la caldera se electriza. El vapor lleva la electricidad de signo contrario á la de la caldera y para asegurarse de ello, se coloca una fila de puntas metálicas reunidas á un vástago comun sostenido por un pie de vidrio, al paso mismo del vapor.

El origen de esta electricidad no es debido á la formacion del vapor sino al rozamiento del mismo mezclado con partículas de agua, siendo esencial que estas partículas sean arrastradas con el vapor que sale por las aberturas. La naturaleza de la sustancia de que se hallan formados los tubos de salida, determina el signo de la electricidad producida.

289. Se llaman *electriscopos* ó *electrómetros* unos aparatos destinados á hacer sensibles las mas pequeñas porciones de electricidad y á indicar su naturaleza.

Estos aparatos se componen de una campana de vidrio (*fig. 146*), á cuya parte superior está sujeto con mastic un conductor metálico terminado exteriormente en una esfera y por la parte inferior en unos anillos, ó en una pinza, de los cuales se suspende unas veces dos hilos metálicos muy finos que llevan en sus estremidades unas esferillas de médula de sauco, y otras unas pajitas ó unos panes de oro. Estos conductores móviles cuando divergen todo lo posible tocan á unas láminas de estaño que parten del fondo de la campana y se elevan verticalmente sobre sus paredes interiores á la altura de los péndulos, sobre los cuales se descargan de la electricidad que contienen.

Cuando se quiere reconocer simplemente por medio de estos aparatos la presencia de la electricidad en un cuerpo, bastará aproximarle gradualmente al conductor fijo del electróscopo, y observar la divergencia de los conductores movibles. De dos cuerpos de una misma forma, colocados á la misma

distancia, el que produzca menos divergencia tendrá evidentemente una fuerza eléctrica menor.

Cuando se quiere conocer la especie de electricidad que tiene un cuerpo será necesario dar al electrómetro una electricidad conocida, lo que se consigue aproximando el cuerpo electrizado y tocando al mismo tiempo la esfera del electrómetro con el dedo; el fluido rechazado se marcha al depósito común, y retirando despues el dedo, y luego el cuerpo electrizado, el electrómetro se queda cargado con el fluido atraído, es decir, del contrario al del cuerpo que se presenta. En este caso todo cuerpo que al aproximarle á la esfera metálica aumenta la divergencia de los pendulitos tendrá la misma electricidad que la del aparato; pero no por eso podremos decir que todo cuerpo que disminuya la divergencia esté dotado de electricidad contraria, porque los cuerpos conductores en su estado natural producen este efecto sobre los conductores móviles, á causa de la descomposicion por influencia que experimentan. Así, pues, el aumento de divergencia es una prueba decisiva, pero la disminucion es una prueba incierta, al menos que no sea muy grande, y que aproximando mas el cuerpo que la produce no sea capaz de determinar una divergencia en sentido contrario despues de haber vuelto á poner en contacto los conductores móviles del aparato.

LECCION LXXVII.

Electricidad latente.—Medios de hacer constar su presencia.

290. Para formarse una idea esacta de la *electricidad latente ó disimulada*, y de su composicion lenta ó repentina, es necesario concebir dos discos conductores c c' (*fig. 147*) puestos en presencia uno de otro y separados por una lámina n no conductora, de vidrio. Cuando el disco c recibe, por ejemplo, la electricidad positiva, y el disco c' la negativa, estas dos electricidades se atraen al través de la lámina no conductora n , oprimiendo las dos caras opuestas de esta por el esfuerzo que hacen para reunirse. En este caso se dice que estas electricidades están disimuladas. En efecto, cuando están cargados los dos discos se puede tocar á uno y á otro sin que su fluido se marche al depósito común, siempre que el contacto no sea simultáneo, en razon de que el fluido del disco que

se toca no obedece á la fuerza repulsiva que le es propia, por estar atraído y retenido por el flúido del otro disco.

De este modo se acumulan grandes cantidades de electricidad en los discos, las cuales se colocan sobre las caras opuestas de la lámina no conductora y permanecen disimuladas la una por la otra.

Supongamos que los discos tengan matemáticamente la misma forma y el mismo tamaño; que la lámina n sea bien plana por ambas superficies é igualmente gruesa ó del mismo espesor, y que la máquina ó manantial que suministra la electricidad positiva al disco c tenga esactamente la misma fuerza que la que comunica la electricidad negativa al disco c' : en este caso es evidente que las cargas de los discos serán esactamente iguales, y que en los puntos de cada uno, simétricamente colocados, las tensiones eléctricas serán siempre las mismas.

Esto supuesto, si despues de haber cargado el aparato y haberle aislado suprimimos la comunicacion con los manantiales de electricidad, observaremos que la disimulacion no es completa; es decir, que no existe en los discos un solo punto que carezca de tension eléctrica. Esta tension es muy grande en las caras interiores, en cuyos puntos, si las superficies tienen mucha estension, los flúidos pueden oprimir la lámina n con tanta fuerza que se abran paso al través de su sustancia y la agujereen para reunirse.

En las caras exteriores la tension eléctrica que se ejerce contra el aire que rodea los discos es muy débil en comparacion de la tension anterior; pero existe, como se puede observar aproximando un dedo sucesivamente á cada disco, con lo que se consigue sacar chispas pequeñas.

La disimulacion no puede ser completa porque los flúidos acumulados en su mayor parte sobre las superficies interiores están separados por el espesor de la lámina no conductora, no pudiendo neutralizarse completamente, á menos que los dos discos estén en contacto inmediato. Así, pues, la disimulacion es tanto mas completa cuanto mas delgada es la lámina no conductora; pero al mismo tiempo presenta menos resistencia á la presion eléctrica.

291. En lo que precede hemos supuesto que los discos recibian la electricidad positiva y la negativa en igual cantidad por su comunicacion con dos máquinas eléctricas; pero gene-

ralmente no se emplea mas que una sola, poniendo, por ejemplo, el disco c en comunicacion con ella, y el disco c' con el depósito comun. En este caso el disco c' se carga por influencia, adquiriendo una cantidad de fluido negativo menor que la del positivo contenido en el disco c , no pudiendo ser indefinida ni para el uno ni para el otro, por grande que sea la tension de las electricidades disimuladas. En efecto, representemos por V la cantidad de electricidad del primer disco, y por R la del segundo; V será necesariamente mayor que R , por que estando esta última neutralizada por la primera al través del espesor del cristal, será mas pequeña que lo que seria si estuviese en contacto. Recíprocamente actuando R sobre V neutraliza una parte de esta, pero mas pequeña tambien que la que neutralizaria por su contacto, y por consecuencia mas pequeña que V . De lo dicho resulta que la cantidad de electricidad contenida en el disco c' está completamente disimulada, en tanto que de la contenida en el disco c solamente lo estará una parte. Por consiguiente el disco c podrá adquirir una nueva porcion de electricidad, parte de la cual será disimulada por la que á su vez y por su influencia desarrolla en el disco c' ; y como se puede hacer abstraccion del fluido ya esparcido por el aparato, el nuevo fluido negativo desarrollado en c' será aun en menor cantidad que el nuevo fluido recibido por el disco c . La diferencia entre las cantidades de fluido contenidas en los discos crecerá tambien á cada nueva descomposicion, sucediendo lo mismo si el disco c recibiese su fluido de una manera continua. Bajo este concepto debe llegar un momento en que el fluido positivo adquiera la suficiente intensidad para vencer las acciones concordantes que el fluido negativo del disco inferior y el positivo de la máquina ejercen sobre una molécula positiva m del conductor metálico que establece la comunicacion de la máquina con el disco c ; llegado este caso, el disco c no puede recibir mas fluido, y el aparato tendrá su máximun de carga.

292. El aparato que acabamos de describir puede descargarse despues de aislado lenta ó rápidamente. En la recomposicion lenta se presentan fenómenos muy curiosos, cuya explicacion es sumamente fácil, una vez entendido lo que acabamos de decir. En efecto, si aplicamos dos péndulos $P P'$ á los discos metálicos $c c'$ de la figura anterior, observaremos que el péndulo P' se mantiene en la posicion vertical, y el péndulo

lo P diverge. Si tocamos el disco *c* con un cuerpo conductor sacaremos una chispa, que proviene del exceso de electricidad libre en él contenida; en este caso el péndulo P caerá y el P' se separará al momento, como si el disco *c* hubiera recibido una nueva carga de electricidad: esta repulsion proviene del fluido negativo, que ha quedado en estado de libertad por la pérdida del positivo que ha sufrido el disco *c*. Si se toca en seguida el disco *c*' su péndulo cae y el de *c* se eleva, y repitiendo alternativamente los contactos se obtiene una serie de chispas cada vez menores hasta que se consigue descargar completamente el aparato.

Si se abandona el aparato aislado al contacto del aire se observa que el péndulo P, divergente en un principio, va bajando con lentitud, en tanto que el péndulo P', cuya posicion era vertical, se va separando tambien de la misma manera; pero una vez establecida la igualdad de divergencia, la pérdida debida al contacto del aire se hace igual para ambos discos, y los dos péndulos caen reunidos y con tanta mas lentitud cuanto mas seco esté el aire.

Para verificar la descarga rápidamente se establece la comunicacion entre los dos discos por medio de un escitador metálico (*fig. 148*), compuesto de dos brazos sostenidos por mangos de cristal y movibles alrededor del punto, por el cual están unidos. Puede tambien emplearse un conductor sencillo de metal, cuyos dos brazos se sostienen por las manos. En este caso, como la electricidad se dirige siempre por los cuerpos mas conductores, atravesará por el metal sin producir la menor conmocion al operador; sin embargo, si la tension del fluido eléctrico fuese muy grande, ó el conductor muy delgado, una parte de dicho fluido pasaria al través del cuerpo del operador, haciéndole experimentar una conmocion mas ó menos violenta.

Cuando la electricidad se halla disimulada y el aparato aislado, la mayor parte de los fluidos se encuentran en las caras opuestas del disco no conductor que separa los dos conductores, pues si existiese en estos, un solo contacto con las estremidades del escitador seria suficiente para descargarlos de una manera completa. Este principio puede demostrarse directamente, como manifestaremos al hablar de la botella de Leyden.

LECCION LXXVIII.

Condensadores.—Botella de Leyden.

295. Los condensadores, cuya teoría hemos desarrollado en la lección anterior, son unos aparatos en los cuales se acumula la electricidad disimulada. Se componen generalmente de dos láminas conductoras, separadas por otra no conductriz. Su forma y nombre varían según los usos á que se destinan. El que nos ha servido en los experimentos anteriores se llama condensador de *láminas de vidrio*, el cual es susceptible de acumular grandes cantidades de electricidad; pero en razón al espesor del vidrio no puede cargarse sino por manantiales eléctricos de mucha tensión. En la práctica, y para facilitar los experimentos, se reemplazan los dos discos móviles por dos hojas de estaño pegadas á las dos caras opuestas de un cuadrado de vidrio mas ancho que ellas.

El *condensador de tafetan* está compuesto de un disco de madera cubierto con tafetan barnizado, y de un platillo conductor aislado por un mango de cristal. Teniendo el tafetan menos espesor y solidez que el vidrio, resulta que este condensador no puede adquirir tanta electricidad como el precedente; pero puede en cambio cargarse por manantiales mas débiles.

El *condensador de láminas de oro* no es mas que un electrómetro sobre el cual se adaptan dos platillos metálicos delgados y bien planos (*fig. 149*): el superior es móvil y se levanta por medio de un mango aislador; el inferior está sujeto á la guarnición de la campana, y la capa no conductriz que los separa es un barniz de goma laca que se seca con facilidad: la película que con él se forma es suficiente para detener la electricidad, á pesar de que no tiene mas espesor que un vigésimo de línea.

De este modo los platillos están casi en contacto, y la disimulación de la electricidad es lo mas completa posible; siendo por esta razón este aparato el mas perfecto que se conoce, si bien es cierto que no puede sufrir grandes cargas. Para conocer por medio de este aparato la presencia de la electricidad en un cuerpo, se pone el platillo inferior en con-

tacto con este cuerpo, y el superior con el depósito comun, se suprimen al cabo de algun tiempo las comunicaciones, y se levanta perpendicularmente el platillo superior. La electricidad acumulada sobre el otro queda en este caso libre y separa las dos láminas de oro. Si se quiere conocer la especie de electricidad que contiene el cuerpo basta dar á las láminas de oro una electricidad conocida. Para experimentos delicados conviene rodear la campana del conductor con otra de cristal, en la que se deseca el aire por medio de cuerpos absorbentes.

294. La *botella de Leyden* no es mas que un condensador de lámina de vidrio. Consiste este aparato en un frasco de vidrio (*fig. 150*) de paredes delgadas, lleno de hojas de oro ó de otra sustancia conductriz, y cubierto por la parte exterior con una hoja de estaño que se eleva hasta una ó dos pulgadas del borde superior. El tapon de corcho que cierra la botella está atravesado por un vástago metálico, que termina por la parte interior en una punta, y por la exterior en una esfera. Las guarniciones exteriores é interiores se llaman *armaduras*, las cuales no deben comunicarse, y para evitar esta comunicacion se cubre el cuello de la botella con una capa de barniz de goma laca.

La botella de Leyden se carga poniendo en comunicacion una de sus guarniciones con el conductor de la máquina eléctrica, y la otra con el depósito comun. Si es la guarnicion interior la que se aproxima á la máquina, la botella se carga de electricidad positiva, adquiriendo por el contrario la negativa cuando tomando en la mano el vástago metálico se aproxima la guarnicion exterior á la máquina.

La teoría del condensador es completamente aplicable á la botella de Leyden, teniendo presente que la armadura interior sustituye al disco c de aquel, y la armadura exterior al disco c' . Se puede tambien descargar rápidamente sacando de ella una gran chispa, ó con lentitud tocando alternativamente cada una de sus armaduras despues de haberla aislado. Cuando se la descarga instantáneamente no basta un solo contacto con el excitador para hacer que la botella vuelva á su estado natural. Esto proviene, como en el condeasador, de que los dos flúidos eléctricos abandonan las armaduras para colocarse sobre las dos caras opuestas del vidrio, al través del cual se atraen, lo cual se comprueba fácilmente con una botella (*fig. 151*), cuyas armaduras pueden separarse, y que por esta

razon recibe el nombre de *botella de armaduras movibles*. Despues de cargada y colocada sobre un aislador, se separa por medio de un tubo de vidrio la armadura interior, y luego el frasco de vidrio ó lámina aisladora; se tocan sucesivamente los dos elementos metálicos, sobre los cuales apenas existe una cantidad sensible de electricidad, y se vuelven á colocar de la misma manera y con las mismas precauciones que en un principio; la botella se encuentra entonces tan cargada como antes de la comunicacion de sus armaduras con el depósito comun.

Cuando se presentan á la botella de Leyden muchos conductores para descargarla, la electricidad elige siempre el mejor; por esta razon no se siente conmocion, aun cuando se la descargue con el escitador simple ó con una cadenilla, siempre que no haya solucion de continuidad, ó que la cadena no sea estremadamente delgada.

Se comparan las cargas de la botella de Leyden por la distancia á la cual salta la chispa entre su esfera y otra de la misma forma que comunique con su guarnicion exterior (*fig 152*): la varilla *tq* está dividida, se la aproxima gradualmente á la botella por medio del tornillo *v*, y se observa la distancia á la cual la chispa parte entre ambas esferas. Para que los esperimentos sean comparables es necesario que siendo la misma la esfera *b*, todas las esferas de las diversas botellas tengan las mismas dimensiones. Se reconoce fácilmente por medio de este aparato que las cargas de las botellas son proporcionales á la estension de las superficies de sus armaduras.

295. Las *baterías eléctricas* se componen de varias botellas de Leyden, cuyas guarniciones interiores comunican entre si por medio de varillas metálicas, y las exteriores lo verifican por medio de una lámina de plomo ó estaño con que está recubierto el fondo de la caja donde se encuentran colocadas. Las baterías se cargan de la misma manera que la botella de Leyden, haciendo comunicar su parte interior con el conductor de la máquina eléctrica, y la exterior con el suelo. Para apreciar la tension eléctrica del conductor y de la armadura interior con quien comunica se adapta á este último un electrómetro de *cuadrante* (*fig. 155*), cuyo péndulo se separa cada vez mas de su posicion vertical á medida que la tension se aproxima á su máximo, á la cual habrá llegado

cuando la aguja queda inmóvil á pesar de la rotacion del disco de la máquina eléctrica.

296. Los efectos producidos por la chispa de la botella de Leyden y por las baterías se pueden dividir en *fisiológicos*, *físicos* y *químicos*. Los primeros son tanto mas enérgicos, cuanto mayor superficie tienen las armaduras y mayor es su carga. Cuando se toca con una mano la guarnicion exterior, y con la otra la interior, la conmocion pasa por el brazo y el pecho, estendiéndose mas ó menos segun es mayor ó menor la carga de la botella. Las baterías eléctricas producen todavia efectos mas enérgicos que los de las simples botellas de Leyden; así se observa que los pájaros, y aun gazapos, sucumben fácilmente bajo el choque de una batería débil, y los animales mas robustos no pueden resistir la descarga de una batería enérgica.

Los efectos físicos pueden dividirse en caloríficos, mecánicos y luminosos; citaremos entre los primeros la inflamacion del éter, del alcohol, de la pólvora y de la resina pulverizada, la detonacion de una mezcla de hidrógeno y oxígeno en el pistoleta de Volta, y la fusion y volatilizacion de hilos metálicos de pequeño diámetro sometidos á las descargas de las baterías.

Para hacer este último experimento se emplea ordinariamente el escitador universal (*fig. 154*); la varilla metálica aislada *b* comunica con la guarnicion exterior de la batería por medio de la cadena *c*, y la varilla *b'*, dispuesta del mismo modo que la otra, comunica con una cadena *c'* que termina en la esfera aislada *b*: cuando se quiere hacer pasar la chispa se aproxima la esfera *b* rápidamente al interior de la batería, y los fluidos se recomponen al través del circuito *b c' b' b c*, en el cual están colocados los cuerpos, al través de los cuales queremos hacer pasar la electricidad.

Colocando un hilo de hierro entre las varillas del escitador se calienta por una descarga débil, se enrojece por una mayor, y finalmente se funde y aun desaparece cuando la batería es muy enérgica. Los demás metales pueden tambien calentarse, enrojecerse, fundirse y volatilizarse; pero no todos con la misma facilidad: los que son malos conductores, como el platino y el hierro, experimentan, á igualdad de dimensiones, efectos mayores que el oro y el cobre, que están dotados de una conductibilidad mayor. Los hilos de seda do-

rados presentan un fenómeno singular que demuestra la rapidez con que la electricidad se apodera de las moléculas de materia conductriz: el oro de que están recubiertos se volatiliza y se oxida, sin que el calor sea capaz de romper la seda. Este experimento se hace mas sensible si se apoya en el hilo una hoja de papel blanco, sobre la cual se ve, despues del paso de la electricidad, una mancha de color gris oscuro que proviene del vapor de oro.

297. Cuando se coloca un naípe entre dos conductores terminados por una punta, y se hace pasar la descarga de la botella de Leyden, se consigue hacer un agujero pequeño, el cual presenta por ambos lados un reborde como si el fluido hubiese partido del medio del naípe para salir por sus dos caras ó superficies. El vidrio tambien se taladra por un procedimiento análogo, teniendo cuidado de que una de las dos puntas esté en contacto con una gota de un líquido conductor.

En los gases produce la chispa de la botella de Leyden una expansion tan grande y repentina que es capaz de lanzar una bala pequeña por medio del *mortero eléctrico* (*fig. 155*).

Empleando baterías eléctricas podemos obtener efectos mecánicos mas notables. En efecto, los cuerpos malos conductores colocados entre las ramas del escitador universal se agujerean y hacen pedazos por la descarga de una batería fuerte. Una piedra plana de algunas lineas de espesor se agujerea como el vidrio, y un cilindro de madera de dos ó tres pulgadas de diámetro y de media pulgada de espesor se hace astillas si la electricidad le atraviesa en el sentido de las fibras.

298. Los efectos luminosos son en extremo variados, y pueden observarse en el vacío y en el aire. Para estudiar la luz eléctrica en el vacío se emplea un globo (*fig. 156*) atravesado por dos varillas metálicas terminadas en esferas, y que pueden aproximarse ó alejarse una de otra: está además provisto en su parte inferior de una llave destinada á establecer ó á interceptar la comunicacion entre el interior y el exterior. Cuando se hace el vacío mas perfecto posible y se pone por una de sus estremidades en contacto con una máquina eléctrica y por la otra con el suelo, la electricidad pasa libremente y la luz llena toda la capacidad del tubo. Si se deja entrar un poco de aire, la luz se difunde menos, se estrecha, y

forma entre los dos cuerpos conductores arcos de color de púrpura; observándose además que á medida que el espacio luminoso disminuye, la intensidad de la luz se aumenta.

Todos los esperimentos de luz eléctrica en el aire se fundan sobre un mismo principio, que consiste en multiplicar las chispas, haciendo pasar el fluido eléctrico por una serie de conductores discontinuos, ó por particulas metálicas separadas unas de otras por pequeños intervalos formando dibujos mas ó menos vistosos y variados.

La luz eléctrica varía en su aspecto con la naturaleza de las electricidades; la negativa, saliendo por una punta, no produce en su estremidad mas que un punto luminoso, en tanto que la positiva produce penachos divergentes de algunas líneas de longitud. Este fenómeno singular es digno de atención, puesto que ofrece un carácter distintivo entre las dos electricidades; diferencia que atribuye Tremery á la mayor resistencia que opone el aire al movimiento del fluido negativo.

299. Los efectos químicos de la electricidad estática son muy limitados si se comparan con los de la electricidad dinámica. Sin embargo, la chispa eléctrica favorece la combinación del hidrógeno con el oxígeno, y la del hidrógeno con el cloro, descompone parcial y totalmente algunas combinaciones gaseosas, como el hidrógeno carbonado, el amoniaco y el hidrógeno sulfurado, y puede no solo descomponer el agua, sino tambien algunas sustancias salinas, segun las observaciones de Faraday.

LECCION LXXIX.

Influencia de los cuerpos terminados en punta.—Aplicacion á los pararrayos.

500. Cuando se atornilla una punta metálica muy aguda al conductor de la máquina eléctrica se observa que es absolutamente imposible cargarle de electricidad, pues que, á medida que el fluido se desarrolla por la rotación del disco, se disipa por la punta formando el penacho luminoso visible en la oscuridad, de que hemos hablado en la leccion anterior. Si hacemos comunicar la punta con el depósito comun, y se coloca á poca distancia del conductor de la máquina,

tampoco conseguiremos que este se cargue de fluido eléctrico; en este caso la electricidad del conductor descompone por influencia la electricidad natural de la punta, rechaza la del mismo nombre y atrae la de nombre contrario, la cual, acumulándose en la punta, se escapa al través del aire, y neutraliza la del conductor.

De todas las teorías propuestas para explicar los poderosos efectos que producen las puntas, no hay ninguna comparable con la que los hace depender de la manera como se distribuye la electricidad libre en la superficie de los buenos conductores. Coulomb ha demostrado que si se electrizan simultáneamente una serie de esferas iguales, colocadas á continuación unas de otras, de modo que sus ejes se encuentren en línea recta; la tensión eléctrica va aumentando á medida que nos aproximamos á las estremidades de la serie. Una disposición análoga se verifica en un conductor cilindrico terminado por dos porciones de esfera, como hemos manifestado en la lección 76; pero la diferencia es todavía mas notable si en vez de servirnos de esferas iguales nos servimos de una serie de ellas, cuyos diámetros vayan disminuyendo sucesivamente. Se concibe en efecto que la esfera menor colocada en la estremidad de la serie debe contener una cantidad de electricidad bastante grande para contrarrestar la acción repulsiva que desarrolla sobre ella el fluido esparcido sobre las demas partes del sistema. A medida que esta esfera tenga un diámetro menor, las partículas eléctricas estarán mucho mas próximas, y por consecuencia la tensión del fluido eléctrico será mucho mas considerable. Si en lugar de esferas nos servimos de un elipsoide de revolución, el espesor de la capa eléctrica no será el mismo en los diferentes puntos de su superficie, aun cuando el fluido eléctrico se dirija hácia el centro y se esparza del mismo modo, pues cuando llegue á las estremidades *a* y *b* de los ejes menores (*fig.* 157) refluirá hácia las estremidades *c* y *d* de los ejes mayores; por consecuencia para que haya equilibrio es preciso que los espesores eléctricos en *c* y en *a* tengan la misma relacion que los radios vectores. Las tensiones en los mismos puntos son entre sí como los cuadrados de *nc* y *na*; luego si *nc* le suponemos igual á 100 veces *na*, la presión en el punto *c* será 10000 veces mayor que en *a*.

Por último, si empleamos en estos esperimentos un cono

conductor, la electricidad se distribuirá de una manera análoga, aumentando el espesor eléctrico desde la base al vértice, en cuyo punto es tan considerable la tension que vence la resistencia del aire.

De lo dicho resulta que podemos considerar una punta muy aguda como el polo de un elipsoide de revolucion muy prolongado, en el cual acumulándose el fluido eléctrico adquiere una tension capaz de vencer la resistencia del aire, y de aqui la *influencia de las puntas*, y su aplicacion á la construccion de los pararrayos, descubiertas por Franklin antes que se esplicasen teóricamente.

301. Los pararrayos son grandes varillas metálicas, colocadas en lo alto de los edificios, y que comunican con la tierra por conductores de la misma naturaleza, y sin soluciones de continuidad.

Cuando una nube cargada de electricidad pasa por su inmediacion, el pararrayos se electriza por influencia. La electricidad de naturaleza contraria á la de la nube se acumula en la punta, y la otra es rechazada al depósito comun. La primera se escapa continuamente por la punta y neutraliza las mas veces sin esplosion la electricidad libre de la nube tempestuosa.

Ya hemos dicho que los pararrayos deben terminar en puntas agudas; esta condicion es importante para que la influencia se estienda á la mayor distancia posible, y que pueda neutralizarse la nube antes de que se coloque á la distancia esplosiva. Réstanos ahora examinar los detalles de construccion necesarios para que los pararrayos llenen esactamente el objeto á que se los destina.

Es necesario que la punta no pueda oxidarse por el contacto del aire, ni fundirse fácilmente por descargas eléctricas; porque si la punta se redondea, ó por la oxidacion, ó por la fusion, atraeria la nube ó provocaria las esplosiones que se quiere evitar, pero que sin embargo no serian peligrosas. La punta debe, pues, ser de platino, metal inoxidable al aire, y muy difícil de fundirse. Se hace terminar la varilla de hierro, cuya longitud es de 9 metros, por otra de cobre de 0,^m 50, á la estremidad de la cual se suelda con plata una aguja de platino de 0,^m 05 de longitud.

La parte inferior de la varilla deberia estar aislada del edificio y no comunicar mas que con el conductor; pero este

aislamiento seria difícil de ejecutar y conservar. Afortunadamente no es indispensable, porque la electricidad sigue siempre con preferencia los buenos conductores. Así pues se podrá fijar la parte inferior de la varilla á una de las piezas de la armadura del techo.

El conductor, por medio del cual comunica la varilla con el suelo, debe dirigirse por el camino mas corto, no tener soluciones de continuidad y sumergirse en un pozo, ó en un sitio húmedo, con el objeto de que la comunicacion sea mas pronta. Si el terreno fuese seco es necesario hacer descender al conductor cuatro ó cinco varas en la tierra, y rodearle de carbon calcinado, siendo preferible el coke por ser mejor conductor. Esta parte del conductor que se sumerge en la tierra debe ramificarse con el objeto de que la comunicacion con el depósito comun se estienda todo lo posible.

La varilla y los conductores deben tener dimensiones suficientes para que no puedan fundirse por descargas eléctricas. La esperiencia ha demostrado que basta dar á la parte inferior de la varilla un diámetro de 0,^m05, y á los conductores 0,^m025.

La dificultad de formar el conductor con barras de hierro ha hecho que se reemplacen estas con cuerdas de alambre de este metal de 7 á 8 lineas de diámetro, y para evitar la oxidacion se les cubre con una capa de brea.

Cuando el edificio contiene piezas metálicas un poco considerables, tales como canalones, etc., es necesario hacerlas comunicar con el conductor, y si hay varios pararrayos se establece un conductor para cada par.

Finalmente, se colocan algunas veces sobre el edificio varillas horizontales, mas ó menos inclinadas, que comunican con el conductor, y que sirven para preservar al edificio de la accion de nubes tempestuosas que los vientos pudieran arrojar sobre sus paredes.

La distancia á que un pararrayos estiende su accion no es exactamente conocida, y depende de varias circunstancias locales; sin embargo, segun las observaciones de Charles, una varilla aguda protege contra el rayo un espacio circular, cuyo radio es doble de su altura. Si el edificio tiene grandes dimensiones es necesario colocar varios pararrayos, y su distancia debe ser cuatro veces mayor que su altura. Cualquiera que sea el número de pararrayos colocados sobre un edificio,

se los fija estableciendo una comunicacion íntima entre los pies de todas las varillas por medio de barras de hierro de las mismas dimensiones que los conductores.

LECCION LXXX.

Electricidad atmosférica; sus orígenes.—Fenómenos que produce.—Granizo.

302. Estudiados ya los violentos efectos producidos por las descargas de las baterías eléctricas, no deben admirarnos los que producen los rayos en las grandes tempestades, puesto que son debidos, como los de las baterías, á una fuerte descarga eléctrica.

La identidad del rayo con la electricidad fué sospechada á un mismo tiempo por varios físicos; pero Franklin, despues de observar el efecto de las puntas, sospechó que una varilla de hierro, colocada sobre un edificio, podria estraer la electricidad de los nublados.

Dalibard fué el primero en Francia que comprobó esta conjetura, haciendo construir una cabaña que tenia una varilla de hierro de 17 pies de longitud, aislada por la parte inferior. Cuando pasó por cerca de esta cabaña una nube tempestuosa dió la barra chispas muy vivas aproximando un cuerpo conductor, con las cuales se cargaron botellas de Leyden; y se observó que la electricidad de la nube era enteramente igual á la que se producía con la máquina eléctrica, y que unas veces era positiva y otras negativa.

Poco tiempo despues Franklin, que ignoraba los experimentos de Dalibard, construyó una cometa armada con una punta en su estremidad, y la lanzó cerca de Filadelfia á una nube tempestuosa.

El primer indicio de electricidad que obtuvo fue la elevacion de los filamentos de cáñamo esparcidos por la torsion de la cuerda; pero luego que una ligera lluvia mojó la cuerda de cáñamo y aumentó su conductibilidad, pudo, aproximando un dedo á la cuerda, sacar chispas vivisimas, con las cuales inflamó el alcohol y cargó botellas de Leyden.

En la misma época Romas, que cultivaba la fisica en Lila, lanzó hácia una nube tempestuosa una cometa cubierta de ta-

fetan, de siete pies y medio de largo sobre tres de ancho, armada de una varilla de hierro puntiaguda; la cuerda estaba entretejida con un hilo metálico hasta cierto punto, y el resto era un cordón de seda destinado á preservar al observador que la tenia en la mano. Se sacaron chispas de diez pies de longitud aplicando un escitador aislado con dos mangos de vidrio, y de dos pies de largo, haciendo comunicar una de sus estremidades con el suelo.

Todos estos esperimentos son sumamente peligrosos, habiendo producido violentas conmociones á varios físicos, y la muerte al célebre Richman, profesor de física en San Petersburgo.

303. No solamente las nubes están frecuentemente cargadas de electricidad, sino que el aire atmosférico lo está tambien aun en los dias serenos. El aparato que comunmente se usa para reconocer la electricidad de la atmósfera se reduce á un electróscopo de pajas ó panes de oro armado de una varilla metálica bastante larga y terminada en punta, y cuya campana está graduada de manera que permite medir la divergencia de los conductores móviles.

Los esperimentos hechos por Saussure, Gay-Lussac y Arago con este aparato han dado los resultados siguientes:

Cuando el cielo está sereno existe siempre en la atmósfera un esceso de electricidad positiva libre. Esta electricidad no empieza á ser sensible en campo raso, sino á tres ó cuatro pies sobre el nivel del terreno, aumentando de intensidad á medida que nos elevamos en la atmósfera. Se demuestra esto último atando á la varilla del electróscopo por medio de un hilo de seda recubierto de oropel el hierro de una flecha, y lanzando esta en la direccion vertical. A medida que la flecha se eleva se observa un aumento de divergencia en los panes de oro del electróscopo. Si la flecha se lanza horizontalmente la divergencia no tiene lugar de una manera sensible, lo que prueba que el efecto obtenido en el primer caso proviene de la electricidad atmosférica, y no del rozamiento de la flecha contra el aire, como pudiera creerse.

La electricidad positiva de la atmósfera en los dias serenos experimenta variaciones diurnas en su intensidad, siendo mas fuerte en invierno que en estío. Saussure ha observado tambien que la electricidad es mas abundante en los sitios elevados, y nula en las casas, en las calles, sobre los árboles, en

los patios, y en general en los sitios abrigados; pero que ya es sensible sobre los puentes y plazas de las ciudades. Finalmente, en tiempos tempestuosos la electricidad del aire cambia á cada instante de signo y de intensidad.

304. Las circunstancias que contribuyen á la produccion de la electricidad atmosférica son la evaporacion y la vegetacion. En efecto, Pouillet ha demostrado que la evaporacion del agua pura no altera jamás el equilibrio de los flúidos eléctricos; pero si este líquido contiene en disolucion sustancias estrañas, como ácidos, álcalis ó sales, aun en cantidades pequeñas, al desprenderse el vapor acuoso arrastra consigo una cantidad de electricidad libre, la cual puede hacerse sensible por medio del electrómetro condensador. Esta electricidad es siempre positiva si la disolucion es ácida ó salina, y negativa si la disolucion es alcalina, en tanto que el ácido y el álcali quedan constantemente con las electricidades de nombre contrario. Ahora bien, como las aguas que se encuentran en la superficie de la tierra contienen siempre en disolucion sustancias salinas, su continua evaporacion debe comunicar al aire una gran cantidad de electricidad positiva.

Respecto á la vegetacion, los experimentos del mismo físico demuestran que las plantas bajo la influencia de la luz descomponen el ácido carbónico del aire, absorven el carbono, y emiten el oxígeno, el cual se desprende siempre cargado de una cantidad notable de electricidad positiva.

305. Lo que precede esplica el estado eléctrico del aire en tiempos serenos; pero falta esplicar la formacion de las nubes tempestuosas, y las variaciones de electricidad que experimentan.

Conduciendo el vapor de agua el flúido eléctrico con mas facilidad que el aire seco, se concibe que al reunirse los vapores para formar las nubes deben arrastrar consigo una gran parte de la electricidad que se encuentra en el espacio en que estan diseminadas. Estas nubes no se hacen tempestuosas hasta tanto que han adquirido suficiente densidad para que el flúido eléctrico, que en un principio permanecia alrededor de cada glóbulo, se reuna en totalidad en la superficie de la nube.

Respecto á la electricidad negativa, de que están algunas veces cargadas las nubes, debe provenir indudablemente de la accion que por influencia ejercen las nubes positivas colo-

cadas sobre ellas, mientras las primeras comunican con el depósito comun por las rocas, por los árboles ó por los vapores.

306. Cuando una nube tempestuosa pasa por encima de la superficie de la tierra ejerce una accion por influencia sobre todos los cuerpos colocados en su esfera de actividad. Si la nube se aleja sin esplosion, los cuerpos electrizados por influencia vuelven á recobrar su estado natural sin experimentar ningun efecto; pero si la electricidad de la nube se combina, por medio de un relámpago, con la electricidad contraria de un cuerpo situado en la superficie de la tierra, este cuerpo es herido por el rayo.

Finalmente, cuando el relámpago tiene lugar entre la nube tempestuosa y otra mas ó menos próxima, ó entre una de las estremidades de la primera y un cuerpo colocado en la superficie del suelo, la influencia de la nube cesa de repente, y los cuerpos á quienes el rayo no ha tocado recobran instantáneamente su estado natural. De aquí una recomposicion súbita de los flúidos, ó un choque llamado de *retroceso*, cuyos efectos, aunque menos temibles que los del choque directo, son sin embargo, en algunos casos, bastante violentos para causar la muerte de los hombres y de los animales. Segun esto el rayo no es una cosa que cae como vulgarmente se cree, porque la electricidad no se transporta nunca de un extremo á otro del relámpago; sus efectos son únicamente debidos á una série de descomposiciones y recomposiciones que se verifican en las moléculas eléctricas de la nube, del cuerpo, y del flúido que los separa.

El rayo se dirige siempre con preferencia á los cuerpos buenos conductores y á los mas próximos á la nube tempestuosa, como los edificios elevados, los campanarios y los árboles, cuyas hojas y ramas hacen hasta cierto punto el oficio de puntas, y cuyas raices se introducen á bastante profundidad en el suelo. La imperfecta conductibilidad de estos cuerpos nos obliga á considerarlos como asilos peligrosos, porque no encontrando el flúido eléctrico un paso fácil al través de ellos, se separa de su direccion, trasladándose á los cuerpos conductores que se encuentran en sus inmediaciones. Este fenómeno se verifica muy especialmente en los campanarios, y mucho mas á causa de la preocupacion tan generalmente estendida en las poblaciones pequeñas de tocar las campanas para conjurar la nube.

Cuando el rayo atraviesa el cuerpo de los animales produce lesiones en sus órganos, y muy principalmente en el sistema vascular, atribuyéndose á esta causa la pronta putrefaccion de los cadáveres; sin embargo, el rayo no siempre mata á los animales sobre quienes se dirige, la electricidad puede en algunos casos deslizarse sobre la superficie de los cuerpos sin penetrar en ellos, produciendo á lo mas en ella quemaduras ó escaras mas ó menos profundas. Un simple vestido de seda suele ser las mas veces un preservativo suficiente contra sus estragos.

El rayo puede además fundir y volatilizar los metales, reduce á fragmentos pequeños los cuerpos malos conductores, inflama las sustancias combustibles, produciendo en algunos casos incendios de consideracion, rompe los espejos, hiende los muros, arranca y transporta piedras á bastante distancia, y vitrifica las sustancias minerales sobre quienes se dirige; finalmente, por caprichosos que parezcan sus efectos, pueden sin embargo referirse todos á los principios primitivamente establecidos.

307. Entre los fenómenos que acompañan á las tempestades hay uno que las mas veces produce estragos temibles; tal es el granizo. Este metéoro precede á las lluvias de las tempestades, muchas veces las acompaña, y rara vez cae despues. Las nubes que le despiden están generalmente poco elevadas, son de un color gris ceniciento, y tienen sus bordes escotados. La duracion de este metéoro es muy corta, pues que rara vez llega á un cuarto de hora; sin embargo, la cantidad que cae en tan corto tiempo suele ser en extremo grande: ordinariamente se verifica de dia, y su caida va por lo general acompañada de fenómenos eléctricos.

Dos son las dificultades principales que se presentan para dar una explicacion satisfactoria de la formacion del granizo: consiste la primera en averiguar de la manera cómo se produce el frio que congela el agua, y la segunda en explicar cómo un granizo voluminoso, que ha adquirido un peso bastante considerable para caer á la superficie de la tierra, permanece todavia suspendido en el aire por bastante tiempo.

Volta, para resolver la primera dificultad, suponía que las nubes tempestuosas en razon á su espesor absorbian casi en totalidad los rayos solares; que esta absorcion daba lugar á una evaporacion rápida, y que esta misma evaporacion era

la causa del frio. Pero Bellani ha hecho ver la insuficiencia de esta razon, porque el frio necesario para congelar el agua supone una evaporacion muy rápida; y esta evaporacion, bien que se produzca por el calor radiante ó por el recibido en el contacto, no puede verificarse sin que el líquido se caliente en vez de enfriarse.

El mismo Volta resolvía la segunda dificultad, y esplicaba el aumento de volúmen que experimenta el granizo de la manera siguiente: Suponia dos nubes cargadas de electricidad contraria, inmediatas una á otra, de las cuales la mas elevada contenia los granizos ya formados; estos pequeños granizos de la nube superior tienden á caer en virtud de su peso, y son rechazados por la nube inferior tan luego como se han repartido su electricidad. La nube superior los atrae y rechaza del mismo modo, y en este movimiento reiterado de una nube á otra, encontrando los granizos vapor acuoso, le condensan y aumentan de volúmen por capas concéntricas, hasta que la accion de la gravedad los hace caer. El ruido que siempre precede á la caída del granizo, parecido al choque de los cuerpos duros agitados por movimientos rápidos, apoya la teoria de Volta. Pero no se concibe cómo no se verifica la explosion entre las dos nubes cargadas de electricidad contraria estando tan próximas y con una tension eléctrica capaz de sostener y elevar masas de hielo cuyo peso llega á veces hasta una libra.

Vemos pues que si estas objeciones no destruyen la teoria de Volta, pueden por lo menos hacernos dudar de ella; y aun cuando posteriormente Lecoq ha presentado otra nueva, no está tampoco al abrigo de objeciones; siendo por consecuencia necesario, para esplicar este fenómeno en todos sus detalles, hacer nuevas y numerosas observaciones.

LECCION LXXXI.

Electricidad desenvuelta por calor y por presion.

308. El primer experimento que condujo á reconocer la presion como uno de los medios de desarrollar la electricidad se debe á Libes. Este fisico descubrió que comprimiendo un disco metálico aislado contra un tafetan engomado adquiria este la electricidad positiva y el disco metálico la negativa. La

electricidad desenvuelta en este experimento no puede atribuirse á la frotacion del disco sobre el tafetan, porque en este caso adquiere este último la electricidad negativa. Posteriormente Haüy ha llegado á desarrollar la electricidad en un gran número de cuerpos de superficies lisas y pulimentadas, y en circunstancias tales que el fenómeno no puede atribuirse mas que á la presion. Así, pues, comprimiendo entre los dedos un fragmento de espato de Islandia, de caras paralelas, adquiere una carga bastante considerable de electricidad positiva; observándose el mismo fenómeno en la cal fluatada, en la mica, en el topacio y en otras varias sustancias.

Becquerell se sirve para estudiar el desarrollo de la electricidad por presion de dos discos aislados, los cuales somete á una presion mútua é instantánea. Un solo contacto es suficiente para desenvolver en ellos una electricidad apreciable al electróscopo; pero repitiendo los contactos, y sobre todo aumentando la presion, la carga eléctrica se hace bastante enérgica para atraer los cuerpos ligeros. Este físico ha observado tambien que dos cuerpos aislados, de los que uno es poco conductor, se constituyen siempre por la presion en dos estados eléctricos diferentes, y que la especie de electricidad adquirida por un cuerpo depende de la naturaleza de aquel contra el cual se oprime; así, pues, un disco de corcho oprimido sobre el espato de Islandia, la cal fluatada, y el yeso adquiere la electricidad negativa, en tanto que se electriza positivamente sobre el cobre, el zinc y otras sustancias. Cuando uno de los cuerpos no está aislado y es buen conductor pierde su flúido, y solo el otro es el que da señales de electricidad.

309. El desarrollo de la electricidad por presion está modificado por varias circunstancias, tales como la naturaleza de los cuerpos, el estado de su superficie, la temperatura, el grado de presion y la velocidad de separacion.

Los cuerpos buenos conductores conservan muy poca electricidad despues de su separacion, perdiéndola completamente si poseen una conductibilidad perfecta. La cantidad de flúido eléctrico, desarrollada por la presion, depende en gran parte de la elasticidad; lo cual se prueba fácilmente comprimiendo un disco de corcho sobre una fruta mas ó menos seca, una naranja por ejemplo.

El estado de la superficie de los cuerpos influye notable-

mente sobre la electricidad por presion: el espato de Islandia si está pulimentado conduce muy mal el flúido eléctrico; pero cuando su superficie es escabrosa adquiere bastante conductibilidad, siendo en este caso necesario aislarle para que conserve la electricidad despues de la presion. El agua higrométrica que recubre la superficie de los cuerpos impide con frecuencia que estos conserven la propiedad eléctrica despues de la separacion; así, pues, es necesario cuidar de secarlos lo mejor posible antes de someterlos á los experimentos.

La temperatura ejerce una gran influencia en el desarrollo de la electricidad por presion; el espato de Islandia, que como hemos visto adquiere por la presion la electricidad positiva, toma la negativa cuando su temperatura se ha elevado lo suficiente. Los cuerpos de la misma naturaleza, comprimidos, rara vez se electrizan; pero cuando uno de ellos se calienta se encuentran ambos, despues de la separacion, electrizados de diferente modo: pero si la presion permanece hasta que se haya establecido el equilibrio de temperatura, los cuerpos no aparecen electrizados despues de su separacion.

Por último, la velocidad de separacion influye tambien notablemente sobre estos fenómenos; la cantidad de electricidad crece con la presion, siendo proporcional á esta, siempre que la presion no esceda de cierto límite; si disminuye con lentitud, las electricidades separadas volverán á combinarse con tanta mas facilidad cuanto mas lentamente se verifique la separacion y mayor sea la facultad conductriz de los cuerpos; así pues, se obtiene siempre una tension eléctrica tanto mas grande cuanto mas rápida sea la separacion.

310. Los cuerpos electrizados por presion conservan por bastante tiempo sus propiedades eléctricas. La cal carbonatada es, bajo este punto de vista, la sustancia mas notable, pues que posee esta facultad despues de once dias, por pequeña que sea la fuerza comprimente á que se la haya sujetado.

En esta propiedad está fundado el electróscopo de Haüy, reducido á un hilo metálico muy fino, terminado en una de sus estremidades por un pequeño prisma de espato de Islandia, y provisto hácia su parte media de una chapa de ágata que se coloca sobre un pivote. Conservando este electróscopo perfectamente su fuerza primitiva, es uno de los mas sencillos y mas cómodos para averiguar la especie de electricidad de los cuerpos y comparar aproximadamente sus tensiones eléctricas.

311. Existen algunos fenómenos que tienen ó parecen tener analogía con los anteriores. Cuando se separan en la oscuridad dos láminas de mica se nota un desprendimiento de luz; y si antes de la separacion se fijan las láminas á dos cuerpos aisladores, cada una de ellas se encuentra electrizada de diferente modo. La cal sulfatada presenta el mismo fenómeno, pero para observarlo es preciso privarla de su agua higrométrica y elevar la temperatura; separando las hojas de un naipedan tambien resultados análogos. Sin embargo, el desarrollo de electricidad por esfoliacion no parece convenir, salvo algunas escepciones, sino á sustancias cristalizadas regularmente porque los fragmentos de un cilindro de vidrio ó de resina no poseen electricidad ninguna.

Finalmente, produciendo el choque entre dos cuerpos una compresion rápida, debe necesariamente desarrollar electricidad, siendo probable que la luz que le acompaña algunas veces provenga de la combinacion repentina de las electricidades separadas por la presion.

312. Ya hemos visto que el calor tiene una gran influencia sobre la electricidad desarrollada por la presion y por el frotamiento; pero además este agente obra por sí solo sobre ciertos cuerpos cristalizados para separar las dos electricidades, las cuales se reunen principalmente en las dos estremidades del cristal donde adquieren tensiones iguales, pero de signos contrarios.

Este fenómeno se observa perfectamente en la turmalina, calentándola y presentando sucesivamente sus dos estremidades á un péndulo pequeño, el cual será atraido por ambos lados si está en su estado natural; pero será atraido por uno y repelido por otro si le hemos comunicado previamente cualquiera de las dos electricidades.

Si queremos descubrir las mas pequeñas señales de polaridad eléctrica en las turmalinas, se suspende una de estas á un hilo de seda sin torsion; se la rodea con un cilindro de cristal, abierto por ambos lados, y se hace apoyar la estremidad inferior del cilindro sobre una lámina metálica, que se calienta por medio de una lámpara de alcohol. Un termómetro colocado en el cilindro á la misma altura que la turmalina sirve para indicar la temperatura; y para reconocer la especie de electricidad que se desenvuelve en el cristal, se introduce por la parte superior del cilindro un cuerpo débilmente elec-

trizado, sostenido por un mango aislador, el cual se presenta á los dos extremos de la turmalina.

513. De la multitud de esperimentos hechos por varios físicos, y últimamente por Becquerell, resulta:

1.º Que no todas las turmalinas adquieren la electricidad por el calor, aun cuando sean del mismo criadero; y que hay otras que no la adquieren sino por una elevacion muy rápida de temperatura.

2.º Que para cada turmalina hay dos limites de temperatura, entre los cuales se verifican los fenómenos eléctricos; encima del límite superior y debajo del inferior no se manifiesta el desarrollo de los polos. Estos limites son ordinariamente 10 y 150 grados para turmalinas de la misma dimension; pero varian con las longitudes de estas y las dimensiones transversales del cristal.

3.º La electricidad polar no se manifiesta sino cuando la turmalina se calienta ó se enfría en toda su estension. Cuando su temperatura permanece estacionaria la polaridad desaparece; y cuando se calienta ó se enfría una de sus estremidades solamente la turmalina no posee mas que una especie de electricidad. Los polos eléctricos, que se manifiestan cuando la temperatura se eleva, cambian de naturaleza cuando el cuerpo se enfría.

4.º Si cuando una turmalina está electrizada por el calor se la corta en dos ó mas pedazos, cada uno de ellos posee la propiedad de adquirir dos polos por el calor.

5.º Cuando una turmalina se ha electrizado por la accion del calor no pierde su electricidad por el contacto de los cuerpos conductores.

6.º Finalmente, se ha observado que las turmalinas que mejor se electrizan por el calor son las transparentes, y que el extremo que contiene mayor número de facetas es el que adquiere la electricidad positiva por enfriamiento.

514. El desarrollo de la electricidad por el calor se reconoció desde luego en la turmalina, pues parece que desde un tiempo inmemorial se habia observado en la India y en la isla de Ceylan que echada esta piedra en el fuego adquiria la propiedad de atraer las cenizas. Esta clase de piedras ha sido por mucho tiempo muy rara en Europa, pero al presente es muy comun, especialmente desde que se descubrió en España una formacion que contiene grandes cantidades.

Los cristales electrificables por el calor son numerosos, contándose entre ellos el diamante, el azufre, el granate, la esmeralda, etc.

Los fenómenos que presenta la turmalina, y que probablemente ofrecerán todas las otras sustancias electrificables por el calor, no pueden explicarse satisfactoriamente en el estado actual de la ciencia.

LECCION LXXXII.

Electricidad voltáica.—Diferentes especies de pilas.

315. En 1789 estando Galvani, médico y profesor de Bolonia, preparando una rana para hacer varios experimentos, observó que poniendo en contacto los músculos y los nervios por medio de un arco metálico experimentaban estos órganos violentas convulsiones. Galvani atribuía este efecto á la existencia y desarrollo instantáneo de los dos flúidos eléctricos existentes en la rana, asemejando esta á una botella de Leyden, cuyas armaduras suponía él que fuesen los músculos y los nervios, verificándose la descarga tan luego como se ponían en comunicacion por medio de un cuerpo conductor. Volta, por el contrario, habiendo repetido los mismos experimentos, y considerando que las convulsiones eran mas violentas cuando la comunicacion entre los nervios y los músculos se establecia con dos metales heterogéneos puestos en contacto, se atrevió á afirmar que la electricidad observada en los fenómenos galvánicos se desarrollaba únicamente por el contacto de los metales heterogéneos, y que las ranas no hacían otro papel que el de electróscopos, muy sensibles para apreciar pequeñísimas cantidades de fluido eléctrico.

Es preciso confesar que semejante idea es una de las mas atrevidas, mas notables y fecundas que ha habido en las ciencias.

Volta, empleando su electrómetro condensador, probó además por experimentos directos que el contacto de dos cuerpos heterogéneos, y sobre todo de dos metales, da lugar á un desarrollo de electricidad. Estos experimentos se hacen de la manera siguiente: Despues de secar perfectamente el aparato se pone el platillo inferior en contacto con una lámina de zinc que comunica con el suelo por medio de la mano, y

se toca al propio tiempo el platillo superior con los dedos húmedos. Verificado el contacto se suprimen las comunicaciones, y al levantar el platillo superior se observa una divergencia en los panes de oro, la cual es debida indudablemente á la electricidad negativa, puesto que aproximando al electrómetro una barra de laere frotada aumenta la divergencia de los conductores móviles. La electricidad desenvuelta en este experimento no puede atribuirse al frotamiento ó á la presión del zinc con el cobre, porque no se obtiene efecto alguno en los panes de oro del electrómetro cuando se sustituye á la lámina de zinc otra de cobre. Volta dedujo de estos experimentos que en el contacto de los dos metales heterogéneos se desarrolla una fuerza que, descomponiendo su fluido natural, dirige el fluido positivo al zinc y el negativo al cobre del platillo del electrómetro, donde se acumula en cantidad suficiente para producir la divergencia de las láminas de oro.

La causa, sea cual fuere, que hace que se desenvuelva electricidad en el contacto de las sustancias heterogéneas, es lo que Volta llama *fuerza electromotriz*. Esta fuerza tiene origen en el contacto, reside en las superficies unidas de las dos placas, produce la descomposición de los fluidos naturales, é impide su recomposición. Por el primer efecto el fluido vítreo es como hemos dicho impelido al zinc, sobre cuya estension se dispersa en virtud de su propia repulsion; al paso que sucede lo mismo al fluido negativo sobre la placa de cobre. Por el segundo efecto los fluidos contrarios se mantienen en presencia uno de otro á derecha é izquierda de la superficie de contacto, sin poder atravesar esta superficie y recomponerse en virtud de su atracción mútua.

La fuerza electromotriz tiene un límite como obstáculo á la recomposición; es decir, que no es capaz de retener cualquier carga de fluido positivo en el zinc, ó de fluido negativo en el cobre; así que cuando las cargas adquiridas naturalmente por el contacto ó dadas artificialmente lleguen á tener una fuerte tensión, pueden atravesar la superficie de unión para recombinarse; pero aun en este caso la fuerza electromotriz detiene ó fija la que puede fijar.

En la teoría de Volta se admite que representando por $+a$ la tensión del fluido positivo que se halla sobre el zinc, y por $-a$ la tensión del fluido negativo que se encuentra sobre el cobre, la diferencia $2a$ de las dos tensiones es constante,

cualesquiera que sean las cantidades de fluido positivo ó negativo que contengan los metales.

Si uno de los cuerpos puestos en contacto comunica con el suelo, su tension será nula; pero la del otro se hará doble para que la diferencia algebraica *2a* de las dos tensiones sea siempre la misma.

Como causa de descomposicion, la fuerza electromotriz es instantánea y permanente; es permanente porque está siempre dispuesta á obrar tan luego como la tension no es la que debe ser para que exista el equilibrio galvánico; y es instantánea porque no necesita mas que un instante inapreciable para hacer que la tension llegue á su máximum.

Las tensiones eléctricas, desenvueltas y retenidas por la fuerza electromotriz, no son las mismas en el contacto de todos los cuerpos; así pues se han dividido estos en *buenos* y *malos electromotores*.

Los metales son buenos electromotores, aunque se observan entre ellos diferencias muy marcadas; y aun cuando se dice generalmente que las otras sustancias no son electromotrices porque producen en el condensador efectos muy poco sensibles, si se hacen los esperimentos con aparatos mas delicados se nota que desenvuelven tambien electricidad por el contacto, si bien las tensiones que producen son incomparablemente mas pequeñas ó débiles que las de los metales.

316. La pila de Volta se construye con tres cuerpos diferentes, dos de los cuales son metálicos y buenos electromotores, y el tercero, aunque no es metálico, es buen conductor y electromotor muy débil.

Los metales que se emplean con preferencia en su construccion son el zinc y el cobre. El primero constituye los elementos positivos de la pila, y el segundo los negativos: dos elementos de nombre contrario, reunidos ó soldados, es lo que se llama par. El cuerpo no metálico es el conductor, y está formado de un disco de paño ó de carton empapado en una disolucion ácida, compuesta de $\frac{1}{60}$ de ácido nítrico y $\frac{1}{40}$ de ácido sulfúrico; otras veces es la misma disolucion sin trapo ni carton, y finalmente, en las pilas secas se emplea un conductor seco.

Esto supuesto, vamos á examinar con algun detenimiento la formacion de la pila. Concebamos una placa de cobre (*figura 158*) ó un elemento electro-negativo, que comunique con

el suelo por un hilo conductor, y coloquemos sobre su superficie una placa de zinc de la misma dimension. En el momento que se verifica el contacto, la fuerza electromotriz ejerce su accion, el fluido negativo que desenvuelve pasa al cobre y se marcha al depósito comun, y el fluido positivo por el contrario, pasa sobre el zinc y se acumula en él hasta que haya adquirido la tension máxima que la fuerza electromotriz pueda retener.

Representando por una cantidad cualquiera esta tension, v. gr. por e , diremos que el cobre se encuentra en su estado natural, al paso que el zinc contiene una cantidad e de electricidad positiva. Si por cualquier medio quitamos al zinc una parte del fluido que contiene, no tendrá el espesor e que debe tener; pero la fuerza electromotriz le reproducirá al instante por un nuevo desarrollo, que reparará exactamente la pérdida, y por un desarrollo igual de fluido negativo que se marchará al depósito comun. Si se coloca un disco húmedo encima del zinc, es evidente que el fluido positivo del zinc se dividirá con él; pero como la pérdida que experimenta se repara inmediatamente, la cantidad e será la misma que antes para el disco y para la placa. Lo mismo sucederá si colocamos una placa de cobre sobre el disco húmedo, supuesto que no existe fuerza electromotriz entre estos dos cuerpos. Pero si colocamos una segunda placa de zinc sobre la segunda placa de cobre, el fenómeno será mas complicado, y en este caso es donde se muestra el verdadero principio de la acumulacion de la electricidad de la pila.

Supongamos por un momento que la accion de la fuerza electromotriz se suspende en este segundo par: es evidente que entonces el zinc tomará una cantidad e de fluido positivo como le ha sucedido al disco húmedo y á la placa de cobre; pero en el momento en que la fuerza electromotriz empieza á obrar, la cantidad de fluido sobre este segundo zinc será $2e$, supuesto que debe haber siempre 1 de diferencia entre él y la placa de cobre con quien está en contacto. Al mismo tiempo el fluido negativo que se desenvuelve en el segundo cobre se destruirá por el fluido positivo que contenia, y se verificará en el primer par un nuevo desarrollo, por el cual el primer zinc, el disco de paño y el segundo cobre volverán á tener la cantidad e de fluido que antes tenian. Por medio de esta coordinacion el segundo zinc debe tener para estar en equili-

brio una cantidad de fluido doble del que se encuentra en el primero.

El mismo raciocinio se aplica al tercer par y á los siguientes; solo que el tercer zinc tendrá $5e$ de tension, el cuarto $4e$, el quinto $3e$, y así sucesivamente, encontrándose en este caso la pila cargada de electricidad positiva.

Si la pila se montase en sentido contrario, es decir, si el zinc comunicase con el suelo, la distribucion de la electricidad seria la misma, solo que seria negativa.

Los dos extremos de la pila se llaman polos; siendo el positivo el terminado por el zinc, y el negativo el terminado por el cobre.

517. Si la pila, en lugar de comunicar con el suelo, estuviese aislada, se cargaria á espensas de sí misma de las dos electricidades; una mitad contendria la positiva y la otra mitad la negativa. Las tensiones de los discos igualmente distantes del centro serán iguales, é irán creciendo desde el medio, en donde será nula hasta las estremidades, en donde tendrá el máximun; porque si cuando se montan dos pilas iguales en sentido contrario comunicando por sus bases inferiores con el suelo, están en su estado natural los discos inferiores de naturaleza diferente, lo mismo sucederá si se supone que las pilas comuniquen por su parte inferior por medio de un buen conductor que no sea electromotor, por ejemplo, un disco de paño húmedo. En este caso se tendrá una pila, en cuyas dos mitades estará la electricidad repartida del mismo modo que en una pila que estuviese en contacto con el suelo; pero la tension de los polos será dos veces menor que en una pila del mismo número de elementos que comunicase por su estremidad con el suelo.

Esta esplicacion está fundada ó reposa en dos hipótesis: la primera es que la diferencia de tension en los elementos es una cantidad constante, lo cual no está demostrado; y la segunda que el liquido no obra mas que como conductor, lo cual no es exacto.

518. Si se reúnen los dos polos de una pila por medio de un hilo conductor, los dos fluidos contrarios acumulados en las estremidades de la pila se recompondrán al través de este cuerpo, y desaparecerá el equilibrio eléctrico en el aparato; pero á cada momento la fuerza electromotriz tenderá á reproducirle, y el hilo metálico que une los polos estará conti-

nuamente atravesado por dos corrientes contrarias, la una de electricidad positiva, la otra de electricidad negativa.

Desde este momento la electricidad deja de existir en la pila en el estado de tension, puesto que no es sensible á los electróscopos mas delicados. Antes que se reuniesen sus polos, la pila aislada obraba por atraccion ó por repulsion sobre los cuerpos electrizados que se la presentaban, producía chispas si su tension era suficiente, y aun podian cargarse con ella instantáneamente botellas de Leyden, poniendo en comunicacion una de sus armaduras con el polo positivo y la otra con el negativo; pero en el momento que se reunen sus polos, todos estos fenómenos desaparecen para dar lugar á otros tanto ó mas sorprendentes, pudiendo citar entre ellos la incandescencia, fusion y aun volatilizacion de hilos metálicos muy finos, la desviacion de la aguja imantada, la descomposicion del agua, de los ácidos, de los óxidos y de las sales.

519 La pila de Volta se dispuso primeramente en forma de columna, colocando los discos entre tubos verticales de vidrio, fijos sobre una roldana de madera y terminados por otra en su estremidad superior; pero esta disposicion presenta algunos inconvenientes, no solo por la necesidad de armarla y desarmarla, sino que por su posicion vertical y el aumento de presion que resulta de la sobreposicion de los pares hace que el líquido contenido en los pedazos de paño se esprima y establezca una comunicacion entre los discos, resultando además que los pedazos de paño se secan pronto; de modo que en ambos casos se disminuye la fuerza de la pila.

Este inconveniente se evita disponiendo la pila en el sentido horizontal, soldando el zinc con el cobre, y fijando cada par con betun resinoso dentro de una caja rectangular (*figura 159*) evitando que se comuniquen, y dejando intervalos de uno á otro par para llenarlos de un líquido conductor. Estas pilas son las que se conocen con el nombre de *pilas de artesa*. Para hacer comunicar los dos polos se sumergen en los dos últimos huecos placas de cobre, á las cuales se sueldan hilos metálicos que se conocen con el nombre de *reóforos* ó *electrodos*.

Una de las mejoras mas notables que se han hecho en estas pilas es la disposicion de cada par, discurrida por Wollaston (*fig. 160*). AB es una barra de madera sostenida horizontalmente por dos sustentáculos; *as* es una placa de cobre

encurvada, que está soldada en *s* á una placa ancha de zinc *z*. Alrededor de esta placa rectangular de zinc hay una lámina delgada de cobre de la misma superficie, que la rodea enteramente sin tocarla, la cual, despues de fijarse en la barra de madera, se encorva de nuevo verticalmente para soldarse á una segunda placa de zinc semejante á la primera y rodeada como aquella por una placa de cobre, y así de los demás. Debajo de estos pares se disponen unos vasos de vidrio *VV* que contienen el agua acidulada en la que se sumergen aquellos.

En estas pilas se consigue que la electricidad que se acumula en el zinc pueda desprenderse de todos los puntos de su superficie, y solo tenga que atravesar una capa delgada de liquido, que en las pilas horizontales anteriores se alteraba pronto y se quedaba en contacto con el cobre: en la nueva disposicion se puede renovar y se renueva por sí mismo, mezclándose ó estendiéndose en la masa líquida que contiene el vaso donde se sumergen los pares.

Muchas veces se emplean pilas reunidas, lo cual puede hacerse de dos maneras: primero, poniendo en contacto, bien sean sus polos negativos ó bien los positivos; segundo, reuniendo el polo negativo de la primera con el positivo de la segunda. En el primer caso se aumenta la estension de los elementos; al paso que en el segundo se produce el mismo efecto que con una pila cuyo número de pares fuese igual á la suma de los que contienen las dos pilas.

La primera disposicion se emplea para producir los efectos físicos que dependen de la estension de los pares, y por consecuencia de la cantidad de electricidad que puede dar y transmitir la pila en un tiempo dado; y la segunda para producir efectos químicos, los cuales dependen de la tension ó del esfuerzo que hace la electricidad en los dos extremos de la pila para reunirse.

Como el desarrollo de la electricidad de la pila es tan sumamente rápido, no hay necesidad para aislarla de emplear las precauciones que se necesitan para aislar los cuerpos cargados de electricidad por los otros medios; de aquí resulta que puede aislarse por todos los cuerpos que no sean muy buenos conductores.

320. Vemos, pues, que en todas estas diversas disposiciones de la pila el sistema es siempre el mismo; pero la causa

de la electricidad voltáica es todavía objeto de controversia entre los físicos: Volta, como ya hemos manifestado, consideraba al líquido simplemente como un cuerpo conductor, y miraba como insensible la cantidad de electricidad desarrollada por el contacto del agua con los metales, y la producida por la acción química que sobre estos ejercen los ácidos. Según este físico, la fuerza electromotriz existía únicamente en el contacto de las sustancias metálicas.

No es, pues, extraño que una teoría tan exclusiva fuese á poco tiempo atacada por otros físicos, y especialmente después que se observó que la energía de los fenómenos voltáicos aumentaba á proporción que la acción química entre los metales y los líquidos conductores era mas enérgica. No tardó mucho tiempo en demostrarse por experimentos directos y decisivos el desarrollo de electricidad en todas las acciones químicas, tales como la combustión, la combinación de los ácidos con las bases, la acción de los ácidos sobre los metales, etc., observándose además que en estas circunstancias la electricidad debida á las acciones químicas sobrepujaba generalmente á la desarrollada por el contacto de los metales; y finalmente se ha llegado hasta el punto de esplicar por las acciones químicas los experimentos fundamentales de la teoría de Volta, negando por consiguiente que el simple contacto de dos metales fuese un manantial de electricidad.

Sin embargo, la cuestión todavía no puede considerarse como resuelta; pero no por eso podemos menos de admitir la gran influencia que ejerce la acción química sobre los efectos de la pila, si es que no es ella exclusivamente la que los produce.

LECCION LXXXIII.

Aplicaciones de la pila voltáica.—Descomposición del agua.—

Pilas de corriente constante.

521. Una vez que ya conocemos el mecanismo de la pila de Volta, veamos qué efectos podemos producir con ella. Estos son tales y tan extraordinarios que sin exageración se puede decir que es el instrumento mas maravilloso que ha creado la inteligencia humana. Los efectos de la pila se pueden dividir en fisiológicos, físicos y químicos.

322. Si tomamos en la mano uno de los hilos que parte de un polo, nada experimentamos; pero al momento que cojemos el otro sentimos la conmocion. Este efecto es mucho mas notable cuando se tienen con las manos mojadas dos cilindros gruesos metálicos que comuiquén mecánicamente con las placas polares: puede tambien formarse una cadena de personas y sentir todas al mismo tiempo la conmocion; pero el efecto disminuye rápidamente con el número de personas que forman el circuito. Este fenómeno es el mismo que el de la famosa botella de Leyden que en 1746 tanta admiracion causó en toda Europa; pero la botella solo servia una vez, lo cual no sucede con la pila, pues cuantas veces se tocan los dos polos otras tantas se experimenta la conmocion, de modo que es bajo este aspecto una botella de Leyden que en el instante que se descarga se vuelve á cargar por si misma.

Si el hilo que sale del polo positivo va á apoyarse en el extremo de la lengua, y el otro hilo va á otro punto, se siente un sabor ácido, y para sentir uno alcalino bastará cambiar de sitio los hilos.

Si aplicamos uno de los hilos sobre la frente, sobre el cuello, la nariz, la barba, y aun la garganta, en el momento que tomamos en la mano el otro hilo, y tenemos los ojos cerrados percibimos un relámpago, cuya forma y brillo varian segun la parte de cara que el flúido viene á tocar.

La portentosa influencia de la pila no se limita á los órganos sanos, sino que parece que reanima aquellos en que ya faltó la vida: aplicados los dos hilos á los músculos de la cabeza hace esta tales movimientos que causan espanto; otras veces se agitan las manos, pegan contra todo lo que encuentran, y levantan pesos de algunas libras; los músculos del pecho adquieren los movimientos respiratorios; en fin, la vida parece que renace, y que el cadáver se anima y amenaza al que así le atormenta. Pero estas violentas convulsiones cesan con la corriente, y todo vuelve á caer en la inercia de la muerte.

Se ha tratado de aplicar el galvanismo á la curacion de algunas enfermedades, tales como la gota, parálisis, reumatismo, etc, habiéndose obtenido no pocas veces resultados satisfactorios, si bien de corta duracion! Sin embargo, Marianini asegura haber curado algunos paralíticos, empleando descargas sucesivas en vez de una corriente continua, graduando la

intensidad y prolongando el efecto por algunos días y semanas.

En una serie de experimentos, hechos por Pouillet y otros sabios sobre la irritabilidad producida por las corrientes eléctricas, notaron que los animales asfixiados vuelven inmediatamente á la vida cuando se los coloca entre los dos polos de la pila. Los experimentos se hicieron con conejos asfixiados hacia media hora.

523. Si dejamos á un lado los efectos fisiológicos de la pila y la miramos como una máquina eléctrica, en este caso se abre un campo inmenso de investigaciones. En efecto, cada hilo de la pila, considerado aisladamente, tiene la temperatura del ambiente; pero en el momento que se tocan los dos polos adquieren los hilos un calor intenso; de modo que si son bastante delgados se ponen candentes, si son mas finos todavia se funden, aun cuando sean de platino.

Davy ha observado que si se hacen comunicar los dos polos de una pila de gran potencia con dos conos pequeños de carbon calcinado y apagado en mercurio, y colocados á corta distancia uno de otro, la continuidad de la descarga forma entre las dos puntas una corriente de luz continua, cuyo brillo es superior al de las demás luces, y cuya temperatura es tan elevada que el diamante y la plumbagina se volatilizan. Los conos de luz pueden separarse hasta la distancia de cuatro pulgadas sin que se interrumpa la corriente luminosa.

Si el experimento se hace en el vacio, la luz es mucho mas intensa, y puede durar muchas horas sin que el carbon disminuya de peso. Los conos de carbon deben disponerse de modo que toquen á los conductores por una gran superficie, y que estén sus estremidades muy juntas. La luz que se produce verifica la combinacion del cloro y del hidrógeno, y obra sobre el cloruro de plata como la luz solar.

Los efectos caloríficos de las corrientes parecen provenir de la resistencia que experimenta la electricidad para transmitirse de un cuerpo á otro, ó de una molécula á la siguiente, y puede suponerse que la electricidad detenida es la que produce el desarrollo de calor. En efecto, si se reunen los dos polos de una pila por una cadena compuesta de varios hilos del mismo diámetro y longitud, pero de naturaleza diferente, se observa siempre que los menos conductores son los que se calientan mas. Si los hilos metálicos son de la misma naturaleza, pero están soldados por sus extremos, se observa tam-

bien una elevacion mayor de temperatura en las soldaduras ó puntos de union, lo cual confirma la esplicacion anterior.

La *incandescencia de los hilos metálicos* depende menos de la tension de los polos que de la cantidad de fluido que dejan circular en un tiempo dado, ó lo que es lo mismo, depende menos del número de pares que de su estension. Asi, pues, un solo par de Wollaston, que no produce la menor conmocion, es suficiente para enrojecer y fundir los hilos metálicos.

324. El primer efecto químico obtenido por la corriente galvánica es la *descomposicion del agua*, la cual se consigue poniendo en comunicacion los dos polos de la pila con dos hilos de platino que atraviesan por el fondo de un vaso (*fig. 161*) en el que se coloca agua acidulada. Estos dos alambres de platino se elevan dentro del vaso á una altura próximamente de pulgada y media, y sobre ellos se colocan dos campanitas de cristal, llenas del liquido conductor. Inmediatamente que la pila se pone en actividad empiezan á desprenderse los dos elementos que entran en la composicion del agua, dirigiéndose el oxígeno á la campana, que está colocada sobre el polo positivo, en tanto que el hidrógeno pasa á la campana que cubre el hilo de platino que comunica con el polo negativo.

Los óxidos metálicos sometidos á la accion de este notable aparato experimentan tambien una descomposicion análoga; y siendo el oxígeno el elemento mas electro-negativo, se dirige, como en el caso anterior, al polo positivo, y el radical al polo negativo. Una descomposicion semejante experimentan los ácidos y las sales, separándose los elementos que las componen.

325. No todas las pilas son igualmente á propósito para producir los efectos fisiológicos, físicos y químicos de que nos hemos ocupado; las descritas hasta aquí tienen el inconveniente de no producir una corriente constante, y por consecuencia su energia se debilita notablemente al cabo de algun tiempo. En efecto, cuando se sumerge en una misma disolucion de ácido sulfúrico una lámina de zinc y otra de cobre, la corriente eléctrica es muy enérgica, porque haciendo abstraccion de la electricidad desarrollada en el contacto, la accion química es muy fuerte en el zinc y nula en el cobre. Sin embargo, esta corriente eléctrica disminuye rápidamente de energia, y concluye por ser insensible ó casi nula, porque pasando el zinc al estado de sulfato, la corriente eléctrica descompone el agua y

la sal formada: el oxígeno y el ácido sulfúrico, como electros negativos, se dirigen al polo positivo, en tanto que el hidrógeno y el óxido de zinc pasan reunidos al polo negativo; pero estando el primero en su estado naciente se apodera del oxígeno del óxido, dando por resultado zinc metálico que se deposita sobre la lámina de cobre. De aquí resulta una disminución progresiva en la intensidad de la corriente, puesto que el líquido se encuentra colocado entre dos capas de zinc, cuyos efectos eléctricos dirigidos en sentidos contrarios tienden á destruirse.

Se ha conseguido evitar estos inconvenientes empleando dos disoluciones diferentes, separadas por un diafragma poroso, y en las cuales se sumerge el metal destinado á transmitir solamente ó á engendrar y transmitir á la vez la corriente. Entonces uno de los metales es solamente el activo, mientras el otro, no experimentando acción química, sirve únicamente de conductor. Finalmente los líquidos deben ser tales que la corriente que resulta de su acción mútua al través del diafragma se verifique en el mismo sentido que la que engendra el metal atacado, y se una á ella.

326. En este principio están fundadas las pilas de Daniell, de Grove y de Bunsen. Consiste la primera en un cilindro de cobre *abcd* (fig. 462), en el cual está colocado otro cilindro menor *ef* de arcilla porosa; sobre la parte superior del cilindro de cobre descansa otro agujereado *ik*, al través del cual pasa el de arcilla: *lm* es un cilindro de zinc amalgamado que se apoya sobre el fondo del cilindro interior. Se echa en el cilindro de arcilla agua acidulada con $\frac{1}{8}$ de su volumen de ácido sulfúrico. El espacio comprendido entre el tubo de arcilla y el cilindro de cobre se llena también con agua acidulada sobresaturada de sulfato de cobre; y por último se colocan en el cilindro de cobre agujereado unos pedazos de sulfato de cobre para reemplazar al que se descompone por la corriente.

Tan luego como se establece la comunicación, el sulfato de cobre y el agua se descomponen, el ácido sulfúrico se dirige al zinc y concurre á producir la corriente eléctrica; en tanto que el hidrógeno del agua descompuesta reduce el óxido de cobre del sulfato, de cuya acción resulta cobre metálico que se deposita en el cilindro de este metal.

La corriente eléctrica proviene, pues, de tres acciones

diferentes; primero, de la acción mútua de las dos disoluciones por el intermedio del cilindro de arcilla; segundo, de la acción del agua acidulada sobre el zinc; y tercero, de la acción del ácido sulfúrico del sulfato sobre este último metal.

Se da la preferencia al zinc amalgamado; primero, porque para una misma cantidad de metal que se consume ó gasta produce una corriente mas energética; segundo, porque suministra una cantidad constante de electricidad por la oxidación de una misma porción de metal; tercero, porque no experimenta acción ninguna por su contacto con el agua acidulada, en tanto que no se estableció la comunicacion entre los electrodos.

En estas pilas suele reemplazarse el cilindro de arcilla por saquillos de lona que producen los mismos efectos que el primero.

527. En las pilas de Grove el metal sin actividad es el platino en vez del cobre; el diafragma es un cilindro de arcilla tapado por debajo, y en cuya parte interior se coloca el zinc amalgamado sumergido en una disolución de sal comun, y en la exterior el platino sumergido en ácido nítrico concentrado. Esta pila es sumamente energética, pues que con seis ú ocho pares se producen efectos notables de incandescencia y descomposicion.

528. Por último, Bunsen ha sustituido á los cilindros de platino cilindros huecos de carton, obtenidos por la calcinación en moldes de palastro, de una parte de coke y dos de carbon de piedra finamente pulverizados. Los efectos de esta pila son tan energicos como la de Grove, teniendo además la ventaja de ser mucho mas barata. La disposicion de cada elemento es la representada en la (fig. 163). VV vaso de vidrio; CC cilindro de carbon sostenido por un cuello guarnecido de un círculo de cobre y de una grapa del mismo metal; VV' vaso de porcelana poroso; ZZ cilindro de zinc amalgamado, al cual está soldada una lámina de cobre. Para montar esta pila se vierte alrededor del carbon ácido nítrico del comercio hasta la altura del cuello próximamente, y en el diafragma agua acidulada con $\frac{1}{10}$ de ácido sulfúrico. Si queremos reunir dos ó mas pares se consigue poniendo en contacto el carbon del uno con el zinc del otro, y así sucesivamente.

Aun cuando los efectos producidos por estas pilas son los mismos que hemos obtenido con las anteriormente des-

oritas, sin embargo, difieren notablemente por su energía, puesto que hemos visto que para descomponer el agua con la pila de Volta ha sido necesario emplear un gran número de elementos, y en tanto que bastan dos ó tres pares de las de Bunsen para producir un efecto igual.

Estas mismas pilas de corriente constante son las que se emplean en el día con tanta ventaja en las operaciones de galvanoplástica, de las que nos ocuparemos en las lecciones elementales de química.

LECCION LXXXIV.

Accion de las corrientes sobre los imanes y vice versa. — Electro-magnetismo. — Galvanómetro.

329. Las corrientes eléctricas en presencia de un iman determinan una accion directriz sobre el mismo, que puede ó no servir para fijarle en una nueva posicion. La observacion y la esperiencia dan que las corrientes tienden á dirigir y fijar los imanes en una posicion que forme un ángulo de 90° con la direccion rectilínea que á la corriente suponemos; de donde resulta que si la direccion del hilo metálico que la corriente atraviesa es perpendicular al meridiano magnético, la aguja no se moverá de su posicion, y antes bien se fijará si es posible mas en ella, toda vez que se encuentra en la posicion en que la corriente tiende á fijarla: de forma que una corriente así dispuesta debè producir el efecto de hacer muy dificiles las variaciones horarias y accidentales de la aguja, puesto que además de la accion directriz de la tierra se halla solicitada á permanecer fija por la accion de la fuerza que la corriente desenvuelve.

De lo que acabamos de esponer resulta, y la esperiencia lo confirma, que para que las corrientes produzcan el máximo efecto es indispensable que sean paralelas á los imanes sobre los que se pretenda hacerlas actuar; en cuyo caso, hallándose estos en la posicion mas distante de aquella en que la fuerza eléctrica tiende á fijarlos, por necesidad ha de ser mas enérgico el impulso que los comunique. Efectivamente, la aguja magnetizada sufre un desvío cuando en su inmediacion se coloca un hilo metálico, paralelo á su direccion, y que comunique con las pilas ya esplicadas; y la separacion que una

misma aguja adquiera colocada en circunstancias iguales, no podrá servir para apreciar la energía de la corriente en cuya presencia se halla, así como una misma corriente en presencia de agujas diferentes puede servirnos para apreciar el magnetismo más ó menos considerable que posean.

330. Como la acción directriz de la tierra es una fuerza que, en el caso del paralelismo considerado, se opone á la que la corriente imprime sobre la aguja, parece muy conveniente que esta sea *astática*, ó lo que es lo mismo, que la acción de la tierra se encuentre neutralizada; en cuyo caso, quedando, por decirlo así, solamente la fuerza de la corriente, es indudable que producirá todo su efecto, y podrá servirnos para apreciar la intensidad de esta fuerza misma. La aguja astática que resulta de colocar la de inclinación en un plano perpendicular al del meridiano magnético de nada puede servirnos en el caso presente; lo uno por la disposición particular del aparato, y lo otro porque si empleamos una aguja verdaderamente astática, todas las corrientes, sean débiles ó enérgicas, la obligarán á describir un cuadrante, y por lo tanto no habrá comparación ni medida posible; así que la disposición que á las agujas corresponde, para llenar debidamente las condiciones necesarias, es la de dos agujas fijas en un mismo eje y con los polos opuestos, por cuyo medio se obtiene una neutralización suficiente de la acción de la tierra, que permite juzgar con acierto y comparar con exactitud las desviaciones buscadas. En estas agujas, que llamaremos *semi-astáticas*, la acción directriz de la tierra no se halla neutralizada enteramente, pero sí debilitada hasta el punto que necesitamos.

Para que los imanes puedan actuar sobre las corrientes es necesario que estas tengan una gran movilidad, y para conseguirlo se disponen los hilos conductores de modo que se apoyen en pequeños vasos de hierro llenos de mercurio, á los cuales se hacen llegar los alambres que comunican inmediatamente con la pila; mediante esta disposición la corriente llega libremente á los aparatos, y estos, gozando de cuanta movilidad es posible, se encuentran en las circunstancias más favorables para ser dirigidos por la acción del globo, por la de los imanes, ó por la de otras corrientes dispuestas convenientemente.

331. El aparato más sencillo para darse cuenta de estos

fenómenos es el flotador de M. de la Rive; se compone de una plancha de cobre C (fig. 164) y otra de zinc Z fijadas sobre otra de corcho AB, y unidas por su parte superior con un hilo metálico D: se le coloca en agua acidulada, y la corriente se establece instantáneamente en el sentido que las flechas indican; esto es, del cobre al zinc. La acción del globo imprime una dirección dada á esta corriente, haciéndola girar, y dirigiendo siempre al este la rama en que la corriente desciende: y si en este estado se presenta una barra imantada en una dirección perpendicular al plano del flotador, este se aleja si las corrientes van en sentidos contrarios, y se aproxima cuando van en un mismo sentido; en este caso llega hasta el medio del iman, en cuya posición se fija después de oscilar algun tiempo.

La acción de las corrientes sobre los imanes, y la de estos sobre aquellas, es lo que constituye la parte de la ciencia, conocida con el nombre de *electro-magnetismo*.

352. Habiendo dado á conocer el partido que puede sacarse de la acción de las corrientes sobre los imanes para medir la energía de aquellas, nos falta describir el aparato que se emplea con este motivo, y que se conoce con el nombre de *galvanómetro ó multiplicador*. Se compone de una aguja semi-astática (fig. 165) con los polos opuestos como indica la figura: la aguja inferior va dentro de un bastidor de madera, al cual va arrollado un hilo de cobre recubierto de seda, haciendo un gran número de revoluciones y dejando libres las dos estremidades A y B, las cuales se han de poner en comunicación con la pila que ha de desenvolver la corriente. Sobre este bastidor y debajo de la aguja superior va colocada una circunferencia dividida para poder apreciar la desviación correspondiente. Si se hace comunicar la estremidad A con una plancha de zinc, y la estremidad B con una de cobre, y estas se ponen en contacto interponiendo un papel impregnado en agua acidulada, la desviación de la aguja es rápida é instantánea, fijándose en los 90° después de algunas oscilaciones.

Este medio es el que se emplea para medir la electricidad, el cual da la intensidad y el signo de la misma; de forma que haciendo que una de las estremidades del hilo comunique con una larga barra metálica terminada en punta y la otra con el depósito común, será fácil conocer la electricidad

atmosférica, por corta que la supongamos, dándonos los máximos y mínimos y las alteraciones accidentales que sobre este agente se produzcan.

La sensibilidad del aparato se explica perfectamente al ver que el gran número de revoluciones del hilo no representa otra cosa que un número igual de corrientes paralelas, iguales y en un mismo sentido; de donde resulta que por pequeña que la acción sea, se consigue multiplicarla de modo que produzca efecto.

LECCION LXXXV.

Accion de las corrientes unas sobre otras.—Corrientes por induccion.

333. En la lección anterior hemos indicado, á propósito de los flotadores de M. de la Rive, que las corrientes ejercian accion unas sobre otras; y además hemos dado idea del modo de construir los aparatos correspondientes; de manera que la movilidad fuese tanta como para este caso necesitamos.

Las corrientes resultan de los movimientos vibratorios que la electricidad produce en la masa del cuerpo sobre que actúa: si la seccion del cuerpo presenta suficiente resistencia para sufrir las vibraciones sin que la agitacion produzca desintegracion del mismo, ó si la intensidad del fluido no produce acciones capaces de verificarlo, en este caso el cuerpo no presenta alteracion alguna, ó como se dice, permite el libre paso á la electricidad; pero si la energia del fluido ha de producir un estremecimiento superior al que la seccion del cuerpo puede resistir, entonces la temperatura de este se eleva, y aun puede volatilizarse con desprendimiento de calor y luz. Todo esto no solamente sirve para poner en contacto á la electricidad con el calor y con la luz, y conducirnos á la esplicacion de todos los fenómenos por la accion de un solo y único agente imponderable, sino que, citándonos á las corrientes, nos dice que las partes contiguas del hilo que nos sirve para dirigir las se hallan en un estado continuo de repulsion.

Las corrientes se atraen cuando son paralelas y van en un mismo sentido, y se repelen si conservando el paralelismo las direcciones son contrarias; resultado que no sorprende por la coincidencia de la direccion de las vibraciones en el primer

caso, y la oposicion de las mismas en el segundo. En el caso de formar ángulo el efecto es el mismo, puesto que las paralelas pueden considerarse como formando un ángulo cuyo vértice se halle en el infinito; así cuando las corrientes se acerquen ó se alejen ambas del vértice (*fig. 166*) habrá atraccion, y cuando una se acerque y otra se separe (*fig. 167*) habrá repulsion.

334. En la electricidad y en el magnetismo hemos visto que flúidos de distinta denominacion se atraian, y los de un mismo nombre se rechazaban: y como las corrientes que van en una misma direccion se atraen y las que van en direcciones contrarias se repelen, de aquí han tomado origen para decir que los fenómenos eléctricos en las corrientes son contrarios de los producidos por la electricidad ordinaria; pero semejante proposicion no puede sostenerse, ya porque no hay fenómeno eléctrico, sea del género que quiera, que no sea producido del mismo modo que los de los demás flúidos imponderables por vibraciones ó corrientes, ya porque direcciones opuestas no es ni puede ser lo mismo que flúidos opuestos ó de diferente denominacion.

Si tenemos dos corrientes que se crucen (*fig. 168*), formarán los cuatro ángulos A, B, C y D; en los cuales habrá atraccion en los dos A y B opuestos al vértice, y repulsion en los C y D. En el ángulo A habrá atraccion por ir ambas corrientes aproximándose al vértice, y en el B se verificará igual accion por ir las dos alejándose del mismo; y en los C y D habrá repulsion por alejarse del vértice una de las corrientes y acercarse otra. Conspirando á un mismo fin ambas corrientes girarán hasta situarse paralelamente y en un mismo sentido, en cuyo caso habrá atraccion; por lo cual suele decirse que las corrientes que se cruzan verifican siempre su atraccion.

Pueden disponerse corrientes que produzcan toda clase de movimientos, incluso el de rotacion, y que obedezcan, como ya sabemos, á la accion de otras corrientes y á la de los imanes. Para la esplicacion de estas acciones no hay nada nuevo que establecer; pero nos llevaria demasiado lejos la esposicion de los medios que deben emplearse para conseguirlo.

335. *Corrientes por induccion* se llaman las que se desenvuelven de un modo transitorio por la influencia de otras corrientes ó de los imanes. Si arrrollamos (*fig. 169*) sobre un cilindro hueco de madera dos hilos de cobre AA', BB' recu-

biertos de seda, y hacemos comunicar el BB' con un galvanómetro, y el AA' con los polos de una pila, la corriente se establece en BB' en el momento que se desenvuelve en el hilo AA'; la aguja del galvanómetro se agita y oscila en el instante en que se ponen las estremidades AA' en comunicacion con la pila, pero pronto cesa de oscilar y recobra su posición primitiva, en la cual permanece durante el período en que la comunicacion con la pila se halla establecida; pero se agita y oscila de nuevo en sentido contrario del anterior en el momento en que la comunicacion cesa ó se interrumpe.

Vemos que es posible producir corrientes en un hilo sin que esté en comunicacion inmediata con un origen de electricidad; estas corrientes es verdad que duran un solo instante aquél en que la accion empieza y aquél en que concluye, y que son de signos contrarios en cada uno de estos casos; pero todavía puede sacarse partido de ellas haciendo que se establezcan y se interrumpan con gran rapidez.

La desviacion que sufre la aguja del galvanómetro en el experimento anterior no es, generalmente hablando, muy considerable; pero se consigue que sea muy enérgica introduciendo un cilindro de hierro dulce en lo interior del de madera, cuyo efecto es debido á las corrientes que en el hierro se desenvuelven.

Si tomamos un cilindro de madera igual al que nos ha servido para el anterior experimento, y le arrollamos un solo hilo de cobre recubierto de seda, el cual dispondremos que comunique con un galvanómetro, y en este estado introducimos una barra magnetizada en lo interior del cilindro, la corriente se desenvuelve en el momento de introducir el polo del iman, cesa en seguida y aparece en sentido contrario en el momento en que se le retira.

Todo esto no solo nos confirma en la existencia de las corrientes por induccion, sino en la identidad de la electricidad y el magnetismo.

LECCION LXXXVI.

Electro-dinámica.—Su importancia, y aplicaciones mas notables.—Explicacion del magnetismo por medio de las corrientes eléctricas.

336. La *electricidad dinámica* consiste en el movimiento que, sea por medio de este agente, sea por medio del magnetismo, es posible hacer que adquieran diferentes cuerpos; de lo cual ninguna duda puede quedarnos despues de lo que dejamos explicado respecto de las corrientes y de los imanes. La accion que ejercen las corrientes unas sobre otras, y los diferentes medios de desenvolverlas, sea por la electricidad propiamente dicha, sea por el magnetismo, nos proporcionan un motor precioso que pudiera servirnos en todos los casos y circunstancias; pero que, siendo aun demasiado débil para determinar el movimiento en masas considerables, no nos permite emplearle todavía en grande escala.

Sin embargo de su limitada energía se han hecho ensayos con muy buen éxito, que dan lugar á esperar que quizá un dia pueda reemplazar con ventaja á los aparatos de vapor. Esta fuerza, aun cuando no ha llegado todavía á desenvolver toda la energía de que sin duda es capaz, no permanece ociosa y sin aplicaciones, entre las que figura en primer lugar la que se emplea en los *telégrafos eléctricos*. Estos aparatos se componen de dos, uno en la estacion de partida y otro en la de término: en la primera va un electro-iman vigoroso que pueda desarrollar la corriente que se transmite á la otra estacion por medio de un hilo metálico, sostenido por anillos de porcelana, ó por algun otro medio semejante; y en la estacion de término va colocado el aparato que debe moverse por la accion de la corriente desenvuelta, y producir las señales convenidas, que pueden ser cualesquiera, pero que en lo general son las letras del alfabeto que van siendo marcadas sucesivamente por la produccion y por la suspension progresiva de la corriente. Para esto vemos que serán muy útiles las corrientes por induccion ya explicadas, por la intermitencia con que se presentan; pero esto no obsta para que pueda emplearse un origen cualquiera de electricidad.

Estos telégrafos no interrumpen sus señales por el estado

de la atmósfera, y no necesitan estaciones intermedias, por lo que son en general preferibles á los comunes.

537. Llegados á esta altura, y habiendo visto el efecto que el hierro dulce produce para aumentar la accion de las corrientes, y el que producen los imanes para dar lugar á las mismas, nos falta esponer una teoria que ligue los fenómenos de que tratamos, ó lo que es lo mismo, que establezca la identidad entre la electricidad y el magnetismo. Para esto debemos admitir en el globo una corriente eléctrica, dirigida de este á oeste, y acumulada principalmente sobre el ecuador. Esta corriente, aunque acumulada del modo que va dicho, rodea la tierra en el sentido de los paralelos, de modo que parece dirigirse de un polo á otro, rodeando al globo con una corriente única; pero que produce el efecto de una infinidad de ellas, sumamente próximas, paralelas, y describiendo sensiblemente circunferencias, cuyos planos son perpendiculares al eje.

Nada hay de violento ni estraño en admitir estas corrientes, puesto que todo fenómeno eléctrico se desenvuelve por este medio; y la electricidad del globo no puede ponerse en duda, atendidas las infinitas acciones que se producen y renuevan en el mismo, ya se consideren mecánicamente, ya respecto de las variaciones de temperatura, de las acciones químicas, etc. Y se concibe sin dificultad que estas acciones y las corrientes, que son su consecuencia, no sean constantes, así como no lo son las que dan lugar á ellas; y por consiguiente que estas variaciones determinen otras en los cuerpos ó aparatos sobre que actúan.

Hemos visto que las corrientes tienden siempre á dirigir la aguja magnética á una posicion perpendicular á la suya; y en el galvanómetro hemos podido observar que todas las corrientes sensiblemente paralelas, producidas por un solo hilo rodeado al bastidor, conspiraban al mismo fin y fijaban la aguja en la posicion establecida. En la tierra, que podemos semejar á un gran galvanómetro, se verifica esactamente lo mismo; así que la direccion de la aguja es perpendicular á las corrientes que rodean el globo. A la verdad, todas las partes de la gran corriente circular actúan sobre la aguja; pero las superiores, hallándose incomparablemente mas próximas que las inferiores, actúan con una energia mas considerable, y son las que determinan el efecto producido. Esto

nos explica también la dirección de los flotadores electro-dinámicos, y la imantación del hierro por la sola acción del globo.

358. Los fenómenos que presentan los imanes son por consiguiente debidos á la existencia de corrientes eléctricas en los mismos, dirigidas perpendicularmente al eje, y en el sentido de este á oeste en la parte inferior del iman, y de oeste á este en la parte superior; de forma que la acción de las corrientes unas sobre otras viene á explicar la acción de las corrientes sobre los imanes, y la de estos sobre aquellas, así como la que se ejerce por los imanes unos con otros ó respecto del globo. La corriente única que rodea al iman se puede considerar como una reunión de pequeñas corrientes paralelas é infinitamente próximas, del modo que hemos espuesto al hablar de las del globo, y recordando como entonces la disposición del galvanómetro. En los cuerpos simplemente magnéticos, y aun en todos los demás, por lo que hemos visto en el lugar oportuno, las corrientes, que podemos admitir que rodean á cada molécula, van en toda suerte de direcciones, y lo que se verifica con lo que llamamos imantación es disponerlas paralelamente de modo que la polaridad aparezca, ó que las vibraciones que se verifiquen sean todas dirigidas respectivamente en el sentido que necesitamos.

La acción que sabemos ejercen todos los cuerpos sobre los imanes, y vice versa, se explica por las corrientes que se determinan siempre por la acción recíproca de estos cuerpos; corrientes que son mas persistentes en unos cuerpos que en otros, debido sin duda á la diferente estructura y afinidad química de los cuerpos simples que entran en su formación, y á las modificaciones que tanto en esta propiedad como en las demás acciones moleculares ejerce la temperatura y todas las otras causas que pueden alterar el arreglo y colocación de los átomos de la materia.

LECCION LXXXVII.

Corrientes termo-eléctricas.—Descripción del termo-multiplificador de Melloni.

339. Sabemos ya que el calor es capaz de producir fenómenos eléctricos; pero no hemos espuesto aun el modo de producir corrientes eléctricas debidas á esta causa, ó lo que es lo mismo, la manera de sacar partido de esta propiedad.

Siempre que se sueldan dos hilos de metales diferentes de modo que formen un circuito cerrado, la corriente eléctrica se produce siempre que las dos soldaduras se encuentren en temperaturas diferentes; siendo tanto mas enérgica cuanto mayor sea la diferencia que la produce, y cesando de todo punto cuando las temperaturas son iguales. La accion que se ejerce sobre la aguja del galvanómetro es sumamente sensible, aun para diferencias de temperatura, que seria imposible sospechar siquiera empleando otro procedimiento. De aqui se deduce ya la posibilidad y aun conveniencia de aplicar este procedimiento á la medida de pequeñas variaciones de temperatura, imposibles de apreciar por los medios ordinarios.

Si en vez de ser dos hilos de metales diferentes se empleasen ambos de un mismo metal, la corriente aun se estableceria; pero seria necesario una gran diferencia entre las temperaturas de las soldaduras para producir una corta desviacion sobre la aguja: lo cual nos está brindando á hacer aplicacion á la medida de altas temperaturas, es decir, á emplear este procedimiento como medio *pirométrico*, si no se opusiese en un gran número de casos la inevitable desaparicion de la soldadura y aun del hilo sometido á una temperatura suficientemente elevada.

Se han construido *pilas termo-eléctricas*, compuestas de barras de antimonio y bismuto, soldadas por sus estremidades, de modo que cada una de las del primer metal se hallase entre dos del segundo, y reciprocamente: en este estado se calentaban las soldaduras pares por medio de lámparas de alcohol, y las impares se mantenian á una temperatura constante y baja, sumergiendo unos apéndices que las barras llevaban en vasos llenos de hielo machacado. En esta disposicion la corriente se establece y los hilos conductores que salen de

las estremidades del aparato la conducen sobre los cuerpos en que necesitamos hacerla actuar.

Siendo este procedimiento poco cómodo, y tambien poco á propósito para destinarle á las aplicaciones necesarias, se ha ideado otra disposicion de la pila, que es la que en el dia usamos. Se compone tambien de barras de bismuto y de antimonio soldadas al tope por sus estremidades (*fig. 170*), de modo que la barra de bismuto B se encorva y se halla soldada con la siguiente de antimonio, y esta con la que sigue de bismuto, y así continuando; por cuyo medio se consigue que la pila presente una forma prismática, quedando las soldaduras impares en una de las caras y las pares en la opuesta; se introduce en una caja prismática con dos tapaderas en los frentes en que quedan situadas las soldaduras, y los hilos, que saliendo de los polos de la pila han de dirigir la corriente, se unen á un galvanómetro que nos servirá para medirla.

340. El aparato de Melloni descripto en la teoría del calor está reducido á una pila termo-eléctrica, dispuesta del modo que va referido, unida á su correspondiente galvanómetro que sirve de indicador. El calor que producen los diferentes orígenes del mismo que se colocan en el aparato, y el que transmiten los diferentes cuerpos interpuestos en virtud de la diatermancia de que están dotados, actúa sobre la cara de la pila en que se hallan las soldaduras impares; y como la temperatura en este caso no puede ser la misma en estas que en las pares que se hallan al lado opuesto, la corriente se establece instantáneamente, y la aguja del galvanómetro gira para colocarse en una nueva posicion.

Las desviaciones que sufre la aguja son proporcionales con las cantidades de calor, con tal que aquellas no excedan de 20° y para no tener necesidad de introducir correcciones ó de formar tablas para los casos en que las desviaciones fuesen mas considerables, se aleja el origen de calor lo suficiente para que el desvio no exceda de los 20° citados.

Terminado cada experimento, es indispensable que la aguja vuelva al cero, para lo cual se necesita suprimir por medio de una pantalla la accion calorifica que el foco ejerce sobre la pila, ó calentar ligeramente la cara opuesta.

LECCION LXXXVIII.

Medios de producir magnetismo por medio de la electricidad, y recíprocamente producir electricidad por medio del magnetismo.

341. Las corrientes eléctricas pueden comunicar el magnetismo al hierro y al acero presentándose la imantación como la ordinaria, esto es, no permaneciendo en el hierro mas que durante el periodo que la corriente actúa, y desenvolviendo en el acero una acción permanente. Habiendo observado que las agujas de acero se magnetizaban con mas energía colocándolas perpendicularmente á la dirección de la corriente, se ha ideado el empleo de un largo hilo metálico recubierto de seda, el cual se le rodea en helice á un cilindro de vidrio, en el que se pone como eje la aguja que se trata de magnetizar. El efecto, como ya hemos explicado con otro motivo, es el mismo que si tuviésemos un sistema de corrientes circulares paralelas por cuyos centros pasa la aguja. El magnetismo producido por este medio no difiere en nada del obtenido por los procedimientos explicados en otro lugar; así que, rodeando el hilo á una barra de hierro dulce, se consigue un iman vigoroso que puede sostener grandes pesos; pero cuya energía desaparece totalmente en cuanto la corriente deja de actuar.

Un hilo de cobre recubierto de seda que se contornee en helice haciendo que el cabo que la termine se dirija por lo interior de la misma formando su eje, constituye lo que llamamos un *solenoides*; el cual, si se le coloca de modo que goce una gran movilidad, adquiere propiedades notables en cuanto la corriente eléctrica le atraviesa. Se dirige como un iman al plano del meridiano magnético, y si de él se le separa vuelve á su posición haciendo una serie de oscilaciones. Se dirige como los imanes por la acción de una corriente cualquiera que se le presente, tendiendo á colocarse en una posición perpendicular á la misma. Los solenoides, lo mismo que los imanes, se atraen ó se repelen segun que se ponen en presencia uno de otro los polos de diferente ó del mismo nombre. Finalmente estos aparatos actúan como un iman en todos los casos, verificándose las atracciones, repulsiones y demás entre un iman y un solenoides lo mismo que entre dos imanes cualesquiera.

Determinados los medios de producir magnetismo por la accion de la electricidad, nos resta ahora examinar los medios de obtener electricidad empleando únicamente el magnetismo.

342. Si tomamos una barra de hierro dulce D (fig. 171), dispuesta en forma de herradura, la arrollamos un largo hilo de cobre cubierto de seda, rodeando con él una de las ramas para pasar á la otra, y quedando sueltas las estremidades A y B; y en presencia de esta herradura y sumamente próxima colocamos otra I de acero magnetizado, los polos N y S de esta determinarán la imantacion de la de hierro dulce y la aparicion de sus polos S' y N'. Haciendo girar al iman por medio de un piñon y una rueda dentada como representa la figura, el magnetismo del hierro desaparecerá cuando este y el iman se encuentren en planos perpendiculares, y aparecerá de nuevo cuando los planos vuelvan á coincidir, si bien en este caso, como el polo S del iman se hallará donde antes estaba el N, y al contrario, los del hierro se encontrarán tambien cambiados.

La corriente por induccion se establece siendo intermitente, como le corresponde segun sabemos, puesto que será nula en el caso explicado de serlo el magnetismo, y además cambiará de signo á cada semi-revolucion.

343. Siendo conveniente para este aparato que el iman sea de gran fuerza, y no siendo tan fácil el movimiento de rotacion en este caso, se ha discurrido por Clark una modificacion, que consiste en hacer que el iman quede fijo y el hierro con su hilo arrollado sea el que gire. Con esta disposicion es mas fácil obtener la electricidad que deseamos, y sacar partido de ella para cuantos esperimentos relativos á las corrientes nos convenga emplearla. Se produce la descomposicion de los cuerpos, que en otro lugar hemos explicado respecto de las pilas y corrientes hidro-eléctricas, se obtienen chispas lo mismo que en las otras, y conmociones sin disputa mas considerables. La intermitencia de las corrientes no es de ningun modo un obstáculo, pues que haciendo girar con rapidez al electro-iman se viene á conseguir una corriente continua; lo que parecia mas difícil de dominar era el cambio de signo, el cual producia necesariamente en la descomposicion de los cuerpos una mezela de sus factores en cada uno de los polos, y no la separacion que buscamos en cada uno de ellos; pero tambien esto se ha evitado por un mecanismo particular, que hace que el electro-iman se aproxime al iman en una semi-revolucion y

se separe en la siguiente, produciéndose del mismo modo en las revoluciones sucesivas. Por este medio se logra suprimir la corriente cuando ha de cambiar de signo, y la velocidad de la rotacion supe á la mayor intermitencia que necesariamente resulta, consiguiendo por este medio la separacion deseada de los elementos de los cuerpos compuestos que se someten á la accion de este aparato.

Llegados á este punto, no puede ya quedar género de duda respecto á la identidad de la electricidad y el magnetismo, y á la que llegará un dia que se establezca respecto de todos los flúidos imponderables; dia en que la ciencia habrá dado un paso inmenso por la sencillez con que sin duda se esplicarán sus fenómenos, y por el dilatado horizonte que entonces mas que ahora debe presentarse respecto al ensanche de sus teorías y aplicaciones.

FIN DE LA FISICA.

... de la ...
... de la ...
... de la ...
... de la ...
... de la ...

... de la ...
... de la ...
... de la ...
... de la ...
... de la ...

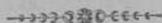
... de la ...
... de la ...
... de la ...
... de la ...
... de la ...

... de la ...
... de la ...
... de la ...
... de la ...
... de la ...

... de la ...
... de la ...
... de la ...
... de la ...
... de la ...

ELEMENTOS

DE QUIMICA.



ELIENZO

DE QUIMICA.

ELEMENTOS
DE QUIMICA.



NOCIONES PRELIMINARES.

LECCION I.

Definición.—Cuerpos simples y compuestos.—Número de los primeros.—Moléculas integrantes y constituyentes.—Enumeración y clasificación de los cuerpos simples.—Nomenclatura.

La química es la parte de las ciencias naturales, que tiene por objeto el estudio de los fenómenos que se verifican en el contacto de los cuerpos, y que producen una alteración ó cambio completo en la composición de estos.

Los cuerpos de la naturaleza, que como ya sabemos, se presentan bajo tres estados diferentes, se dividen en *simples* y *compuestos*. Se da el nombre de *cuerpos simples* á las sustancias, de las que no ha podido obtenerse hasta el día mas que una determinada clase de materia; el hierro, el oro y los demás metales se encuentran en este caso. Los *cuerpos compuestos*, por el contrario, pueden resolverse en muchas sustancias, que difieren entre sí por sus propiedades, y que á la vez son tambien diferentes de la sustancia primitiva; tales son, por ejemplo, el mármol, el nitro y la sal comun.

El número de los cuerpos simples era muy limitado en la antigüedad, así hubo época en la que solo se conocian como

tales el aire, el agua, la tierra y el fuego, cuya opinion emitida por Anaximandro, filósofo y astrónomo griego, y sostenida despues por Aristóteles, ha sido respetada hasta nuestros dias, en que solo la profesan los que no se han dedicado á las ciencias; y aun cuando es cierto que el número de los cuerpos elementales no puede fijarse hoy de una manera absoluta, sin embargo, en el estado actual de la ciencia se cuentan *sesenta y dos*, los cuales combinándose dos á dos, tres á tres, etc., dan origen á todos los cuerpos compuestos.

Los cuerpos simples están formados de una multitud de particillas homogéneas é invisibles, que se conocen con los nombres de *partículas, moléculas ó átomos integrantes*. Lo mismo sucede á los cuerpos compuestos, con la diferencia de que cada uno de los átomos de estos últimos contienen dos ó mas de naturaleza diferente, los cuales reciben el nombre de *átomos constituyentes*.

Estos átomos, que en la hipótesis mas admitida se consideran como indivisibles, no se penetran de modo alguno cuando entran en combinacion, debiendo considerar á esta como el resultado de una justa-posicion íntima entre ellos.

Ya hemos manifestado que en el estado actual de la quimica se conocen sesenta y dos cuerpos simples, sin contar entre ellos el *calórico* y la *electricidad*; pero aun cuando no consideremos á estos agentes inateriales como partes constituyentes de los cuerpos, debemos confesar, sin embargo, el importante papel que como causas activas ejercen en las acciones químicas, ora sea para determinar la combinacion de los cuerpos, ora para descomponerlos y reducirlos á sus factores elementales.

La siguiente tabla contiene en la primera y segunda columna los nombres españoles y latinos de los cuerpos simples, colocados de tal modo, que cada cuerpo es electro-negativo respecto á los que le siguen, y electro-positivo respecto á los que le preceden; las letras colocadas en la tercera columna representan los signos que se emplean con frecuencia para expresar los resultados de las operaciones químicas; y finalmente, los números comprendidos en la cuarta y quinta sirven para representar los equivalentes químicos y los pesos atomísticos, de cuya determinacion nos ocuparemos mas adelante.

NOMBRES		FORMULAS.	EQUIVALENTES.	PESOS
ESPAÑÓLES.	LATINOS.			ATOMÍSTICOS.
Oxígeno.....	Oxygenum	O	100	100
Fluor.....	Phluorum.....	F	235,434	117,717
Cloro.....	Clorum.....	Cl	443,028	221,064
Bromo.....	Bromum.....	Br	999,062	499,081
Iodo.....	Iodium.....	I	1585,992	792,996
Azufre.....	Sulphur.....	S	200, 75	200, 75
Selenio.....	Selenium.....	Se	493,285	493,285
Fósforo.....	Phosphorus... P	P	490, 00	200, 00
Nitrógeno.....	Nitrogenum.. N	N	173, 6	87, 53
Carbono.....	Carbonicum.. C	C	75, 12	75, 12
Boro.....	Borum.....	B	136,204	136,204
Silicio.....	Silicium.....	Si	277,778	277,778
Arsénico.....	Arsenicum.... As	As	938, 80	469, 40
Cromo.....	Chromium..... Cr	Cr	657, 74	328, 87
Vanadio.....	Vanadium.... V	V	856,892	856,892
Molibdeno.....	Molybdenum. Mo	Mo	596, 10	596, 10
Tungsteno.....	Wolframium. W	W	1188, 36	1188, 36
Antimonio.....	Stibium..... Sb	Sb	1612,903	806,452
Teluro.....	Tellurum..... Te	Te	801, 76	801, 76
Pelopio.....	Pelopium..... Pp	Pp	»	»
Ilmenio.....	Ilmenium..... Il	Il	»	»
Niobio.....	Niobium..... Nb	Nb	»	»
Tántalo.....	Tantalum..... Ta	Ta	1148,365	1148,365
Titano.....	Titanium..... Ti	Ti	301, 55	301, 55
Oro.....	Aurum..... Au	Au	2458, 33	1229,165
Hidrógeno.....	Hydrogenum.. H	H	12, 50	6, 25
Osmio.....	Osmium..... Os	Os	2485,248	1242,624
Rutenio.....	Ruthenium... Ru	Ru	»	»
Iridio.....	Iridium..... Ir	Ir	2464, 16	1232, 8
Platino.....	Platinum..... Pt	Pt	1232, 8	1232, 8
Rodio.....	Rhodium..... R	R	631,962	631,962
Paladio.....	Palladium.... Pd	Pd	665,447	665,447
Plata.....	Argentum..... Ag	Ag	1349, 66	1349, 66
Mercurio.....	Hidrargirum. Hg	Hg	1251, 29	1251, 29
Urano.....	Uranium..... U	U	742,875	742,875
Cobre.....	Cuprum..... Cu	Cu	395, 60	395, 60
Bismuto.....	Bismutum.... Bi	Bi	1330,377	1330,377
Estaño.....	Stannum..... Sn	Sn	735,294	735,294
Plomo.....	Plumbum.... Pb	Pb	1294,645	1294,645
Cadmio.....	Cadmium..... Cd	Cd	696,767	696,767
Zinc.....	Zincum..... Zn	Zn	406,591	406,591
Niquel.....	Nicolum..... Ni	Ni	369, 33	369, 33
Cobalto.....	Cobaltum..... Co	Co	368, 65	368, 65
Hierro.....	Ferrum..... Fe	Fe	350,527	350,527
Manganeso.....	Manganicum. Mn	Mn	344,684	344,684
Cerio.....	Cerium..... Ce	Ce	»	»
Lantano.....	Lanthanum... La	La	»	»
Didimio.....	Didymium.... D	D	»	»
Erbio.....	Erbium..... E	E	»	»
Terbio.....	Terbium..... Tr	Tr	»	»

NOMBRES			PESOS	
ESPAÑOLES.	LATÍNOS.	FORMULAS.	EQUIVALENTES.	ATOMÍSTICOS.
Torinio.....	Thorinium....	Th	743, 86	743, 86
Zirconio.....	Zirconium....	Zr	839, 436	419, 728
Itrio.....	Ittrium.....	Y	402, 514	402, 514
Glucinio.....	Glucium.....	G	174, 248	87, 124
Aluminio.....	Aluminium...	Al	341, 80	170, 90
Magnesio.....	Magnesium...	Mg	488, 14	188, 14
Calcio.....	Calcium.....	Ca	251, 651	251, 651
Estroncio.....	Strontium....	Sr	543, 929	543, 929
Báριο.....	Barium.....	Ba	855, 29	855, 29
Litio.....	Lithium.....	Li	81, 66	81, 66
Sódio.....	Natrium.....	Na	289, 729	289, 729
Potasío.....	Kalium.....	K	488, 836	488, 836

De los sesenta y dos cuerpos simples que hemos enumerado, el *fluor*, *nitrógeno*, *cloro*, *hidrógeno* y *oxígeno*, son *gaseosos* á la temperatura ordinaria; el *bromo* y el *mercurio* se presentan en el estado *líquido*, y los cincuenta y cinco restantes son *sólidos* á la temperatura habitual de nuestros climas.

Los cuerpos simples se dividen en dos grandes series: la primera comprende el oxígeno, hidrógeno, carbono, boro, silicio, fósforo, azufre, selenio, cloro, bromo, iodo, fluor y nitrógeno, cuyos caracteres son conducir mal el calor y la electricidad. Los cuerpos comprendidos en esta serie se conocen con el nombre de *metaloides*. En la segunda serie están colocados los *metales*, cuerpos dotados de brillo metálico, buenos conductores del calor y de la electricidad, generalmente opacos, y electro-positivos respecto á los metaloides. A pesar de la utilidad de esta division por lo mucho que facilita el estudio, conviene advertir, que estando basada en propiedades que no pertenecen esclusivamente á ninguno de los dos grupos, deja alguna incertidumbre respecto á la colocacion de ciertos cuerpos que pueden figurar con la misma razon entre los metales que entre los metaloides. Sirva de ejemplo el carbono que se presenta bajo aspectos tan diversos; unas veces carece de brillo metálico y conduce muy mal el calor y la electricidad, otras por el contrario, y muy particularmente en el estado de grafito, posee un brillo metálico bien manifiesto, y finalmente, el carbon vegetal calcinado es muy buen conductor del fluido eléctrico. Debe tambien observarse que las propiedades de conducir bien el calor y la electricidad, no

pertenecen en alto grado mas que á los metales, que por su fusibilidad ó por su ductilidad han podido obtenerse en cierto grado de agregacion, no participando de estos caractéres aquellos otros que hasta ahora no se han obtenido sino en un estado pulverulento. Resulta pues, como hemos manifestado en un principio, que los caractéres que han servido de fundamento para la division de los cuerpos en metaloides y metales son no pocas veces vagos é inciertos.

Esposicion de los principios en que se funda la nomenclatura.

La mayor parte de los cuerpos simples tienen en el dia nombres insignificativos, y por consecuencia independientes de toda regla; lo contrario sucede con los de los compuestos; los nombres de estos últimos deben ser tales que nos den á conocer, no solamente su naturaleza si que tambien, aunque en ciertos limites, la proporcion de los elementos que los constituyen.

Antes de entrar en los detalles de la nomenclatura de los cuerpos compuestos, vamos á esponer una ley general de las combinaciones que convendrá observar, y con la que está casi siempre conforme la nomenclatura actual.

En la formacion de los compuestos rara vez entran mas de cuatro cuerpos simples, pero cualquiera que sea el número de estos, parece generalmente cierto que los cuerpos elementales están unidos por dos fuerzas opuestas que se neutralizan. Los análisis que se verifican por medio de la pila de Volta nos dan una idea tan sencilla como elegante de este modo de considerar los compuestos. En efecto, los dos polos de una pila en actividad pueden representar estas dos fuerzas antagonistas: un cuerpo binario colocado en la esfera de actividad de esta pila se descompone, uno de sus elementos se dirige á un polo, y el otro al polo opuesto; pero si el cuerpo que se somete á la accion moderada de este aparato es ternario, se observa inmediatamente que á cada polo se dirige una combinacion binaria con propiedades opuestas; esta es pues la razon por la cual hemos manifestado que se puede considerar á los cuerpos compuestos como formados de dos simples ó de dos compuestos cuyas propiedades eléctricas son diferentes. En la nomenclatura de un compuesto constituye el nombre genérico el elemento electo-negativo ó que se dirige al polo

positivo, en tanto que el de la especie está constituido por el elemento electro-positivo.

COMBINACIONES BINARIAS DEL OXÍGENO. El número é importancia de las combinaciones del oxígeno, y la preponderancia hasta cierto punto perjudicial que dieron á este cuerpo los fundadores de la nomenclatura, nos obliga á empezar por la de sus combinaciones binarias.

Las combinaciones que forma el oxígeno con los demás cuerpos simples son *ácidas, básicas ó indiferentes*. Las primeras cuando son solubles tienen la propiedad de enrojecer las tinturas azules de los vegetales; las segundas, aun cuando no alteran el color de estas tinturas, las devuelven el que las es propio cuando han sido previamente enrojecidas por un ácido, cambian en rojo el color amarillo de la tintura de cúrcuma, y enverdecen el jarabe de violeta.

Estas propiedades no pueden servir mas que para caracterizar los ácidos y las bases solubles, en el caso contrario es indispensable recurrir, como ya hemos indicado anteriormente, á la manera como estos cuerpos se comportan cuando se someten á la acción de la pila voltaica.

Por último, existen tambien algunos cuerpos solubles que no participan de las propiedades que hemos asignado á los ácidos y á las bases, los cuales reciben el nombre de cuerpos *indiferentes ó neutros á los reactivos colorados*.

En la nomenclatura actual se llaman *óxidos* á las combinaciones básicas é indiferentes, y *oxácidos* ó simplemente *ácidos* á las combinaciones ácidas. Así, pues, cuando se quiere designar una combinación binaria y ácida del oxígeno se la dá desde luego el nombre genérico de ácido: el nombre específico se forma con el del cuerpo simple que se encuentra combinado con el oxígeno, dándole las terminaciones *ico* ú *oso*, ó anteponiendo al nombre específico la preposición *hipo*, cuando se quiere espresar las diferentes proporciones en que el oxígeno entra en la combinación.

Se ha convenido en que la terminación en *ico* indique mas oxígeno que la terminación en *oso*, y que la preposición *hipo* espresase siempre menor proporción de oxígeno que el nombre específico terminado en *ico* y *oso*.

Los compuestos de azufre y oxígeno pueden servir de ejemplo para aclarar la esplicación anterior; en efecto, tomando el nombre latino *sulfur* y añadiéndole la terminación

ico, formamos el de *ácido sulfúrico*, que sirve para indicar la combinacion mas oxigenada que el azufre puede producir. Si á la palabra *sulfúrico* la anteponemos la preposicion *hipo*, resulta el nombre de *hipo-sulfúrico*, que indica el oxácido de azufre mas oxigenado despues del anterior. Cambiando la terminacion *ico* por la de *oso* construimos el nombre *sulfuroso*, que aplicamos al oxácido que tiene mas oxígeno despues del que precede. Por último, anteponiendo á la palabra *sulfuroso* la preposicion *hipo* nos resultará el ácido *hipo-sulfuroso*, ó sea el oxácido de azufre menos oxigenado.

Aplicando la misma regla á las cuatro primeras combinaciones del cloro con el oxígeno resultan los nombres de ácido hipocloroso, cloroso, hipoclorico, y clórico, pero habiendose descubierto posteriormente otra combinacion que contiene mas oxígeno que este último, ha sido indispensable, para no alterar las reglas primitivas de la nomenclatura y evitar la confusion y los errores que semejante cambio produciria en la ciencia, dar al nuevo ácido el nombre de ácido *hiperclórico* ó simplemente el de *ácido perclórico*.

Cuando un cuerpo forma con el oxígeno una sola combinacion básica ó indiferente, se la designa con el nombre genérico de *óxido*, y despues con el del cuerpo que está unido al oxígeno; así, pues, se dice *óxido de aluminio* para indicar la única combinacion de este metal con el oxígeno, pero como la esperiencia ha demostrado que un mismo cuerpo puede combinarse con el oxígeno en varias proporciones se hace preceder á la palabra *óxido* las partículas griegas *proto* para el primer grado, *deuto* para el segundo, *trito* para el tercero, y finalmente *tetra* para el cuarto grado de oxidacion. Al óxido mas oxigenado se le distingue algunas veces con la palabra *peróxido*.

Si las proporciones del oxígeno en estos diferentes grados de oxidacion que experimenta un cuerpo son entre sí como los números 1, $\frac{3}{2}$, 2, 3, etc. se anteponen las palabras *sesqui*, *bi*, *tri*, etc., al nombre genérico; así decimos *protóxido de hierro*, *sesquióxido de hierro*, *protóxido de mercurio* y *bióxido de mercurio*, para designar los óxidos de estos metales cuando las cantidades de oxígeno combinadas con una misma del cuerpo metálico se encuentran en las proporciones indicadas.

Algunos autores, y entre ellos Berzelius, se sirven de la terminacion en *oso* para espresar el óxido menos oxigenado, y

de la terminacion en *ico* para el mayor grado de oxigenacion, llamando, por ejemplo, *óxido manganeso* al protóxido de manganeso, y *óxido mangánico* al sesquióxido: esta nomenclatura, semejante en un todo á la adoptada para los ácidos, presenta los mismos inconvenientes que aquella por la dificultad con que se presta á la formacion de los nombres que han de servir para designar las nuevas combinaciones básicas que pueden descubrirse en lo sucesivo. Sin embargo, haciendo preceder á la palabra *óxido* las preposiciones *sobre* y *sub* se pueden indicar varias otras combinaciones de este género.

Por último, como un mismo cuerpo puede en unas circunstancias hacer las veces de ácido y en otras las de base, fácilmente se concibe que la definicion de los ácidos y de las bases no puede considerarse de una manera absoluta.

LECCION II.

Continuacion de la nomenclatura.—Signos y fórmulas químicas.—Caractéres físicos y organolépticos para distinguir los cuerpos.

Nomenclatura de las sales. Las sales están formadas por la reunion de dos principios antagonistas ó de propiedades diferentes, de los cuales uno posee caractéres ácidos y el otro básicos, que se neutralizan en todo ó en parte en el momento que entran en combinacion. Cuando ninguno de los principios antagonistas domina, las sales se llaman *neutras á los reactivos colorados*. El estado de neutralidad depende de las fuerzas relativas de los ácidos y de las bases, asi se observa que jamás una base enérgica puede neutralizarse completamente por un ácido débil hasta el punto de no ejercer accion sobre las tinturas vegetales. Del mismo modo que una base débil no puede destruir de una manera completa la reaccion que un ácido enérgico ejerce sobre estos reactivos, pudiendo por consecuencia suceder que una sal, que se conduce como neutra en contacto con un reactivo colorado, presente una reaccion ácida ó básica con otro reactivo mas sensible.

Las sales en cuya composicion predomina el ácido ó elemento electro-negativo se llaman *ácidas*, recibiendo por el contrario el nombre de *básicas* aquellas en las que predomina la base ó elemento electro-positivo. Existen tantos géneros

de sales cuantos ácidos se conocen. El nombre genérico le toman del ácido cuya terminacion se cambia en *ato* ó en *ito*, segun que la del ácido fuese en *ico* ó en *oso*.

Así, pues, los ácidos sulfúrico y nítrico dan lugar á la formacion de *sulfatos* y *nitratos*; los ácidos sulfuroso y nitroso producen los *sulfitos* y *nitritos*; y por último, los ácidos hiposulfuroso é hiposulfúrico forman los *hiposulfitos* é *hiposulfatos*. El nombre específico se forma designando la base con que el ácido está combinado, de modo que para nombrar la combinacion del ácido sulfúrico con los óxidos de manganeso, se dirá *sulfato de protóxido de manganeso* ó *sulfato manganoso*, *sulfato de sesquióxido de manganeso* ó *sulfato mangánico*.

Cuando la combinacion está en el estado neutro, se nombra el género de la sal que se quiere espresar, y despues el de la base. Si la proporecion del ácido excede á la contenida en la sal neutra, se añade al nombre genérico la preposicion *sobre*, y si la proporecion de base es mayor que la que contiene la sal neutra, se une al nombre genérico la preposicion *sub*. Pero enseñándonos la esperiencia que las diversas proporeciones en que un ácido se une á una base y vice versa, son entre sí como los números 1, $\frac{3}{2}$, 2, 3, 4, etc., ó lo que es lo mismo, que el ácido de las sales ácidas, y la base de las sales básicas son siempre multiplos de los de las neutras, podemos dar á los nombres de estos compuestos un valor mas determinado. Así, en vez de decir *sulfato neutro de potasa*, *sulfato ácido de potasa*, diremos *sulfato de potasa* y *bisulfato de potasa*, lo que espresa con una sola palabra que la cantidad de ácido del segundo es doble de la del primero; del mismo modo se dice *acetato triplúmbico* para espresar la combinacion del ácido acético y del óxido de plomo, que contiene una cantidad tres veces mayor de este último ó de base, que la que se encuentra en el acetato neutro.

Cuando dos sales se combinan entre sí, lo que sucede con bastante frecuencia, forman compuestos que reciben el nombre de *sales dobles* ó de *doble base*; en este caso, aplicando la regla establecida, las nombraremos, atendiendo á su rango eléctrico, anteponiendo la base mas electro-negativa despues del ácido, así diremos, para espresar la sal formada por el sulfato de alúmina y el de potasa, *sulfato de alúmina y potasa*.

Las bases salificables suelen tambien combinarse entre sí, presentando esta propiedad de una manera muy notable el

óxido de cobre y el de aluminio. Para distinguir estos compuestos tomaremos en primer lugar el nombre del metal que hace parte del óxido negativo, y dándole la terminación de los ácidos diremos *cuprato de protóxido de potasio*, ó *cuprato de potasa*, *aluminato de potasa*, etc.

Aplicando estas mismas reglas á las combinaciones del agua con los ácidos y los óxidos, podremos espresar fácilmente su naturaleza; este líquido es constantemente positivo con respecto á los ácidos, y negativo para los óxidos, y como en uno y otro caso forma verdaderas combinaciones salinas, se dá el nombre genérico de *hidratos* á las sales en las que el agua hace el papel de ácido; así, pues, decimos *hidrato de potasa*, *hidrato de protóxido de hierro* ó *hidrato ferroso*. Los nombres de las sales en las que el agua hace las veces de base, debieran formarse añadiendo al nombre de la base el del ácido, modificado de la manera que hemos indicado al tratar de la nomenclatura de las demas sales; así debiera decirse *sulfato de agua* ó *sulfato de protóxido de hidrógeno*; pero desgraciadamente se infringen en este caso las reglas de la nomenclatura designando estos compuestos con los nombres de *ácido sulfúrico hidratado*, *ácido fosfórico hidratado*, etc. Se ha observado también que una misma cantidad de ácido puede combinarse con varias proporciones de agua: así, pues, el ácido sulfúrico se combina con cantidades de agua que tienen entre sí la relación de los números 1, 2, 3. Estas combinaciones se designan con los nombres de *ácido sulfúrico protohidratado* ó *monohidratado*, *ácido sulfúrico bihidratado* y *ácido sulfúrico trihidratado*.

Compuestos binarios no oxigenados. Las combinaciones de los metales entre sí se llaman aleaciones, cuyos nombres se forman poniendo siempre delante el metal mas negativo; así para nombrar la combinación de plomo y de estaño, se dirá *aleación de plomo y de estaño*. Cuando el mercurio es uno de los metales que constituyen la aleación, recibe el compuesto el nombre de *amalgama*.

Cuando la combinación se verifica entre un metaloide y un metal, se forma el nombre genérico con el del comburente ó elemento negativo dándole la terminación en *uro*, así la combinación del cloro con el manganeso se llama *cloruro de manganeso*, y la del azufre con el hierro, *sulfuro de hierro*. Cuando estos cuerpos son susceptibles de combinarse en va-

rias proporciones, ó bien se les hace preceder de las preposiciones *proto*, *deuto*, *trito*, etc., ó siguiendo la marcha indicada por Berzelius, se concluye el nombre específico con las terminaciones *ico* ú *oso*; de modo que en las combinaciones del cloro con el hierro se dirá *proto cloruro de hierro*, *deuto-cloruro de hierro*, ó *cloruro ferroso* y *cloruro férrico*. Si las proporciones del elemento negativo en las diferentes combinaciones que puede formar con un mismo cuerpo positivo, guardan entre sí las mismas relaciones que hemos dicho para el oxígeno con los óxidos, es decir, que son como los números 1, $\frac{3}{2}$, 2, 3, etc., se le hace preceder al nombre genérico las mismas palabras de *sesqui*, *bi*, *tri*, etc.

La nomenclatura de los compuestos que forman los metaloides, al combinarse entre sí, sigue la misma regla que la de los metaloides con los metales; así decimos *cloruro de hidrógeno*, *sulfuro de hidrógeno*, *protocloruro de azufre*; pero existiendo entre los metaloides algunos como el cloro, azufre, iodo, etc., que combinándose con el hidrógeno dan lugar á compuestos ácidos, se ha creído conveniente establecer para ellos una regla particular de nomenclatura, designándolos con el nombre genérico de *hidrácidos*, porque se creyó en un principio que en esta clase de compuestos hacía el hidrógeno un papel análogo al del oxígeno en los oxácidos, error grave que ha desaparecido tan luego como se ha observado que *el hidrógeno en estos compuestos es constantemente electro-positivo*. Sin embargo de esto, todavía se conserva la nomenclatura de los hidrácidos, y en vez de decir cloruro y sulfuro de hidrógeno, se dice ácido clorhídrico y sulfhídrico, cuyos nombres han sustituido á los de ácido hidroclórico é hidrosulfúrico, aun mas defectuosos que los primeros, porque se separan completamente de la regla general, según la cual debe empezarse el nombre del compuesto por el de el elemento electro negativo.

Todavía existe otra escepcion de la regla general para las combinaciones gaseosas de los metaloides con el hidrógeno; cuando se trata de dar nombre á una de estas combinaciones, se pone delante el del gas, y despues el del otro cuerpo con la terminacion en *ado*; así, pues, los carburos de hidrógeno reciben el nombre de *hidrógenos carbonados*, las combinaciones gaseosas del fósforo con el hidrógeno, ó los fosfuros de hidrógeno, se llaman *hidrógenos fosforados*. Esta nomencla-

tura escepcional es sobradamente molesta, porque dependiendo el estado de los cuerpos de la temperatura y de la presion, sería indispensable para ser consecuentes dar á un mismo cuerpo diferentes nombres, segun las circunstancias en que se le considerase.

Varias combinaciones del azufre y del cloro con los metales y con los metales, presentan una completa analogia con las correspondientes del oxigeno, analogias que no se conocian en la época en que se fundó la nomenclatura actual. Existen, pues, sulfuros y cloruros ácidos á los cuales se ha convenido llamar *sulfácidos* y *clorácidos*, y sulfuros y cloruros básicos que se designan con los nombres de *sulfobases* y *clorobases*. Los primeros pueden combinarse con los segundos dando lugar á la formacion de verdaderas sales, que se conocen con los nombres de *sulfosales* y *clorosales*. Así, pues, combinándose el azufre con el carbono, y el cloro con el mercurio, dan lugar al sulfuro de carbono y al cloruro de mercurio, cuyas propiedades ácidas corresponden á las de los ácidos carbónico y clórico, llamándose por esta razon el uno *ácido sulfocarbónico*, y el otro *ácido cloromercúrico*; y del mismo modo que los ácidos carbónico y clórico se combinan con los óxidos metálicos para formar carbonatos y cloratos, los ácidos sulfocarbónico y cloromercúrico se combinan con los sulfuros y cloruros básicos para formar los *sulfocarbonatos* y *cloromercuriatos*. Así se dice, *sulfocarbonato de monosulfuro de potasio*, ó impropriamente *sulfocarbonato de potasa* cuando se quiere espesar la combinacion del ácido sulfocarbónico con el monosulfuro de potasio, y cloromercuriato de cloruro de potasio para indicar la combinacion del ácido cloromercúrico con el cloruro de potasio.

Todos estos nombres tienen el inconveniente de hacer dudar á los principiantes sobre la verdadera composicion de los cuerpos que representan, pudiendo creer á primera vista que el oxigeno forma parte de estos compuestos, siendo por esta razon harto sensible que se hayan establecido semejantes escepciones en nuestro sistema actual de nomenclatura.

Vemos, pues, por la esposicion de los principios en que se funda la nomenclatura de los cuerpos inorgánicos, que esta no está ya en armonia con la ciencia, y que el descubrimiento de ciertos compuestos hace indispensable una reforma en esta parte tan interesante de la química.

SIGNOS Y FORMULAS QUÍMICAS. Al presentar la lista de los cuerpos simples conocidos en la actualidad, hemos colocado al lado de cada uno el símbolo ó signo que sirve para representarle. Estos símbolos, además de recordar la naturaleza de los cuerpos á que se refieren, sirven para indicar las cantidades ponderables de las sustancias que entran en una combinacion, ó sea sus proporciones relativas. En esto consiste el método de formular introducido por Berzelius, y que tantas ventajas ha proporcionado á la ciencia. En efecto, si queremos espresar las proporciones en que el oxígeno y el radical están combinados en los óxidos y en los oxácidos, no habrá mas que poner delante de la letra O, que sirve para designar el oxígeno, el signo equivalente del cuerpo con quien está unido; así, pues, las fórmulas NO, CaO, PbO, representan los protóxidos de nitrógeno, de cal y de plomo. Del mismo modo NO² representa el bióxido de nitrógeno, pues que la cifra 2 colocada como esponente de la letra O, indica que en este compuesto se encuentra una cantidad doble de oxígeno que en el protóxido. Por la misma razon, CO² representa al ácido carbónico que contiene para la misma cantidad de carbono, dos veces mas oxígeno que el óxido de carbono. Por lo que respecta á las sales, se escribe desde luego el signo del ácido, y despues el de la base, separado por una coma ó un punto; sirvan de ejemplos el nitrato de cal y el bisulfato de potasa, cuyas fórmulas son NO⁵, CaO y 2 SO⁵, KO: la cifra 2 colocada como coeficiente de SO⁵, significa que la cantidad de ácido contenida en el compuesto es doble de la que contiene el sulfato neutro de potasa, cuya fórmula es SO⁵, KO. Por la misma razon, siempre que la sal sea básica ó contenga varias proporciones de base, será necesario colocar como coeficiente del signo que represente esta última, la cifra que indique estas proporciones; así, pues, la fórmula 2 PbO, NO⁵ representa un nitrato básico de plomo, que contiene para la misma cantidad de ácido nítrico ó azóico, un peso doble de óxido de plomo, del contenido en el azoato ó nitrato neutro, cuya fórmula es PbO, NO⁵.

La fórmula se llama empírica, cuando solo espresa el número de átomos, pero no la manera como están combinados, en cuyo caso recibe el nombre de racional; así SO⁴ K es la fórmula empírica del sulfato de potasa, y su fórmula racional es SO⁵, KO.

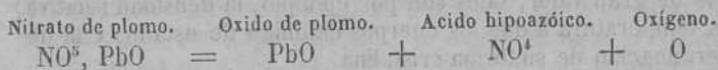
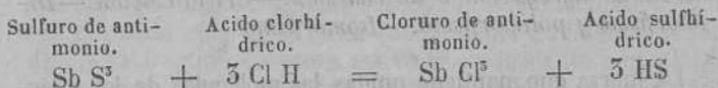
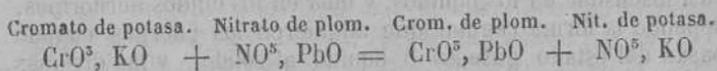
Cuando en una fórmula entran dos ó mas sales, se separan unas de otras con punto y coma ó con el signo $+$.

Como el oxígeno es un elemento que entra en casi todas las combinaciones, han convenido los químicos, siguiendo la opinion de Berzelius, simplificar las fórmulas reemplazando el signo O con puntos colocados sobre la letra que representa el otro elemento de la combinacion; así, pues, las fórmulas PbO , SO^2 , SO^3 han sido reemplazadas por Pb , S , \ddot{S} , que son mucho mas sencillas.

Por la misma razon, siempre que se combinan dos átomos de radical con 1, 3, 5 átomos de oxígeno, se ha convenido en rayar la inicial destinada á representar los dos átomos, y de este modo resulta la fórmula mas clara. La raya se coloca en el tercio inferior de la letra; así, pues, S y Pb significaban átomos sencillos de azufre y plomo, en tanto que $\underset{\cdot}{S}$ y $\underset{\cdot}{Pb}$ representan átomos dobles de los mismos cuerpos.

La formulacion química, no solo tiene la ventaja de representar fielmente la composicion de los cuerpos, sino que permite tambien presentar fácil y abreviadamente todas las reacciones químicas. Para esto se hace uso de los signos ordinarios del álgebra poniendo los productos en ecuacion: esto es muy fácil si se reflexiona que, dada una cantidad de materia bajo una forma cualquiera, no aumenta ni disminuye nada, sea el que quiera el cambio que en su colocacion experimentalmente. Por consiguiente, si hay muchas sustancias capaces de dar lugar á una reaccion, los productos de esta reaccion representarán otra tanta materia, y solamente sus partes elementales estarán dispuestas de una manera diferente. Esto permite establecer una ecuacion que represente de una parte los productos empleados, y de la otra los productos obtenidos, separando los primeros de los segundos por el signo $=$ ó de igualdad. En general las ecuaciones químicas son muy fáciles; para comprenderlas bien no se necesitan mas que unas sencillas nociones de aritmética.

Los ejemplos siguientes darán una idea exacta de esta asercion:

Descomposicion del nitrato de plomo por el calor.*Descomposicion m6tua del sulfuro de antimonio y del 6cido clorh6drico.**Reaccion por la via h6meda del cromato de potasa y el nitrato de plomo.*

CARACTERES FISICOS Y ORGANOLEPTICOS QUE SIRVEN PARA DISTINGUIR LOS CUERPOS. Los diferentes caract6res de que nos servimos para distinguir los cuerpos, est6n fundados en las propiedades fisicas de estos, y en las impresiones que producen sobre nuestros 6rganos. Los primeros se conocen con el nombre de *caract6res fisicos*, llam6ndose los segundos *caract6res organol6pticos*.

Se consideran como principales caract6res fisicos: 1.º Los diversos estados de los cuerpos. 2.º Su color en estos estados diferentes. 3.º La naturaleza de su brillo 6 lustre, cuando puede especificarse por comparacion; asi se dice *brillo met6lico*, *vidrioso*, *resinoso*, etc. 4.º La mayor 6 menor dureza si el cuerpo se presenta en el estado s6lido, 6 su fluid6z mas 6 menos perfecta cuando est6 en el estado l6quido. 5.º Su densidad relativa. 6.º Las formas regulares 6 cristalinas que el cuerpo afecta. 7.º El aspecto que presenta en la superficie nuevamente formada por la fractura.

Los caract6res organol6pticos se reducen, como indica su nombre, 6 las impresiones que los cuerpos ejercen en los 6rganos del gusto, del olfato y del tacto; asi se indica por comparacion el sabor y el olor del cuerpo, y se dice si es 6spero 6 suave al tacto, etc.

Entre los caracteres físicos que hemos enumerado hay algunos que pueden medirse con exactitud, siendo por consecuencia de gran valor; tales son por ejemplo, la densidad relativa, la temperatura á que los cuerpos cambian de estado, y la determinación de su forma cristalina.

LECCION III.

Fuerza de agregación ó de cohesión.—Cristalización.—Dimorfismo y polimorfismo.—Isomorfismo.

La fuerza que mantiene unidas las moléculas de los cuerpos simples ó las partículas integrantes de los compuestos, recibe el nombre de *fuerza de agregación ó cohesión*. De esta fuerza, cuya intensidad es mas ó menos grande en los sólidos, casi insensible en los líquidos, y nula en los flúidos aeriformes, depende la forma regular que adquieren los cuerpos cuando pasan del estado gaseoso ó líquido al sólido, y las diversas modificaciones de que es capaz sirven para explicar la diferente consistencia de los cuerpos.

CRISTALIZACIÓN. Cuando observamos superficialmente los diferentes cuerpos sólidos que se encuentran en la naturaleza, no vemos las mas veces la menor regularidad en su forma exterior, y aun llegamos á creer que acaso esta pueda variar de mil maneras. Pero un exámen mas detenido nos enseña que la mayor parte de los cuerpos sólidos son susceptibles de adquirir, en circunstancias determinadas, formas regulares perfectamente semejantes en los diversos individuos de una misma sustancia, observándose además que un gran número de cuerpos, cuyas formas exteriores son irregulares, presentan en su fractura reciente evidentes indicios de una estructura cristalina, de modo que la masa total del cuerpo puede considerarse formada por la agregación de una infinidad de cristallitos entrelazados. Estos cristales rudimentarios son frecuentemente tan diminutos que no pueden distinguirse sino por medio del microscopio, debiendo inferir de esto que acaso existirán otros mas pequeños que no serán perceptibles aun empleando este aparato.

La mayor parte de las sustancias que se preparan en los laboratorios son susceptibles de *cristalizar*, notándose además que cuando esta operación se verifica en las mismas circuns-

tancias, las formas de los individuos cristalizados son absolutamente idénticas entre sí, y suministran al químico uno de los caracteres mas exactos para distinguir unas de otras las sustancias cristalizadas, puesto que segun se ha observado la forma de los cristales tiene cierta relacion con la naturaleza de los cuerpos.

Cuando los cuerpos sólidos no presentan ni en su superficie ni en su fractura indicios de cristalización se dice que son *amorfos*. Algunas sustancias susceptibles de cristalizar adquieren el estado amorfo al pasar rápidamente de líquidas á sólidas, y su fractura en este caso es lisa y brillante como la del vidrio; pero si el cambio de estado se verifica con bastante lentitud, las moléculas se agrupan de una manera regular y dan lugar á la formación de un cristal.

Los agentes que empleamos para cristalizar los cuerpos son por lo general los líquidos y el calor. Dos son los medios de que podemos servirnos para cristalizar los cuerpos por el intermedio del calor: cuando el cuerpo es volátil, se le calienta cuidando de recibir el vapor formado en un cuerpo frio, en el cual se condensa y forma cristales. Si el cuerpo es fusible sin ser volátil, se le funde y deja enfriar lentamente; se horada la costra sólida que se forma en la superficie, y se decanta la parte todavía líquida: si esta operación se hace en un crisol resulta una cavidad tapizada de cristales á la que los mineralogistas llaman *géoda*.

Por el intermedio de los líquidos la cristalización se verifica tambien por dos procedimientos; ó bien la sustancia se disuelve en caliente y cristaliza luego que el líquido se enfria, ó la disolución saturada á la temperatura ordinaria se abandona á una evaporación espontánea, y el líquido evaporándose lentamente deja depositar los cristales, los cuales suelen retener cierta cantidad de agua llamada de *cristalización* cuando han sido formados en este líquido.

Leblanc ha dado á conocer un buen método para aumentar el tamaño de los cristales conservando una regularidad perfecta. Se eligen varios cristales pequeños de los mas perfectos que se hayan obtenido por los procedimientos anteriores, se introducen en un vaso evaporatorio, se les recubre con el líquido donde se formaron llamado por los químicos *agua madre*, y se abandona este líquido á una evaporación espontánea.

A medida que el líquido se reduce á vapor se depositan de una manera simétrica nuevas porciones de la sustancia que tiene en disolucion, las cuales sirven para aumentar las dimensiones del cristal sin alterar su forma, siempre que se tenga cuidado de hacerle variar de posicion de vez en cuando.

Existen varias causas que contribuyen á activar la cristalización de los cuerpos, siendo por lo general la agitacion una de ellas, si bien es cierto que empleando este medio los cristales que resultan son pequeños y frecuentemente mal terminados.

Cuando en un líquido hay varios cuerpos en disolucion, la cristalización del que se deposita primero es tanto mas regular cuanto menor es la densidad de la disolucion. Asi los primeros cristales de cloruro de sódio que se forman al evaporar el agua de mar, son mas regulares y puros que los últimos.

Ocurre con bastante frecuencia que una disolucion permanece mucho tiempo sin cristalizar, bastando el mas ligero movimiento para que se verifique el fenómeno de la cristalización instantáneamente. Los cuerpos sólidos pueden asi mismo favorecer la cristalización, sirviendo hasta cierto punto de núcleo á los cristales que se forman en la superficie, lo cual se consigue introduciendo en la disolucion cristales pequeños de la misma sustancia que queremos obtener cristalizada. La naturaleza de las vasijas tiene tambien una influencia notable en la rapidez con que se verifica la cristalización, debiendo elegirse para esta operacion vasijas cuya superficie sea escabrosa ó despulimentada como las de gres, mas bien que las de porcelana ó cristal.

Por último, las vibraciones ejercen una influencia tan notable en la cristalización de los cuerpos, que no solo facilitan la formacion de los cristales sino que pueden en algunos casos transformar un sólido amorfo en otro cristalino, como se observa en el hierro de buena calidad.

Pudiera creerse á primera vista que las formas cristalinas de los diferentes cuerpos que se encuentran en la naturaleza eran en extremo variables, pero un exámen detenido ha demostrado la existencia de algunas leyes generales á las que están sometidas estas formas y que limitan estraordinariamente su número.

En efecto, todas las formas cristalinas se reducen en el dia á seis grupos llamados *sistemas de cristalización*, de los

que cada uno tiene por tipo la forma mas sencilla del grupo elegida á voluntad. Estos sistemas son: 1.º *el cúbico*, 2.º *el prismático recto de base cuadrada*, 3.º *el romboédrico*, 4.º *el prismático rectangular recto*, 5.º *el prismático rectangular oblicuo*, y 6.º *el prismático oblicuo de base paralelogramica oblicuángula*.

DIMORFISMO Y POLIMORFISMO. Se ha creído por mucho tiempo que los cuerpos cuya composicion química fuese idéntica debían cristalizar necesariamente de la misma manera, pero en el dia se ha visto que esta proposicion es inesacta puesto que existen algunos, tales como la cal carbonatada y el aragonito, que á pesar de ser idénticos por su composicion química cristalizan en dos formas, que son incompatibles por pertenecer á dos sistemas cristalográficos diferentes. De la misma manera el azufre natural que se presenta ordinariamente cristalizado en octaedros pertenecientes al cuarto sistema cristalino, afecta cuando le hacemos cristalizar por medio de la fusion, la forma de prismas prolongados oblicuos que pertenecen al quinto sistema.

Todas las sustancias que como las anteriores pueden cristalizar en dos sistemas diferentes se llaman *dimorfas* y *dimorfismo* al fenómeno.

Los cuerpos dimorfos difieren no solamente por su forma sino por varios otros caractéres, tales como la dureza, la densidad, el brillo, la solubilidad, notándose estas diferencias aun en el polvo mas fino que podemos obtener de ellas por los medios mecánicos.

Para que una sustancia pueda cristalizar en dos sistemas diferentes es indispensable que la cristalicacion se verifique en circunstancias diversas, por ejemplo á temperaturas muy distantes una de otra. Esto nos conduce á admitir que las intensidades y naturaleza de las fuerzas que dan lugar á la formacion de los cristales varian con la temperatura, de manera que las moléculas que se agrupan á temperaturas elevadas pueden encontrarse sometidas al volver el cuerpo á la temperatura ordinaria, á la influencia de fuerzas muy diferentes de las que presidieron á su cristalicacion. Asi se observa con frecuencia que los cristales formados á una temperatura muy elevada y que eran perfectamente transparentes en el momento de su formacion, pierden al cabo de cierto tiempo su transparencia y se hacen pulverulentos. Esta disgregacion es debida á que las

moléculas del cuerpo tienden á agruparse de diverso modo obedeciendo á las fuerzas que las solicitan á temperaturas inferiores, pudiendo observarse con frecuencia, despues de verificada esta alteracion, que la masa está formada de cristales rudimentarios de la misma forma que los que presenta la sustancia cuando su cristalización se ha verificado á la temperatura ordinaria.

Esta transformacion es bien visible en los cristales de azufre, obtenidos por la fusion de esta sustancia. Estos cristales que se presentan bajo la forma de prismas prolongados pertenecientes al quinto sistema, de color amarillo claro, perfectamente transparentes y algun tanto flexibles, pierden al cabo de algunos dias su transparencia, se desmoronan con facilidad y si se examina su polvo con el microscopio le observamos formado por cristalitas que pertenecen al cuarto sistema, y en un todo semejantes á los que forma esta sustancia cuando cristaliza á la temperatura ordinaria en una disolucion de sulfuro de carbono.

Hasta ahora no conocemos sustancias que cristalicen en mas de dos sistemas diferentes; pero fácilmente se concibe la posibilidad de que pueda verificarse este fenómeno colocando los cuerpos en condiciones convenientes; estas sustancias recibirian el nombre de *polimorfus*.

ISOMORFISMO. La observacion y la esperiencia nos han hecho ver, que si bien es cierto que las sustancias cuya composicion química es semejante, no presentan esactamente una misma forma cristalina, por lo menos su semejanza exterior es tal, que no pueden distinguirse unas de otras sino por una medida rigurosa de sus ángulos. Estas sustancias que tan poco difieren por su forma cristalina, pueden además reemplazarse con frecuencia en varias proporciones cuando cristalizan reunidas en un mismo disolvente. Así, pues, el sulfato de hierro y el de cobre disueltos en el agua se combinan con cantidades semejantes de este liquido, y adquieren al cristalizar formas casi idénticas, si la cristalización se ha verificado á temperaturas que solo difieren de un corto número de grados. Si se sumerge un cristal de sulfato de cobre en una disolucion de sulfato de hierro, cuya temperatura difiera muy poco de la que necesita el sulfato de hierro para cristalizar bajo la misma forma que el primero, vemos aumentar de tamaño al cristal de sulfato de cobre asimilando moléculas de sulfato de hierro.

Sumergiendo nuevamente el cristal en una disolucion de sulfato de cobre, notamos inmediatamente una asimilacion de moléculas de esta sustancia, pudiendo obtener por este medio un cristal complejo formado de capas alternativas de los dos sulfatos, las que pueden distinguirse perfectamente en la fractura del cristal, por el diferente color que presentan.

Si se mezclan las disoluciones de sulfato de cobre y de hierro y se abandona el liquido á una evaporacion lenta, se obtienen cristales compuestos de las dos sustancias, cuya forma es semejante á los del sulfato de cobre, si bien con algunas ligeras modificaciones en los ángulos.

Todos los cuerpos que como los anteriores presentan por su cristalización formas que pertenecen á un mismo sistema cristalino, y que solo difieren por algunas leves modificaciones en los valores absolutos de sus ángulos, siendo además susceptibles de reemplazarse en un mismo cristal, han recibido el nombre de *isomorfos*, ó *isomorfismo* al fenómeno.

El isomorfismo es uno de los fenómenos mas importantes de la química, y del cual nos serviremos despues para la determinacion del equivalente de ciertos cuerpos.

LECCION IV.

Fuerza de combinacion. — Causas modificantes. — Teoría electro-química. — Análisis y síntesis.

Se llama fuerza de combinacion ó afinidad química la que tiende á unir los átomos de naturaleza diferente, para formar un cuerpo cuyas propiedades son diferentes de las de los elementos que entran en su composicion. Esta fuerza no puede las mas veces ejercerse con libertad, al menos que las moléculas de los cuerpos no estén perfectamente en contacto, lo cual se consigue reduciéndolas al estado liquido ó gaseoso.

Las *combinaciones químicas* se caracterizan por una modificacion notable de los cuerpos entre quienes se verifican, es decir, por un cambio mas ó menos completo de su color, olor y sabor, acompañado generalmente de un desprendimiento de calor, de luz y de electricidad. En las *mezclas*, por el contrario, no experimentan los cuerpos modificacion alguna sensible, no hay cambio de temperatura ni desprendimiento de luz, y si la mezcla se ha verificado entre dos cuerpos sólidos se distin-

guen á la simple vista ó por medio del microscopio las sustancias mezcladas, pudiendo las mas veces separarlas por procedimientos mecánicos, tales como la agitacion en un líquido, el uso de algun disolvente, etc.

La fuerza de combinacion no se ejerce con igual energia entre todos los cuerpos, lo cual se prueba perfectamente observando que, cuando se calienta una mezcla de hierro y de sulfuro de mercurio ó cinabrio, el primero se apodera del azufre que entra en la composicion del segundo, dejando libre al mercurio el cual se volatiliza.

Este fenómeno es el que se conoce con el nombre de *sustitucion*, en razon á que uno de los cuerpos ha reemplazado ó sustituido al otro. Si nos referimos al cuerpo reemplazado diremos que el elemento mas enérgico ha reducido ó puesto en libertad al mas débil, cuyo fenómeno se designa con el nombre de *reduccion*. Esta facultad que tienen los cuerpos elementales de reducirse ó sustituirse mutuamente es la que llamaban antiguamente *afinidad electiva*.

La fuerza de combinacion puede ser modificada por diferentes causas.

1.º *Por la cantidad de un cuerpo puesto en presencia de otro.* Ejemplo: si se hace pasar una corriente de sulfidohídrico por una disolucion de carbonato potásico se desprende el ácido carbónico, á pesar de tener este cuerpo mayor afinidad por el protóxido de potasio que la que tiene el sulfidohídrico, pero como la corriente de sulfidohídrico es continua, la descomposicion del carbonato se verifica.

2.º *Por la cantidad relativa de los cuerpos entre quienes se verifica la combinacion.* El protóxido y el bióxido de hidrógeno nos pueden servir de ejemplo; efectivamente, el primero de estos cuerpos está compuesto de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, mientras en la composicion del segundo entran dos volúmenes de cada uno de estos factores: si elevamos la temperatura del bióxido, inmediatamente deja desprender la mitad de su oxígeno para convertirse en protóxido, el cual ya no se descompone por el calor.

3.º *Por el estado de combinacion en que puedan ya estar empeñados los cuerpos.* Ejemplo: el bisulfato potásico que contiene dos veces tanto ácido sulfúrico como hay en el sulfato neutro, ejerce menos accion sobre la tintura de tornasol que cuando empleamos el ácido libre, observándose ademas

que la accion del sulfato neutro sobre la misma tintura es nula.

4.º *Por la cohesion.* La fuerza de agregacion ó cohesion de que están dotadas las moléculas de dos cuerpos que se quieren combinar, es frecuentemente un obstáculo para su combinacion. En efecto, mientras que la fuerza de agregacion sea superior á la de combinacion, esta no puede verificarse, dán-donos este fenómeno la razon por la que los cuerpos sólidos no pueden combinarse sino rara vez. Tomemos por ejemplo el plomo y el azufre, y para mayor claridad representemos su cohesion y su fuerza de combinacion por números; supongamos que la cohesion que une las moléculas del azufre y las del plomo esté representada en ambos por siete, y que la fuerza de combinacion de las moléculas del plomo por las del azufre no sea mas que seis, es evidente que la combinacion no podrá verificarse, porque la fuerza de cohesion de los dos cuerpos que deben unirse sobrepuja á la de combinacion; pero si por un medio cualquiera se disminuye la cohesion, la combinacion se verificará inmediatamente. De modo que el calor efectuando la fusion del plomo y disminuyendo por consecuencia su cohesion, es un excelente medio para favorecer la combinacion de los dos cuerpos. Hay sin embargo ocasiones en que la cohesion puede facilitar la combinacion, verificándose esto último siempre que de la union de dos cuerpos líquidos deba resultar otro en el estado sólido, asi pues es como se explica la formacion del carbonato de cal cuando se trata una disolucion de nitrato cálcico por otra de carbonato potásico.

5.º *Por el calórico.* Este agente no influye siempre sobre la fuerza de combinacion de la misma manera; unas veces separando los átomos de los cuerpos y disminuyendo por consecuencia la atraccion, destruye combinaciones que no puede producir como se observa en la descomposicion del óxido de cloro, al paso que otras, disminuyendo la fuerza de agregacion de los cuerpos sólidos, facilita notablemente su combinacion. Sin embargo, hay ocasiones en las que el calórico actúa de una manera diferente. En efecto, haciendo atravesar una chispa eléctrica por una mezcla de oxígeno y de hidrógeno, ó aproximándola una bujía encendida, estos dos gases se combinan inmediatamente; en este caso es indispensable admitir que el calor constituye á los gases en dos estados eléctricos diferentes, de cuyo fenómeno resulta la combinacion.

6.º *Por la luz.* Este agente, lo mismo que el calórico,

favorece unas veces la combinacion de los cuerpos y otras la contraria; la combinacion del cloro con el hidrógeno, así como la descomposicion de ciertas sales y óxidos metálicos son una buena prueba de uno y otro efecto.

7.º *Por la densidad de los cuerpos.* Es bien sabido que cuando dos cuerpos tienen densidades diferentes tienden á separarse el uno del otro; de modo que si su afinidad es sumamente débil no se podrán combinar como se observa con el aceite y el agua.

8.º *Por la presion.* La influencia de esta fuerza no puede aplicarse ni á los cuerpos sólidos ni á los líquidos unos con otros, porque como ya sabemos son muy poco compresibles, no así cuando se trata de aplicarla á la combinacion de los gases con los líquidos, y á la de los gases entre si; supongamos por ejemplo que la fuerza expansiva de un gas sea mayor que la afinidad que tenga por el agua, en este caso no se verificará la combinacion, pero si empleamos una fuerza capaz de comprimirle, la afinidad vencerá á la fuerza repulsiva y tendrá lugar la combinacion.

9.º *Por el estado eléctrico.* Se sabe, en efecto, que cuando dos cuerpos están electrizados del mismo modo se repelen, atrayéndose por el contrario cuando sus electricidades son de nombre contrario.

10. *Por el contacto.* Hay algunos cuerpos que por solo el contacto favorecen la combinacion de otras sustancias entre las cuales existe afinidad, sin que por esta influencia experimenten ellos la menor alteracion, y separan de la misma manera los elementos de ciertos compuestos, permaneciendo ellos siempre en su mismo estado. El platino esponjoso es el primer cuerpo en el que se ha observado un fenómeno tan curioso; por su influencia se transforma en agua una mezcla de hidrógeno y oxígeno con desprendimiento de calor y luz, se verifica la combinacion de otras mezclas gaseosas que sin su influjo no tendria lugar, y se descompone instantáneamente el bióxido de hidrógeno, sin que en ninguno de estos casos entre el platino en combinacion con los cuerpos sobre quienes ejerce tan notable influencia. Esta fuerza oculta que todavía es mas general y misteriosa en las operaciones de química orgánica, y sobre todo en los cuerpos vivos, ha recibido el nombre de *fuerza catalítica*.

TEORIA ELECTRO-QUIMICA. La fuerza de combinacion de que

acabamos de tratar parece ser una consecuencia del estado eléctrico peculiar á las moléculas de los cuerpos. En efecto, los fenómenos que acompañan á la combinacion química de dos cuerpos, tienen gran analogía con los que se producen cuando las dos electricidades de nombre contrario se combinan. Siempre que se someten los cuerpos compuestos á la influencia de dos corrientes eléctricas de nombre contrario se descomponen reduciéndose á sus elementos, uno de los cuales se dirige, como ya sabemos, al polo positivo, mientras el otro es transportado al polo negativo. Tambien se ha demostrado que en el momento en que se verifica una combinacion, hay constantemente desprendimiento de electricidad y casi siempre de calor y luz. Estos fenómenos prueban de un modo indudable que el desarrollo de las fuerzas químicas coincide siempre con otro de fuerzas eléctricas, y que atribuyendo estos fenómenos á las últimas pueden explicarse de un modo bastante satisfactorio.

En esta teoría, que se conoce con el nombre de *teoría electro-química*, se supone que las moléculas de los cuerpos tienen una electricidad que les es peculiar y de la que no pueden separarse jamás, estando además rodeadas de una atmósfera de electricidad de nombre contrario. Admitiendo esta hipótesis, es evidente que cuando se aproximan dos moléculas dotadas de electricidades diferentes, al combinarse sus atmósferas para neutralizarse producirán calor, etc., y pasado este primer momento, las mismas moléculas se atraerán recíprocamente permaneciendo unidas, en tanto que no intervenga otra fuerza eléctrica superior que las haga cambiar de estado.

Resulta de lo dicho, que en toda combinacion química las moléculas de uno de los cuerpos actúan de la misma manera que si estuviesen dotadas de electricidades positivas, y las del otro como si el fluido negativo las fuese inherente. Las primeras reciben el nombre de *elementos electro-positivos*, mientras que las segundas se conocen con el de *elementos electro-negativos*. Tan luego como se los separa con el auxilio de fuerzas eléctricas superiores, la pila galvánica por ejemplo, los últimos se dirigen al polo positivo, al paso que los elementos electro-positivos se dirigen al polo negativo.

ANÁLISIS Y SÍNTESIS. Dado un cuerpo se le puede en muchos casos descomponer por medio de otros cuerpos y fuerzas

suficientes. Este modo de operar recibe el nombre de *análisis*, llamándose *síntesis* á las operaciones comunes que tienen por objeto reunir cuerpos simples para formar un compuesto.

El análisis será *cualitativo* cuando solamente tenga por objeto dar á conocer la diferente naturaleza de cada uno de los factores de un compuesto, y se llamará *cuantitativo*, si además del resultado anterior se aíslan estos factores para conocer sus proporciones. Tomemos por ejemplo el agua. Si se hace pasar este líquido reducido al estado de vapor por fragmentos de hierro, se obtiene por una parte gas hidrógeno y por otra óxido de hierro, de lo cual se deduce que el agua está compuesta de oxígeno y de hidrógeno; este será pues un análisis cualitativo. Supongamos ahora que se trate de determinar la cantidad relativa de los componentes ó verificar el análisis cuantitativo, para lo cual hemos pesado el hierro antes y despues del experimento; supongamos que la diferencia entre estos dos pesos sea diez gramas, y que el peso del agua que hemos hecho atravesar por el tubo sea 11,248 gramas; resulta pues de un modo evidente que el hidrógeno desprendido debe pesar 1,248 gramas, cuyo peso, entre otros medios, podrá obtenerse inmediatamente empleando la balanza.

En cuanto á la síntesis, bastará asegurarse que añadiendo al peso del volúmen obtenido de hidrógeno, la cantidad de oxígeno necesaria para verificar su combustion y haciendo pasar la chispa eléctrica, resulta la cantidad de agua que se sometió á la experiencia.

Se ve, pues, con razon que el análisis es el arte de descomponer los cuerpos, y la síntesis el de recomponerlos, constituyendo estas dos operaciones fundamentales la parte mas delicada de la química. Todo cuerpo que, de un modo cualquiera, da medio de verificar la separacion de las partes constituyentes de un compuesto, se llama *agente*: así, pues, en el ejemplo anterior el hierro y el calor son los agentes del análisis practicado. Pero si en vez de tratar de aislar los principios que forman un compuesto, se quiere solo hallar su presencia, nos servimos entonces de cuerpos que por sus reacciones sobre cada uno de los principios, hagan aparecer algunas de sus propiedades distintivas que nos den á conocer su diferente naturaleza. A los cuerpos usados con este objeto se les da el nombre de *reactivos*.

LECCION V.

*Proporciones múltiples y equivalentes.—Teoría atomística.—
Isomería.—Alotropía.*

Si se comparan los resultados de un gran número de análisis, se observa inmediatamente que por lo general los compuestos inorgánicos están formados por la combinación de un pequeño número de cuerpos elementales unidos entre sí en relaciones estremadamente sencillas: este principio se demuestra con suma facilidad, sobre todo en las sustancias gaseosas. Las cinco combinaciones del oxígeno con el nitrógeno pueden servirnos de ejemplo; en efecto, todas ellas contienen 100 partes de nitrógeno para una cantidad de oxígeno que varía en cada compuesto, pero de un modo tal, que las mayores son múltiples de las menores. Así pues,

400 de nitrógeno y . .	50 de oxígeno. . .	Protóxido de nitrógeno.
100 de nitrógeno. . .	100 de oxígeno. . .	Bióxido de nitrógeno.
100 de nitrógeno. . .	150 de oxígeno. . .	Acido nitroso.
100 de nitrógeno. . .	200 de oxígeno. . .	Acido hiponitrico.
100 de nitrógeno. . .	250 de oxígeno. . .	Acido nítrico.

Resulta de aquí, que las relaciones en que estos dos cuerpos se combinan son entre sí como los números 1, 2, 3, 4, 5, de los cuales cada uno es múltiplo por un número entero del mas pequeño.

Suele suceder que la relacion encontrada es la de 1 á $1\frac{1}{2}$ ó de 2 á 2, pero estos casos raros nos inducen á creer que no conocemos todos los compuestos que pueden formar los cuerpos que se estudian. Se suele ademas observar que en algunas combinaciones el volúmen del compuesto es menor que el de los componentes, en cuyo caso decimos que hay contraccion, pero aun esta misma contraccion se encuentra siempre en una relacion sencilla con el volúmen de uno de ellos, como puede observarse fácilmente en el agua, en el amoniaco y en otros varios compuestos.

La mayor parte de los cuerpos sólidos se encuentran en el mismo caso, como lo prueban los análisis de varios óxidos, sulfuros y cloruros. Esta ley que preside á las combinaciones

definidas es la que ha recibido el nombre de *ley de las proporciones múltiplas*.

Establecidos estos principios réstanos dar á conocer lo que se entiende por *equivalentes químicos*. Llámanse así las cantidades ponderales de los diferentes cuerpos capaces de reemplazarse mutuamente en las combinaciones de un mismo orden. Si tomamos pesos iguales de dos sustancias, y se combinan sucesivamente con varios cuerpos simples, observamos que para formar con estos combinaciones al minimum, necesitan cantidades ponderales diferentes. Sean por ejemplo el cobre y el plomo.

100 gramas de cobre y	12,636 de oxígeno forman el	protóxido.
100	25,412 de azufre.	el protosulfuro.
100	55,932 de cloro.	el protocloruro.
100 gramas de plomo.	7,725 de oxígeno forman el	protóxido.
100	15,34 de azufre.	el protosulfuro.
100	34,194 de cloro.	el protocloruro.

Si comparamos entre sí estos diversos compuestos se observa que las cantidades de oxígeno, azufre y cloro se encuentran en una relación constante, así, pues,

$$\begin{array}{r} 12,636 \quad 25,412 \quad 55,932 \\ \hline 7,725 \quad 15,34 \quad 34,194 \end{array}$$

Admitiendo como lo acredita la esperiencia la misma proporcionalidad en todos los compuestos definidos, fácilmente se concibe la posibilidad de asignar á cada cuerpo simple una cantidad numérica llamada *número proporcional ó equivalente químico*, el cual sirve para espresar las relaciones de los principios constitutivos de los compuestos. Los números proporcionales varían con la unidad á que se refieren. Los químicos franceses por lo general comparan los equivalentes de los cuerpos con el de el oxígeno, que suponen igual á 100; según esto es sumamente fácil hallar los equivalentes del cobre, plomo, azufre y cloro. En efecto,

$$\begin{array}{l} 12,636 : 100 :: 100 : x = 791,39 \text{ número proporcional del cobre.} \\ 7,725 : 100 :: 100 : x = 1291,50 \text{ número proporcional del plomo.} \\ 12,636 : 100 :: 55,932 : x = 442,64 \text{ número proporcional del cloro.} \end{array}$$

En el caso que quisiéramos servirnos del equivalente del azufre para determinar el del cloro, la proporción sería la si-

guiente, $15,54 : 54,194 :: 201,16 : x = 442,64$, cuya observacion es de suma importancia, especialmente cuando no se conoce con esactitud la primera combinacion que una sustancia forma con el oxígeno.

Respecto á los equivalentes de los cuerpos compuestos, bastará decir que son iguales á la suma de los equivalentes de los simples que los constituyen. Asi, pues, el sulfuro de plata, SAg , y el protóxido de plomo, PbO , tendrán por equivalentes, el primero $201,16$, equivalente del azufre $+1551,61$, equivalente de la plata $=1352,77$; y el segundo $1294,5+100=1394,5$. Fácilmente se concibe, que si se tratase de un sesquióxido, de un bióxido ó de un tritóxido, deberiamos multiplicar el equivalente del oxígeno por $1\frac{1}{2}$, 2 , 3 , etc. Respecto á las sales la regla dada no sufre escepcion alguna, bastará únicamente añadir al peso del equivalente de la base el del ácido. Asi, pues, el equivalente del nitrato de barita NO^3 , BaO , será $177,03+500+856,88+100=1633,91$.

Podemos servirnos tambien del isomorfismo para determinar el equivalente de algunos cuerpos. En efecto, si queremos fijar la fórmula de la alúmina, ó lo que es lo mismo, el número de equivalentes de oxígeno y de aluminio en ella contenidos, bastará tener presente que la alúmina es isomorfa con el sesquióxido de hierro, cuya fórmula es Fe^2O^3 , y por consecuencia debemos considerar análoga la composicion de estos dos cuerpos, pudiendo representar la del óxido de aluminio por la fórmula Al^2O^3 , siéndonos además sumamente fácil deducir el equivalente del aluminio, sin mas que atender al análisis de su óxido.

Del mismo modo en el alumbre comun, que es un doble sulfato de potasa y alúmina, podemos reemplazar el aluminio por el hierro, el manganeso y el cromo, sin que por esto se cambie ni la relacion de los elementos que entran en la composicion de esta sal ni su forma cristalina, pudiendo deducir de esto que los alumbres de hierro, manganeso y cromo tienen la misma constitucion atomística. Asi, pues, conociendo la fórmula del uno de los óxidos que están unidos al ácido sulfúrico y al sulfato de potasa para formar el alumbre, deducimos inmediatamente que las fórmulas de los otros tres óxidos son semejantes. Conocidas estas fórmulas podremos, como en el caso anterior, calcular por medio del análisis de estos óxidos el equivalente del metal contenido en cada uno de ellos.

Por último, si queremos convencernos de la utilidad de los equivalentes químicos, bastará observar que nos servimos de ellos para conocer las proporciones en que debemos emplear los cuerpos en las operaciones químicas. En efecto, si queremos saber cuánto carbono será necesario para reducir una cantidad dada de un óxido metálico, suponiendo que se quemé todo el carbono y que pase al estado de óxido, lo conseguiremos fácilmente teniendo presente que el óxido de carbono contiene una proporción de carbono y otra de oxígeno. Si el óxido metálico que se ha de descomponer no contiene mas que una proporción de oxígeno, es claro que no necesitaremos emplear mas que otra de carbono para reducir la del óxido en cuestion.

TEORIA ATOMISTICA. Se da el nombre de átomo á la partícula mas pequeña de un cuerpo que da origen á una combinación por simple justa-posición con las partículas de otro cuerpo. Asi, pues, cuando dos cuerpos se combinan, sus átomos no experimentan la menor alteracion, puesto que son indivisibles é impenetrables; pero su reunion da lugar á otros nuevos dotados de propiedades particulares. Si por cualquier medio destruímos un cuerpo compuesto y separamos los elementos que le constituyen, los átomos de estos elementos volverán á presentarse con sus propiedades primitivas, y por consecuencia sin alteracion ninguna.

Varios fenómenos físicos nos inducen á creer que los átomos de los gases están colocados á distancias iguales, y que bajo el mismo volúmen contienen un número igual de ellos; de donde se deduce que el peso de los átomos de los cuerpos gaseosos es proporcional á su densidad, pudiendo por consecuencia deducir de esta el peso relativo de sus átomos. Por ejemplo, sabiendo que la densidad del oxígeno es 1,1026, y la del nitrógeno 0,976, estableceremos la siguiente proporción:

$$1,1026 : 0,976 :: 100 : x$$

cuyo tercer término representa el peso del átomo del oxígeno, que es el que sirve de término de comparacion, y el cuarto, que en el caso presente es 88,5 representará en la teoría atomística el peso del átomo del nitrógeno, ó la mitad del número proporcional del mismo cuerpo en la de los equivalentes, en razon á que el peso atomístico del nitrógeno, así como el

del hidrógeno, cloro, bromo y yodo se representa por la mitad del número asignado á sus respectivos equivalentes; de modo que el agua en el sistema atomístico se denota con la fórmula $H^2 O$, y en el sistema de los equivalentes con la $H O$.

Sin embargo, la aplicación de la ley anterior es muy limitada, porque no todos los cuerpos simples se presentan ordinariamente bajo la forma gaseosa, y para reducir á este estado los que no se encuentran en él, y poder apreciar su densidad de una manera directa, necesitamos emplear temperaturas muy elevadas; pero admitiendo como ley general que las combinaciones de los gases se verifican de modo que los volúmenes de los componentes y el del compuesto que resulta, se encuentran siempre en relaciones estremadamente sencillas, es claro que podremos hacerla extensiva á todas las combinaciones que forman los diferentes cuerpos, suponiéndolos en el estado de vapor, y deducir por analogía el peso de los átomos de aquellos cuerpos que dan lugar á compuestos gaseosos.

Dulong y Petit han demostrado que es siempre necesaria la misma cantidad de calor para elevar de un grado la temperatura de los pesos atomísticos de todos los cuerpos simples.

Si por ejemplo se toman 200 de azufre (peso atomístico de esta sustancia), y 1294 de plomo (peso atomístico de este metal), observaremos que para elevar de un grado la temperatura de 200 de azufre serán necesarios

$200 \times \frac{0,2025}{\text{calor específico del azufre}} = 40,5$ unidades de calor, y para elevar de un grado la temperatura de 1294 de plomo, se necesitarán

$$1294 \times \frac{0,0314}{\text{calor específico del plomo}} = 40,6 \text{ unidades de calor.}$$

Los dos físicos citados han conseguido demostrar por estos medios, que *multiplicando el calor específico de un cuerpo simple por su peso atomístico resulta una cantidad constante, y por consecuencia que los átomos de todos los cuerpos simples tienen una misma capacidad para el calor.*

Esta ley no puede, sin embargo, adoptarse como absoluta, porque Regnault empleando números mas probables para los pesos atomísticos y mas exactos para las capacidades caloríficas, ha encontrado que el producto á que se refiere el re-

sultado de las observaciones de Dulong y Petit, no es rigurosamente el mismo para todos los cuerpos simples, sino que varía para algunos entre 32 y 42, es decir, de cantidades mucho mayores que las que pueden resultar de los errores de observacion. Pero á pesar de todo si no podemos considerar esta ley como absoluta, es por lo menos muy aproximada á la verdad, siendo tambien aplicable á los pesos proporcionales, puesto que los pesos atomísticos admitidos por la mayor parte de los químicos se confunden frecuentemente con los equivalentes.

ISOMERIA. Existen algunos cuerpos que presentan exactamente la misma relacion entre el número de átomos de que están constituidos y por consecuencia una composicion idéntica, y sin embargo poseen diferentes propiedades. En efecto, el cinabrio natural, compuesto de un átomo de azufre y otro de mercurio, difiere notablemente por su color rojo y por otras propiedades, del que se obtiene en los laboratorios combinando estos dos cuerpos en las mismas proporciones. En este caso decimos que la combinacion del mercurio con el azufre ofrece dos estados isoméricos, y llamamos *isomeria* á la ley en virtud de la cual los mismos cuerpos elementales combinados en las mismas proporciones dan lugar á compuestos dotados de propiedades diferentes.

Si se coloca en un tubo de algunas pulgadas de longitud cerrado por un extremo la combinacion negra de azufre y de mercurio obtenida por el método dicho, y se eleva la temperatura, el sulfuro de mercurio se volatiliza y condensa en la parte superior del tubo, presentando el mismo aspecto que el cinabrio natural. Esto nos manifiesta de una manera indudable que hay ocasiones en las que se consigue hacer pasar un cuerpo de un estado isomérico al otro.

ALOTROPIA. Hay muchos cuerpos elementales que en ciertas circunstancias poco conocidas aun, presentan un aspecto exterior ó formas diferentes, las cuales parecen conservar en muchas de sus combinaciones. Sirva de ejemplo el estado tan diferente que presenta el carbono en el diamante y en el carbon vegetal ó animal, diferencia que se encuentra tambien en varios y acaso en todos los cuerpos simples, si bien es cierto que hasta ahora no se ha observado mas que en un corto número de ellos; y aun cuando no han podido los químicos formar una idea satisfactoria de las causas que producen esta

diferencia de propiedades en los cuerpos elementales, han convenido en designar el fenómeno con el nombre de *alotropía*, diciendo que el carbono se encuentra en el diamante y en el carbon de leña en dos estados alotrópicos diferentes.



DE LOS METALOIDES Y SUS PRINCIPALES COMBINACIONES.

LECCION VI.

Oxígeno.—Combustion.—Llama.—Respiracion.

OXIGENO, O. EQUIVALENTE 100.

Historia. Este cuerpo fue descubierto por Priestley en el año 1774 en Inglaterra y por Scheele en Suecia, pero el conocimiento de la mayor parte de sus propiedades se debe á Lavoissier, el cual le dió impropriamente el nombre de oxígeno, que significa *engendrador de ácidos*.

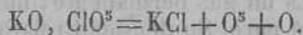
Propiedades. Es un gas permanente, incoloro, insípido é inodoro cuando está puro. Su densidad relativa es, segun Berzelius y Dulong, 1,10563; su peso atomístico es 100, y sirve de término de comparacion para determinar el de los demás cuerpos. Sometido á una fuerte presión desprende calórico y luz, cuyo último efecto es debido, segun Thénard, á la combustion parcial del aceite ó materia grasa de que está impregnado el piston del aparato en que se verifica el esperimento. Su potencia refractiva es muy pequeña, y está representada, segun Dulong, por 0,924. Es el mas electro-negativo de todos los cuerpos, y muy poco soluble en el agua, puesto que cien partes de este líquido disuelven solamente 3,5 de oxígeno.

Una de las propiedades mas notables de este gas es sin duda alguna la facilidad con que activa la combustion de los cuerpos, fenómeno que se observa perfectamente introduciendo en una campanita llena de oxígeno un pedazo de carbon, fósforo, azufre ó hierro que lleven un solo punto en ignición.

Estado. El oxígeno es uno de los cuerpos mas abundantes de la naturaleza, puesto que, como veremos, es uno de los

elementos que entran en la composicion del agua y en la de todas las sustancias vegetales y animales, forma una quinta parte de nuestra atmósfera, y por último le contienen tambien una gran parte de los cuerpos inorgánicos.

Preparacion. Para obtener el oxígeno perfectamente puro, se introducen en una retorta de vidrio (*fig. 1.ª*), ocho ó diez gramas de clorato potásico, se adapta al cuello de la retorta un tubo de seguridad, cuya estremidad va á parar á una campana llena de agua, colocada sobre la tabla de la cuba hidroneumática, y se eleva su temperatura con unos carbones encendidos. Bien pronto la sal entra en fusion, hierve y empieza á desprenderse el gas; á poco tiempo la masa adquiere una consistencia pastosa, y la cantidad de gas desprendido aumenta considerablemente hasta tanto que el residuo empieza á henchirse y á presentar un aspecto poroso, en cuyo caso cesa la salida del gas, aun cuando elevemos la temperatura de la retorta hasta el grado del calor rojo. El resultado de la operacion es por una parte oxígeno puro y por otra cloruro potásico, lo cual se concibe fácilmente si se considera que el clorato de potasa puede representarse por KO , ClO^5 , y el cloruro de potasio por KCl , por consecuencia la reaccion puede formularse de la manera siguiente:



Se ve, pues, que un equivalente de clorato de potasa produce seis equivalentes de gas oxígeno, cuya cantidad corresponde á treinta y nueve por ciento próximamente del clorato empleado.

El oxígeno puede estraerse tambien de varios óxidos metálicos, tales como el bióxido de manganeso, el óxido mercúrico, etc.

Usos. Los de este gas son numerosísimos, y su importancia, en el estudio de la química, es extraordinariamente grande; bastará, pues, decir que es indispensable para la existencia de todos los seres que viven en la superficie del globo, y que es el que hace el papel mas importante en el fenómeno conocido con el nombre de combustion.

COMBUSTION Y LLAMA. Antiguamente, y despues de cada una de la teoría del flogisto, se daba el nombre de combustion á la combinacion del oxígeno, ó *cuerpo comburente*, con cual-

quiera de las sustancias simples llamadas colectivamente *cuerpos combustibles*. Si esta combinacion se verificaba con lentitud, no se observaban mas señales exteriores aparentes que las que experimentaba el cuerpo combustible, como puede notarse en la oxidacion del hierro puesto en contacto del aire húmedo. Si, por el contrario, la combinacion era rápida, habia siempre un desprendimiento de calor y de luz proporcionado á la actividad de la combustion y á la cantidad de oxígeno absorbida.

Con la palabra combustion se designa en el dia el fenómeno que se verifica cuando los cuerpos se combinan con desprendimiento de calor, luz y probablemente de electricidad. Sirvan de ejemplo la combustion del arsénico y del antimonio en el cloro, y la que se verifica esponiendo volúmenes iguales de cloro y de hidrógeno á la accion directa de los rayos solares. En ambas hace el cloro el papel de cuerpo comburente, papel que comparte con otras sustancias en algunos fenómenos particulares.

El desprendimiento de calor que se observa durante la combustion merece un exámen atento y detenido. Hace mucho se creia con Lavoissier que la elevacion de temperatura observada provenia de la aproximacion que se verifica entre las moléculas del cuerpo comburente y las del combustible, de lo cual resultaba que la cantidad de calor emitida dependia del estado en que se encontraban estos dos cuerpos al combinarse, de aquel en que se presentaba el compuesto resultante, de la capacidad calorifica de los unos y del otro, y de la proporcion relativa de los cuerpos que entraban en combinacion.

Esta teoria, que esplica bastante bien lo que sucede en la combustion del fósforo y del hierro, es del todo insuficiente cuando se trata de esplicar por ella la del carbon y la del hidrógeno. En efecto, el resultado de la combustion del carbono es un gas conocido con el nombre de ácido carbónico, cuyo volúmen es sensiblemente igual al del oxígeno empleado; resulta, pues, de esto que el carbon ha pasado al estado gaseoso, y en este tránsito debiera haber habido mas bien una absorcion que el desprendimiento de calor que nos manifiesta la esperiencia. Respecto al hidrógeno; bastará comparar por una parte la capacidad calorifica del agua con la de los gases que la constituyen, y observar por otra que el agua, en el

momento de su formacion, produce un vapor que está mucho mas dilatado que sus elementos gaseosos, para que quede bien palpable la insuficiencia de la teoría imaginada por Lavoissier.

Los efectos químicos obtenidos por medio de la pila galvánica y el calor intenso que se nota en las estremidades de dos conos de carbon, por los cuales atraviesa una corriente eléctrica, han sugerido á Berzelius una esplicacion plausible del calor que se observa en un gran número de combinaciones, haciéndole depender de la neutralizacion de las electricidades opuestas de que están dotadas las moléculas de los cuerpos en el momento de su combinacion, como se dijo al tratar de la teoría electro-química.

La mayor parte de los cuerpos combustibles, cuando adquieren una temperatura muy elevada, se queman produciendo una llama, la cual no es otra cosa que la combustion de vapores como en el alcohol, ó la de cuerpos volátiles ó gases como en la cera, el sebo, las resinas, etc. La llama no siempre presenta el mismo grado de brillantéz; los cuerpos que, como el azufre y el hidrógeno, dan por resultado de su combustion sustancias gaseosas, producen una llama muy débil; lo contrario sucede con los que dan lugar á compuestos fijos; sirva de ejemplo la luz brillante que despide el fósforo en su combustion, y la intensidad que se observa en la llama pálida del hidrógeno cuando se coloca dentro de ella un poco de amianto.

Observando atentamente la llama de una bujía ó de una lámpara se distinguen cuatro partes diferentes (*fig. 2*); *a b* parte azulada de la llama que sube hasta *a' b'*; *c* medio de la llama ó espacio oscuro ocupado por los vapores que salen de la mecha; *d* parte mas brillante de la llama colocada al rededor del espacio *c*; *e* capa luminosa que rodea á la anterior, y cuyo mayor espesor corresponde á la cúspide de la llama, y en cuyo punto es mas intenso el calor por la completa combustion del gas.

Resulta pues de una manera evidente, que las llamas no son luminosas sino en la superficie, porque solo en esta parte se encuentran los gases combustibles en contacto con el oxígeno del aire. Tan cierto es esto, que si cortamos el cono luminoso de la llama con una tela metálica medianamente tupida, el gas se enfría hasta el punto de atravesar las mallas del tejido metálico sobre cuya parte superior podemos infla-

marle nuevamente, propiedad que supo utilizar Dawy haciendo aplicacion de ella á la construccion de la lámpara de seguridad ó de mineros, y que ha servido posteriormente para modificar el peligroso aparato conocido con el nombre de soplete de Newman.

RESPIRACION. La respiracion en el hombre y en la mayor parte de los animales consiste esencialmente en la aspiracion de cierta cantidad de aire que entra en los pulmones, el cual es espulsado despues de haber transformado la sangre venosa en arterial. A Priestley y á Lavoissier debe la ciencia las investigaciones mas notables sobre este importante fenómeno. Estos dos hombres célebres descubrieron por esperimentos repetidos y confirmados despues, que el aire espirado contiene mas vapor acuoso, un poco menos de oxígeno y mas ácido carbónico que el aire inspirado; respecto á la cantidad de ázoe es poco mas ó menos igual en ambos. De estos hechos han deducido Lavoissier y Laplace, que cuando la sangre venosa se pone en contacto del aire en los vasos capilares del pulmon, el oxígeno la quita una parte de su carbono, convirtiéndole en ácido carbónico, y una parte de su hidrógeno transformándole en agua cuyos dos productros son espelidos por la contraccion de los pulmones. La sangre venosa, privada asi de parte del carbono y del hidrógeno, recobra todas las propiedades de la sangre arterial.

Los químicos modernos no están conformes con esta teoria. Liebig supone que la combinacion del oxígeno con el carbono é hidrógeno se verifica en todas las partes del organismo, á donde llega aquel unido al hierro de los glóbulos sanguíneos; los cambios de color que presenta la sangre se atribuyen á los que experimentan los glóbulos, y á la presencia en la sangre venosa del ácido carbónico formado.

Aun cuando asi sea, la respiracion se halla tan ligada á la produccion del calor animal, que puede mirarse como la causa principal si no la única de este calor.

De los esperimentos hechos por Seguin y Lavoissier, y admitiendo que un hombre consume en veinticuatro horas 755 litros de oxígeno, resulta que puede consumir el oxígeno contenido en $5\frac{1}{2}$ metros cúbicos de aire atmosférico, lo que pudiera hacer creer que la parte respirable del aire llegará algun día á consumirse; pero para que cese este recelo bastará observar que, aun exagerando los datos, el cálculo ha dado á

Dumas por resultado, que los animales que viven en la superficie de la tierra necesitan ocho mil años por lo menos para consumir todo el oxígeno. Por consecuencia, suponiendo que el aire se haya analizado en el año 1800, y que durante el siglo las plantas dejen de funcionar en toda la superficie del globo, los químicos en el año 1900 encontrarán el oxígeno del aire disminuido solo en $\frac{1}{3000}$ de su peso, cantidad que es inapreciable por nuestros medios de observacion mas exactos, y que puede asegurarse que nada influirá en la vida de los animales y de las plantas.

El oxígeno es efectivamente consumido por los animales convirtiéndole en agua y ácido carbónico; pero es devuelto por las plantas que bajo la influencia de la luz descomponen estos dos cuerpos apoderándose del hidrógeno y del carbono. El autor de la naturaleza sin embargo ha dispuesto que el depósito de aire fuese tal, relativamente al consumo que hacen los animales de oxígeno, que no se haga sentir la necesidad de la intervencion de las plantas para la purificacion del aire sino al cabo de algunos siglos. Pero no se crea por esto que, cuando un animal está encerrado en un espacio limitado, pueda consumir sin notar incomodidad alguna, hasta las últimas porciones del oxígeno que contiene el aire; para ello es necesario que la cantidad de oxígeno sea mas de la cuarta parte del aire que existe. Segun esto, para que un hombre no esperimente un mal estar en una habitacion bien cerrada por veinticuatro horas, se necesita que esta sea por lo menos de catorce metros cúbicos.

LECCION VII.

Hidrógeno.—Carbono.

HIDROGENO, H. EQUIVALENTE 12,50.

Historia. Este cuerpo se conocia ya á principios del siglo XVII, pero sus propiedades no se conocieron bien hasta que Cavendish las estudió en 1776 dándole el nombre de gas inflamable, el cual se cambió despues en hidrógeno, que significa *engendrador del agua*.

Propiedades. Es un gas incoloro, insípido é inodoro cuando está perfectamente puro. Su densidad está representada

por 0,0691 y su potencia refractiva por 6,61. Es el mas electropositivo de todos los metaloides y muy poco soluble en el agua, puesto que cien partes de este liquido disuelven solamente 1,5 de gas hidrógeno.

El hidrógeno apaga los cuerpos en combustion y mata á los animales que lo respiran: no ejerce accion alguna sobre el oxígeno á la temperatura ordinaria, pero tan luego como se aproxima una cerilla encendida á un surtidor por el cual se desprende hidrógeno, arde tranquilamente en presencia del aire, combinándose con el oxígeno y dando lugar á la formacion del agua, la que podemos condensar y recoger en las paredes de un tubo de vidrio ancho, dentro del cual se introduce la llama. Si se proyecta una corriente de este gas por medio de un surtidor estrecho, sobre un pedacito de platino esponjoso recientemente seco, este absorbe y condensa 745 volúmenes de hidrógeno, el cual perdiendo su calórico latente, desarrolla una temperatura capaz de enrojecer al platino, el que á su vez verifica la inflamacion del gas. Si despues de introducir en un frasco dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno aproximamos á la mezcla una cerilla encendida, los dos gases se combinan produciendo una detonacion violenta, y dando por resultado agua en el estado de vapor. El mismo efecto podemos obtener sirviéndonos de una chispa eléctrica.

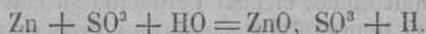
Estado. El hidrógeno no se encuentra en la naturaleza en el estado de libertad, pero sí con mucha abundancia combinado con el oxígeno en el agua, y con el oxígeno y el carbono en las sustancias vegetales; y por último, con los dos anteriores y el nitrógeno en todas las sustancias animales.

Preparacion. El gas hidrógeno puede obtenerse por diversos procedimientos, pero el mas sencillo y comunmente empleado es el siguiente. Se toma un frasco con dos bocas (*fig. 3.*), á una de las cuales se adapta un tubo á propósito para recoger los gases, y á la otra otro tubo recto cuya parte inferior llegue hasta el fondo del aparato, y terminado por la superior en un embudo, como representa la figura. Se introducen en el frasco 40 ó 50 gramas de granalla de zinc ó limaduras de hierro, y la cantidad suficiente de agua para llenarle hasta los dos tercios: dispuesto el aparato de este modo se vierte ácido sulfúrico por el embudo del tubo recto, cuidando de agitar el frasco para evitar su rotura: tan luego como el ácido añadido se pone en contacto con el agua y las limaduras

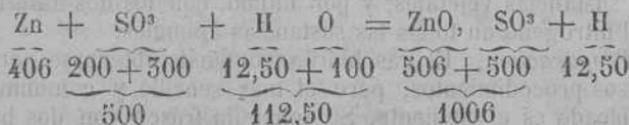
se produce una efervescencia mas ó menos rápida, debida al desprendimiento del hidrógeno, el cual no encontrando otra salida pasa por la estremidad del tubo encorvado á las campanas destinadas para contenerle, préviamente colocadas sobre la cuba hidroneumática.

El resultado de la operacion es por una parte hidrógeno que se desprende, y por otra sulfato de protóxido de zinc ó hierro, que quedan disueltos en el agua del frasco, cuya reaccion se comprenderá fácilmente atendiendo á que el agua se descompone, su oxígeno se fija en el hierro ó en el zinc, con los cuales forma un óxido que combinándose con el ácido sulfúrico, da lugar á uno de los sulfatos indicados, desprendiéndose todo el hidrógeno del agua que quedó en estado libertad.

La reaccion puede formularse de la manera siguiente, suponiendo que hayamos empleado el zinc en su preparacion.



Sirviéndonos de los equivalentes se puede determinar la cantidad en peso de hidrógeno producida por pesos conocidos de ácido sulfúrico, zinc y agua. En efecto, el agua está formada de un equivalente de hidrógeno = 12,50, y de un equivalente de oxígeno = 100; el equivalente del zinc es 406, y el ácido sulfúrico contiene un equivalente de azufre = 200, y tres de oxígeno = 500. Podemos segun esto asentar la siguiente fórmula:



Vemos, pues, que 406 de zinc, actuando sobre 500 de ácido sulfúrico y 112,50 de agua, producen 1006 de sulfato de zinc y 12,50 de hidrógeno.

Este ejemplo manifiesta bien claramente la ventaja de los equivalentes, puesto que por su medio podemos representar en peso las cantidades que intervienen en las reacciones.

Aun cuando en la fórmula anterior no hemos empleado mas que un solo equivalente de agua, debemos, para preparar el hidrógeno, servirnos de una cantidad mayor, con el objeto

de disolver el sulfato de zinc que llegaria á depositarse sobre el metal, impidiendo por este medio que se verificase la reaccion.

El hidrógeno obtenido por este medio tiene un olor aliáceo y empireumático, debido al arsénico y al azufre que generalmente acompañan al zinc del comercio, los que combinándose con el hidrógeno, en el estado nascente, forman gas hidrógeno arsenical y sulfidohídrico. Estos cuerpos extraños pueden separarse del hidrógeno haciéndole pasar antes de recogerle por una disolucion de hidrato de potasa para quitarle el sulfidohídrico, y por otra de bicloruro de mercurio para privarle del hidrógeno arsenical. Cuando se emplea el hierro en la preparacion de este gas, sale mezclado con hidrógeno carbonado, constituyendo un aceite volátil muy fétido, el cual puede separarse haciendo pasar el gas por el alcohol.

Usos. Se emplea el hidrógeno para analizar los gases que contienen oxígeno, para reducir algunos óxidos al estado metálico, y para llenar los globos aereostáticos; por último, mezclando dos volúmenes de este gas con otro de oxígeno, sujetándolos á una presión moderada en un aparato á propósito, é inflamando la mezcla á su salida por un surtidor provisto de varias telas metálicas, se produce una temperatura capaz de fundir los cuerpos mas refractarios.

CARBONO, C. EQUIVALENTE 75,00.

Historia. El carbono se conoce desde la antigüedad mas remota; pero su clasificacion entre los cuerpos simples y su historia química actual solo datan de la época de Lavoissier.

El carbono se encuentra en la naturaleza: 1.º perfectamente puro constituyendo el *diamante*; 2.º mezclado con media centésima de hierro, en el mineral llamado *grafito ó plom-bagina*; 3.º mezclado con sílice, alúmina y óxido de hierro formando el *carbon mineral ó antracita*; 4.º como parte constituyente de las materias vegetales y animales, las cuales nos suministran dos clases de carbon, uno *vegetal ó hidrogenado*, y otro *animal ó azoado*.

DIAMANTE. Los académicos de Florencia primeramente, y despues Lavoissier, Guyton y Dawy han sometido este cuerpo á temperaturas elevadas en contacto del aire atmosférico y del oxígeno puro, probando hasta la evidencia con estos es-

perimentos que el diamante, tan apreciado de todos, no era otra cosa que carbono diáfano y cristalizado.

Propiedades. El diamante es sólido, inodoro é insípido; cristaliza en octaedros y sus derivados, unas veces es incoloro, transparente, pero otras se presenta teñido de azul, verde, amarillo y rosa; su densidad es de 3,55; su potencia refractiva está representada por 3,49 y es el cuerpo mas duro de la naturaleza, puesto que raya á los demás y no puede ser atacado sino por su mismo polvo. Es infusible y no se volatiliza por grande que sea la temperatura á que se le esponga; hasta ahora no se ha encontrado cuerpo alguno que pueda disolverle, habiendo sido por consecuencia infructuosas cuantas tentativas se han hecho para cristalizar el carbono artificialmente. La fundicion de hierro líquida á una temperatura muy elevada, puede sin embargo disolver una cantidad mayor de carbono que la que puede retener á una temperatura mas baja y abandonarla despues á su enfriamiento. El carbono cristalizado por este medio se conoce con el nombre de grafito, y se presenta en láminas negras muy brillantes que difieren notablemente del diamante.

El oxígeno á una temperatura elevada se combina con el diamante, dando lugar á la formacion de un volúmen de ácido carbónico, esactamente igual al del oxígeno empleado, y cuyo peso representa el de estos dos cuerpos. Esta operacion puede hacerse en vasijas cerradas como lo ejecutó Lavoissier, haciendo atravesar los rayos solares por una lente muy fuerte, ó sirviéndose del aparato siguiente.

Se toma un tubo de porcelana enlodado *aa*, en cuya parte media se introduce el diamante, y se coloca sobre un horno (*fig. 4*), se adaptan á las estremidades del tubo dos vejigas *bb*, la una llena de oxígeno y la otra vacía, se eleva la temperatura del tubo hasta enrojecerle, y se hace pasar varias veces el oxígeno de una vejiga á otra comprimiéndola alternativamente; pasado algun tiempo se observa que el diamante ha desaparecido, y que el oxígeno se ha transformado en ácido carbónico conservando absolutamente su volúmen primitivo.

Estado. Los diamantes se encuentran en las Indias orientales y en el Brasil, en un terreno arenáceo y ferruginoso que los naturales llaman *cascalho*, y ordinariamente están recubiertos de una cascarilla opaca mas ó menos gruesa.

Usos. Se emplea el diamante como objeto de lujo, para rayar otros cuerpos y para cortar el vidrio. Luis Berguem en 1476, frotando un diamante con otro, descubrió por una casualidad el modo de tallar este cuerpo.

GRAFITO Ó PLOMBAGINA. Este mineral, conocido tambien con el nombre de mina de plomo, contiene por lo general de 95 á 96 por ciento de carbono puro, y se presenta ó amorfo ó cristalizado en tablas pequeñas, ó en laminitas exagonales bien determinadas, suaves y untuosas al tacto, y que tienen la propiedad de manchar los dedos. Se quema con tanta dificultad como el diamante, y su densidad relativa está representada por 2,5.

El grafito se ha considerado por mucho tiempo como un carburo de hierro, pero el análisis químico ha demostrado que la cantidad de este metal, contenida en el grafito, no pasa las mas veces de media centésima, por cuya razon se le considera hoy como una variedad de carbono cristalizado.

ANTRACITA. Esta sustancia, llamada tambien carbon fósil, es sólida, de color negro, deleznable, áspera al tacto, su estructura es unas veces hojosa, otras compacta y no pocas granuda; su densidad relativa está representada por 1,8, y se encuentra mezclada generalmente con cantidades variables de sílice, alúmina y óxido de hierro.

La antracita se aproxima mucho á la hulla por sus caracteres físicos, de la cual difiere únicamente por no contener betun ni hidrógeno, cuerpos que comunican al carbon de piedra la propiedad de arder con llama. El residuo de la destilacion de la hulla se conoce con el nombre de *coke*, el cual es un carbon poroso de color gris de hierro que atrae fuertemente la humedad del aire y que arde difícilmente, si bien es uno de los combustibles que desarrollan mas calor al quemarse. Se emplea para el tratamiento de los minerales metálicos en hornos altos, y muy particularmente en la fabricacion del hierro; finalmente, es el combustible que se usa comunmente en las locomotoras.

Estado. La antracita se encuentra en terrenos de formacion antigua, al paso que la hulla ó carbon de piedra forma parte de la série inferior de los terrenos secundarios. Ambas se emplean como combustible.

CARBON VEJETAL. Es sólido, de forma irregular, negro, frágil, muy poroso, insípido, inodoro, mas pesado que el

agua, y despues de calcinado conduce bien el fluido eléctrico. Absorve rápidamente la humedad del aire, y en tal cantidad, que raro es el carbon del comercio que no contiene de 8 á 12 por ciento de agua, si como sucede con bastante frecuencia ha sido adulterado por este líquido. Si se eleva la temperatura del carbon en vasijas cerradas, desprende toda el agua que habia absorbido, produciendo además una cantidad de óxido de carbono é hidrógeno carbonado.

El carbono del carbon vejetal se combina fácilmente con el oxígeno; basta introducir en un frasco lleno de este gas un trozo de carbon que tenga un solo punto encendido, para que inmediatamente se active la combustion y todo el carbono pase al estado de ácido carbónico.

Una de las propiedades mas notables que posee el carbon es sin duda alguna la de absorber los gases, y en la cual tienen una influencia directa la temperatura, la presion, la especie de carbon que se emplea y el vacío de sus poros. En esta interesante propiedad, que el carbon parte con los demás cuerpos porosos, está fundado el uso de los filtros de carbon para purificar las aguas corrompidas.

Preparacion. El carbon vejetal se obtiene, ó quemando lentamente trozos de leña colocados de una manera conveniente, ó someténdolos á la destilacion en vasijas de fundicion de hierro. Este último procedimiento tiene sobre el primero la notable ventaja de dar mayor cantidad de carbon, aprovechando además la brea y el ácido acético que resultan de la descomposicion de la madera. El carbon obtenido por este medio está muy distante de ser puro, puesto que el análisis ha descubierto en él sílice, alúmina, óxidos de hierro y de manganeso, y carbonatos de potasa, sosa, cal y magnesia. Si se quiere obtener en un estado grande de division, aunque tambien impuro, es necesario quemar materias resinosa y recoger el humo desprendido sobre lienzos colocados convenientemente. Por último, el mejor medio de obtenerle puro, cual se necesita en los laboratorios de química, consiste en descomponer por el fuego, en vasijas cerradas, el azúcar purificada por cristalizaciones repetidas, calcinando despues el residuo por espacio de media hora al fuego de una forja, con el objeto de separar la porcion de hidrógeno que contiene.

Usos. El carbon vejetal entra en la composicion de la pol-

vora, en la tinta de imprenta, en la de China, y por último su uso es muy frecuente en química como desoxigenante en la reduccion de los óxidos al estado metálico.

CARBON ANIMAL. Aunque en la apariencia difiere poco este cuerpo del carbon vegetal por sus propiedades físicas, se distingue sin embargo por su composicion y por la manera como se conduce con las materias colorantes. En efecto, así como hemós visto que el primero retiene con fuerza una cantidad de hidrógeno, así tambien es muy difícil separar del segundo la porcion de nitrógeno que le acompaña, siendo por otra parte bastante mayor en este último la facultad descolorante, á pesar de no contener mas que un diez por ciento de carbono. Esta propiedad observada, primeramente por Lowitz en el carbon vegetal y despues por Figuier en el animal, y que en muchos casos parece depender de una causa mecánica ó física, se manifiesta de una manera evidente poniendo una disolucion de sulfato de índigo por algunos minutos en contacto de carbon animal pulverizado. Si despues de filtrada la disolucion se trata el carbon que queda en el filtro por la potasa ó la sosa, disueltas en el agua, se observa que la disolucion de estos álcalis pasa teñida al través de aquel, experimento que parece indicar que el fenómeno de la descoloracion depende de una accion química entre el carbon y la materia colorante, en la que el primero hace veces de base, aunque débil, y la segunda de ácido.

Se ha observado tambien que los carbonos animales mates poseen la facultad descolorante en mas alto grado que los brillantes; tan cierto es esto, que si calcinamos la sangre con potasa nos resulta un carbon mate, cuya facultad descolorante es muchísimo mayor que la del carbon brillante que se obtiene por la calcinacion de la sangre sola. Pero no se crea por esto que la accion de la potasa se limite únicamente á la division mecánica del carbono, sino que apoderándose del nitrógeno para formar un cianuro de potasio, puede aumentar diez veces mas la facultad descolorante del carbon estraido de los huesos.

Finalmente, cuando se emplea este último para descolorar líquidos, es indispensable lavarle préviamente con seis ó siete veces su peso de agua, que contenga una cantidad de ácido clorhídrico igual á $\frac{1}{8}$ de la del carbon empleado, prolongando el contacto por veinticuatro horas, y repitiendo las

luciones con agua caliente hasta que no precipite esta por el amoniaco.

Preparacion. El carbon animal se prepara sometiendo á la destilacion en cilindros de hierro, por espacio de treinta y seis horas, los huesos desengrasados y reducidos á pedazos pequeños, en cuya operacion se separan como volátiles un aceite empireumático, hidrógeno carbonado y carbonato de amoniaco, quedando como sustancia fija el carbon unido á la silice y á las sales de cal que entran en la composicion de los huesos.

Usos. Se emplea con frecuencia para decolorar las disoluciones salinas, azucaradas, etc., y el estraído del marfil se emplea en la pintura.

LECCION VIII.

Carburo tetrahídrico.—Carburo dihidrico.

CARBURO TETRAHIDRICO, $C^2 H^4$.

Propiedades. Es un gas insípido, inodoro, incoloro, poco soluble en el agua y de una densidad representada por 0,559. Arde en presencia del aire con una llama azulada, y mezclado con oxígeno ó con aire detona tan luego como se hace pasar por la mezcla una chispa eléctrica, convirtiéndose en agua y en ácido carbónico. Si se pone en contacto con el cloro, á una temperatura elevada, se descompone instantáneamente y da lugar á la formacion del ácido clorhídrico, depositando todo el carbono que contiene.

Composicion. El carburo tetrahídrico puede analizarse introduciendo en el eudiómetro de Volta (*fig. 5*) 100 partes de este gas con 300 de oxígeno y haciendo pasar la chispa eléctrica; si se mide el residuo que queda despues de la combustion le encontramos reducido á 200 partes, de las cuales 100 son de ácido carbónico y las restantes de oxígeno; pero el ácido carbónico formado contiene 50 de vapor de carbono y 100 de oxígeno, luego las otras 100 partes de oxígeno que han desaparecido se han debido combinar con 200 de hidrógeno para formar agua: de lo cual se deduce que las 100 partes de carburo tetrahídrico podemos considerarlas formadas de 50 de vapor de carbono y 200 de hidrógeno, cuya

composicion está confirmada por la densidad de este gas: en efecto,

1 volúmen de aire atmosférico pesa.	1,0000
2 volúmenes de hidrógeno pesan.	$2 \times 0,0691 = 0,1382$
12 volúmen de vapor de carbono pesa.	<u>0,4145</u>
	0,5527

Para saber la cantidad de hidrógeno y de vapor de carbono en peso que contienen 100 partes de carburo tetrahídrico, nos serviremos de las proporciones siguientes:

$$0,5527 : 0,1382 :: 100 : x$$

de donde $x = 25$

$$0,5527 : 0,4145 :: 100 : y$$

de donde $y = 75$

Luego 100 partes de hidrógeno protocarbonado contienen 25 de hidrógeno y 75 de vapor de carbono.

Estado. El carburo tetrahídrico se encuentra en el fondo de los pantanos y de las aguas estancadas, á cuya superficie sube de vez en cuando en forma de burbujas, debiendo su origen á la descomposicion natural de las materias orgánicas. Se encuentra tambien este gas en las minas de carbon de piedra, en las que en presencia del aire y de un cuerpo en combustion producian las detonaciones espantosas que Dawy supo evitar con el uso de su lámpara.

Preparacion. Para obtener este cuerpo basta agitar el lodo de las aguas estancadas, recibiendo el gas que se desprende en frascos llenos de agua invertidos y provistos de embudos anchos.

El gas recogido por este medio contiene ácido carbónico, nitrógeno y oxígeno. Se purifica tratándole por el hidrato de protóxido de potasio que absorbe el ácido carbónico, y por el fósforo que se apodera del oxígeno: la cantidad de nitrógeno que contiene y que varía de 2 á 8 por ciento, no es posible separarla.

Usos. Se emplea este gas inflamable para cocer los ladrillos, la cal, etc., en la falda septentrional de los Apeninos y en otros puntos, donde se desprende naturalmente de la tierra mezclado con una materia cenagosa impregnada de sal,

razon por la que se ha dado á estos manantiales el nombre de *volcanes cenagosos*.

CARBURO DIHÍDRICO, $C^4 H^4$.

Historia. Este cuerpo fue descubierto por los químicos holandeses en 1796, los cuales le dieron el nombre de *gas oleificante*.

Propiedades. Es un gas incoloro, insípido, de olor empi-reumático, apaga los cuerpos en combustion, y su densidad está representada por 0,9784. Arde en contacto del aire cuando se le aproxima una cerilla encendida, despidiendo una llama blanca brillante y trasformándose en agua y ácido carbónico.

Si se le somete á una temperatura elevada, haciéndole pasar por un tubo de porcelana enrojecido, duplica su volúmen y deja depositar el carbono, observándose el mismo fenómeno cuando se somete el gas á una corriente de chispas eléctricas.

El oxígeno y el aire mezclados con el carburo dihidrico le descomponen tan luego como se introduce en la mezcla una cerilla encendida ó se hace pasar por ella una chispa eléctrica; en ambos casos se produce agua, ácido carbónico y una detonacion mas ó menos fuerte, segun la cantidad de gases que han entrado en combinacion.

Si se mezclan dos volúmenes de cloro con uno de carburo dihidrico, y se esponen á la accion de los rayos solares ó á la de una cerilla encendida, detonan con violencia, se deposita el carbono y se forma ácido clorhídrico; pero si la mezcla se verifica entre volúmenes iguales y se abandona por algun tiempo á sí propia en la oscuridad ó á la luz difusa, estos dos gases entran en combinacion y dan lugar á un liquido oleaginoso etéreo que se conoce con el nombre de *hidrocarburo de cloro*.

El azufre puede descomponer al carburo dihidrico por el intermedio del fuego, aislando el carbono y apoderándose de su hidrógeno con el cual forma sulfidohidrico.

Composicion. Se introducen en el eudiómetro 400 partes de oxígeno y 100 de carburo dihidrico, y se hace pasar la chispa eléctrica; si se mide el residuo que queda despues de la combustion le encontraremos reducido á 300 partes, de las

cuales 200 son de ácido carbónico, y las restantes de oxígeno; pero el ácido carbónico formado contiene 100 de vapor de carbono y 200 de oxígeno, luego las otras 100 partes de oxígeno desaparecidas han debido combinarse con 200 de hidrógeno para formar agua, de lo cual se deduce que en 100 partes de carburo dihidrico hay 100 de vapor de carbono y 200 de hidrógeno.

En efecto,

2 volúmenes de hidrógeno pesan. . . 0,1382. . . 14,29.

1 volúmen de vapor de carbono pesa, 0,8290. . . 83,71.

0,9672. 100,00.

Este número se aproxima bastante á la densidad del gas hallada por la esperiencia.

Preparacion. El carburo dihidrico no se encuentra en la naturaleza; se prepara mezclando lentamente en una retorta de vidrio (*fig. 6*) cuatro partes de ácido sulfúrico monohidratado con una de alcohol, cuidando de agitar la mezcla para evitar la rotura del aparato; se adapta á este un tubo encorvado, y se coloca sobre un horno cuya temperatura se eleve gradualmente hasta que el líquido entre en ebullición, se recoge el gas en campanas ó frascos colocados en el baño hidroneumático hasta tanto que se desprendan vapores blancos, y que el líquido aumentando considerablemente de volúmen adquiere un color negro intenso.

Preparado el gas de este modo, sale mezclado con ácidos sulfuroso y carbónico, éter sulfúrico y aceite dulce de vino, pero agitándole con un poco de potasa cáustica, con alcohol debilitado y despues con agua, queda perfectamente puro.

La teoría de esta operacion se comprenderá fácilmente, teniendo presente que el alcohol se compone de un átomo de agua y otro de carburo dihidrico; en este supuesto, el ácido sulfúrico por su afinidad para con el agua se apodera de la que contiene el alcohol, y quedando el carburo dihidrico en libertad se desprende. Pero á medida que avanza la descomposicion del alcohol se retrasa el punto de ebullicion de la mezcla, y llega una época en la que el carburo dihidrico en estado naciente descompone al ácido sulfúrico, de cuya reaccion resulta agua, los ácidos sulfuroso y carbónico que se desprenden con el gas y el carbon que queda por residuo.

Usos. El carburo dihidrico se emplea en varios puntos de

Europa para el alumbrado, pero el destinado á esta aplicacion importante se estrae descomponiendo la resina y el aceite á una temperatura elevada, ó sometiéndolo á la destilacion la hulla ó carbon de piedra.

LECCION IX.

Fósforo.—*Fosfuros de hidrógeno.*

FÓSFORO, P. EQUIVALENTE 400.

Historia. Este cuerpo fué descubierto casualmente por Brand, alquimista de Hamburgo en 1669, y despues por Kunkel, pero el método que se empleaba en su preparacion permaneció en secreto hasta el año 1737, en que el Gobierno francés se lo compró á un extranjero; poco tiempo despues Scheele y Ganh descubrieron el procedimiento para extraerle con abundancia de los huesos calcinados, en vez de servirse de la orina empleada hasta entonces, y desde aquella época se pudieron estudiar perfectamente sus propiedades.

Propiedades. El fósforo es sólido á la temperatura ordinaria susceptible de cristalizar en dodecaédros romboidales, insípido y de un olor débilmente aliáceo. Cuando está puro es tan flexible que se le puede doblar siete ú ocho veces en sentido inverso sin romperle; pero con solo que contenga $\frac{1}{1000}$ de azufre pierde está propiedad y se hace quebradizo. Su densidad relativa está representada por 1,77. Su color es amarillo de topacio, pero si despues de haberle fundido se enfria de repente pierde la transparencia con que se presenta ordinariamente y adquiere un color negro, el cual desaparece sometiéndole nuevamente á la fusion y á un enfriamiento lento. Se funde á 43°, y entra en ebullicion á 290°, transformándose en un vapor incoloro que se condensa por el enfriamiento, cuya operacion debe dirigirse con sumo cuidado por la facilidad con que el fósforo se inflama en contacto del aire.

Espuesto á la accion de la luz cambia su color en rojo, bien sea que se encuentre en el vacío, en el nitrógeno, en el aire ó en el hidrógeno, fenómeno que se atribuye á una pequeña cantidad de óxido formado á espensas de la descomposicion del agua.

El fósforo en contacto con el aire, á la temperatura y pre-

sion ordinarias, esparce vapores blancos de ácido hipofosfórico, fenómeno que no se verifica con el oxígeno en las mismas circunstancias, á menos que no se disminuya la tension de este gas, ó se le mezele con ázoe, hidrógeno ó ácido carbónico. A la temperatura de 40°, por el contrario, el fósforo arde rápidamente en el aire y en el oxígeno puro, transformándose en ambos casos en ácido fosfórico anhidro y en óxido rojo de fósforo.

Se habia creido que el agua hervida no ejercia accion sobre el fósforo, y que solo en el caso que contuviese aire se formaba el óxido rojo y una pequeña porcion de ácido fosforoso, que disolviéndose en el líquido le comunicaba sus propiedades ácidas; pero Pelouze ha demostrado que la costra blanca de que se recubre el fósforo conservado en agua hervida, y que se suponía fuese un óxido particular, es un hidrato compuesto de cuatro átomos de fósforo y uno de agua = $P^4 H^2 O$.

Estado. El fósforo no se encuentra puro en la naturaleza, pero sí combinado con el oxígeno y la cal, formando el fosfato básico de cal contenido en los huesos.

Preparacion. Se mezclan cuatro partes de fosfato ácido de cal reducido por la evaporacion á la consistencia de jarabe, con una de carbon calcinado y pulverizado; se seca la mezcla á una temperatura elevada, y se introduce en una retorta de barro enlodada, que se coloca en un horno de rebervero, se adapta al cuello de la retorta una alargadera de cobre (*fig. 7*) cuya estremidad se sumerge en un frasco bitubulado lleno hasta su mitad de agua, el cual se hace comunicar con un segundo y tercer frasco que contiene tambien agua, y este último un tubo recto de tres pies de longitud y media pulgada por lo menos de diámetro, destinado á dar salida á los gases. Se eleva la temperatura de la retorta gradualmente hasta que se enrojezca, en cuya época empiezan á desprenderse los gases, óxido de carbono é hidrógeno carbonado y fosforado, que provienen de la accion del carbon sobre el agua y el ácido fosfórico, y se continúan produciendo hasta el final de la operacion, sirviéndonos para regular la marcha de esta. Pasadas las cuatro primeras horas empieza á volatilizarse el fósforo, condensándose poco tiempo despues en el agua del frasco y al final de la operacion, que dura veinticuatro á treinta horas, en la alargadera y en el cuello de la retorta.

Se purifica el producto obtenido colocándole despues de frio en un pedazo de gamuza mojado, con el que se forma una muñequita que se introduce en agua hirviendo, dentro de la cual se tiene hasta que haya adquirido esta la temperatura de 40 á 45°. Llegado este momento se comprime la muñequita con unas pinzas, con el objeto de hacer pasar todo el fósforo fundido al través de los poros de la piel, quedando en su parte interior el carbon y el óxido de fósforo que le impurificaban.

Para reducirle á la forma cilindrica con que se encuentra en el comercio, se sumerge una de las estremidades de un tubo de vidrio en el fósforo fundido debajo del agua, y se hace una succion con la boca por la estremidad opuesta, luego que se ha llenado el tubo hasta sus tres cuartas partes próximamente se le sumerge en agua fria, en la que se solidifica el fósforo, y el mas pequeño golpe es suficiente para separarle del tubo.

Usos. Se emplea en química para analizar el aire atmosférico, y para la fabricacion de las cerillas fosfóricas; en medicina se usa como un estimulante enérgico.

Combinaciones del fósforo con el hidrógeno.

El fósforo se combina con el hidrógeno en tres proporciones, produciendo: 1.º una combinacion gaseosa conocida con el nombre de hidrógeno fosforado; 2.º un compuesto liquido que contiene una cantidad mayor de fósforo, y 3.º un compuesto sólido mas rico aun en fósforo que los dos anteriores.

HIDROGENO FOSFORADO.

Historia. Este cuerpo fué descubierto por Gegembre en el año 1793, calentado el fósforo con una disolucion de potasa cáustica.

Propiedades. Es un gas incoloro, de un olor parecido al de los ajos, el sabor es amargo, y su densidad relativa está representada por 1,185: es muy poco soluble en agua, se inflama espontáneamente en contacto del aire, y cada búrbuja que se desprende de la superficie del mercurio ó del agua arde con esplosion, produciendo una corona de humo que se va ensanchando á medida que se eleva en la atmósfera.

El producto de esta combustion es agua y ácido fosfórico.

Si se conserva este gas por algun tiempo sobre el mercurio, deja depositar en las paredes de la campana en que está contenido una pequeña porcion de un cuerpo de color moreno, y pierde la propiedad de inflamarse espontáneamente en el aire, sin que á pesar de esto varíe apenas su volumen y composicion.

La diferencia que se observa entre estos dos gases proviene de una corta porcion de otro hidrógeno fosforado mas rico en fósforo, que existe en el gas espontáneamente inflamable, y que puede obtenerse en el estado líquido, sometiendo este último en un tubo en forma de *U* á una temperatura bastante baja.

Despojado el hidrógeno fosforado por este medio del fosforo líquido, pierde la propiedad de inflamarse espontáneamente en el aire, al menos que no se eleve á 100° su temperatura.

Existen varios cuerpos como el ácido clorhidrico, etc., que hacen perder al gas hidrógeno fosforado la propiedad de inflamarse en el aire, en tanto que hay algunos tales como el bioxido de azoe que le devuelven su inflamabilidad, quitándole una pequeña porcion de su hidrógeno, haciéndole pasar por este medio al estado de hidruro de fósforo líquido, que reducido á vapor permanece mezclado con el gas no descompuesto.

Si se quiere demostrar que la inflamabilidad espontánea del gas hidrógeno fosforado á la temperatura ordinaria proviene de la presencia del vapor del fosforo líquido, bastará añadir á cualquier gas combustible una corta cantidad de este vapor. Asi pues, si introducimos en una campana llena de hidrógeno una sola gota del fosforo de hidrógeno líquido, obtendremos una mezcla gaseosa que se inflama espontáneamente en contacto del aire.

Estado. Se cree que este gas se produce en sitios en que se encuentran enterradas materias animales, y que atravesando por las hendiduras del terreno se inflama en contacto del aire y dá lugar á los fuegos llamados *fátuos*.

Preparacion. Se obtiene el gas hidrógeno fosforado calentando en un matracito una mezcla de cal, agua y pedazos pequeños de fósforo (*fig. 8*). El agua se descompone, su hidrógeno se combina con parte del fósforo para formar fosforo

trihídrico que se desprende, mientras que el oxígeno combinándose con la otra parte de fósforo da lugar á la formación del ácido hipofosforoso, que unido á la cal produce el hipofosfito de cal.

FOSFURO DE HIDROGENO LIQUIDO.

Propiedades. Es muy poco estable y no puede conservarse sino en la oscuridad, pues tan luego como se espone á la acción de la luz se descompone en gas hidrógeno fosforado, y en un cuerpo sólido amarillo naranjado que es un tercer fosfuro de hidrógeno, que contiene mayor cantidad de fósforo que el fosfuro líquido. Este cuerpo sólido es el que se deposita en las paredes de las campanas, en las que se conserva el gas hidrógeno fosforado espontáneamente inflamable, como ya hemos manifestado.

LECCION X.

Azufre.—Iodo.—Bromo.

AZUFRE, S. EQUIVALENTE 200.

Historia. El azufre se conoce desde la mas remota antigüedad, pero antes del siglo XVII designaban los químicos con este nombre todas las sustancias inflamables, cualquiera que fuese su naturaleza, y aunque Becher y Stalh rectificaron estas ideas, consideraron sin embargo todavía al azufre como un cuerpo compuesto, hasta tanto que reconocida su naturaleza por los químicos franceses lo colocaron entre las sustancias elementales.

Propiedades. Es sólido, de color amarillo de limon, insípido, deleznable, susceptible de cristalizar en agujas brillantes ó en octáedros, y su densidad relativa está representada por 1,99. Si se frota con un pedazo de tela de lana desarrolla un olor bastante perceptible y adquiere la electricidad negativa, la que conserva por bastante tiempo en el punto frotado. Es mal conductor del calor, pero por poco que se eleve la temperatura de un cilindro de azufre en alguno de sus puntos, basta casi siempre para que se perciba un pequeño ruido que proviene de la separación de sus moléculas, debida á la des-

igual dilatacion que experimentan, llegando algunas veces á ser tan considerable esta separacion que produce la rotura del cilindro.

Espuesto el azufre á la temperatura de 108° se funde conservando su color natural, pero calentándole hasta 160° se espesa y adquiere un color rojizo; si se continúa elevando la temperatura entre 220 y 250° adquiere una consistencia tan considerable que puede invertirse el crisol sin que se vierta; por último, si la temperatura se aproxima al punto de ebullicion adquiere el azufre parte de la fluidez que tenia á 108° y un color rojo oscuro.

Si cuando está perfectamente líquido se enfria repentinamente, se solidifica y adquiere la fragilidad que le es propia en su estado natural; pero si se hace la misma operacion con el azufre pastoso ó blando, conserva este estado aun despues del enfriamiento, fenómeno que se atribuye á una colocacion particular de sus moléculas; por último, elevando la temperatura del azufre á 400° entra en ebullicion y se volatiliza condensándose al enfriarse, bajo la forma de un polvo fino que se conoce con el nombre de flor de azufre.

Ni el oxígeno ni el aire á la temperatura ordinaria ejercen accion sobre el azufre, pero á 150° arde con una llama azul, transformándose en ácido sulfuroso.

Estado. El azufre se encuentra en la naturaleza en los terrenos volcánicos, unas veces cristalizado en octáedros y otras en masas traslucientes ú opacas; entra tambien en la composicion de los sulfuros y sulfatos, y por último las sustancias animales y aun algunas vegetales le contienen en mayor ó menor cantidad.

Estraccion. El azufre que circula en el comercio se estrae de las tierras con las que se encuentra mezclado en las inmediaciones de los volcanes, ó del bisulfuro de hierro que con tanta abundancia nos suministra la naturaleza. Cuando nos servimos de las primeras, basta calentarlas en unas ollas de tierra cocida, colocadas en un horno de galera; el azufre se funde, y separándose por su menor densidad de las sustancias térreas, corre líquido por los tubos laterales que tienen las ollas y pasa á otras segundas vasijas agujereadas en su fondo y colocadas sobre una tina de madera llena de agua dentro de la cual se solidifica el azufre. Si se emplea el bisulfuro de hierro, la operacion, que difiere bien poco de la anterior, está redu-

cida á calentar el mineral en cilindros de barro que comunican con recipientes de madera llenos de agua, teniendo cuidado de no elevar demasiado la temperatura, pues en este caso, fundiéndose el sulfuro inutilizará completamente los cilindros. Cualquiera que sea el procedimiento que se emplee, el producto obtenido contiene algunas sustancias que le imperifican, de las cuales es indispensable separarle. Esto se consigue volatilizándolo el azufre en un cuarto de plomo, de tal manera dispuesto, que pueda obtenerse á voluntad en estado líquido ó sublimado; en el primer caso corre por el plano inclinado que forma el suelo y sale por un agujero practicado en la parte inferior, y se recibe en moldes de madera humedecidos, cuya forma toma y constituye el azufre en cañon que circula en el comercio.

Usos. El azufre se emplea para preparar los ácidos sulfurosos y sulfúrico, y varios sulfuros de un uso frecuente en medicina; entra en la composición de la pólvora, y por último las artes han sacado gran partido de este cuerpo destinándole al blanqueo de las telas de seda y lana.

YODO, I. EQUIVALENTE 1585,9.

Historia. Este cuerpo le descubrió Curtois el año 1811, calentando casualmente el residuo incristalizable de las sosas de los salgazos con una pequeña cantidad de ácido sulfúrico; pero las propiedades químicas de este cuerpo, examinadas primeramente por Clement, fueron despues completamente estudiadas por Gay-Lussac, Dawy, Vauquelin y varios otros químicos notables.

Propiedades. El yodo se presenta cristalizado en laminitas romboidales brillantes ó en octáedros de color gris azulado, parecido al de la plumbagina, su olor es análogo al del cloro debilitado, ó mas bien, al del cloruro de azufre, y su densidad relativa está representada por 4,946 á la temperatura de 17°. Es uno de los cuerpos mas electro-negativos que se conocen; tiñe la piel de color amarillo, y desaparece tan luego como el yodo se volatiliza, y por último destruye los colores vegetales aunque con menos intensidad que el cloro.

Espuesto á la temperatura de 107° se funde, y entra en ebullición á la de 175°, transformándose en un vapor que pre-

senta un hermoso color violado, y cuya densidad está representada por 8,7.

El iodo tiene muy poca afinidad con el oxígeno; así que, estos dos cuerpos solo se combinan en el estado naciente. Su afinidad para con el hidrógeno es, por el contrario, tan considerable, que le separa de su combinación con otros cuerpos para formar el ácido iodhídrico.

El agua disuelve $\frac{1}{150}$ de iodo, y adquiere un color amarillo oscuro que desaparece por la acción de la luz, fenómeno que depende de la descomposición del agua por el iodo y de la transformación de este en ácidos iódico é hidriódico, que permanecen disueltos.

Estado. El iodo no existe libre en la naturaleza, pero se le encuentra formando parte de algunas plantas marinas tales como los fucos, algas y salgazos, y combinado con la plata formando el ioduro argéntico hallado por Vauquelin en un mineral argentífero del Brasil.

Preparación. Después de haber concentrado convenientemente las aguas madres de la sosa de los salgazos, en las cuales existe el iodo combinado con el potasio, se colocan en una retorta (*fig. 9*) con un exceso de ácido sulfúrico concentrado. Se adapta al cuello de la retorta una alargadera que comunica con un recipiente tubulado, y se coloca sobre un hornillo cuya temperatura se vaya elevando gradualmente hasta que el líquido entre en ebullición. En el momento que se verifica la mezcla empiezan ya á observarse los vapores del iodo, los que continúan desprendiéndose durante la ebullición del líquido, y condensándose en la alargadera y en el recipiente.

La teoría de la operación es muy sencilla si se atiende á que el ioduro de potasio descompone el agua, cuyos elementos combinados con los de aquel forman hidriodato de potasa; este es á su vez descompuesto por parte del ácido sulfúrico, con el cual forma sulfato de protóxido de potasio, en tanto que la otra parte del ácido sulfúrico, cediendo oxígeno al ácido hidriódico forma agua y gas sulfuroso, dejando al iodo en el estado de libertad.

Se purifica el producto de la operación lavándole dos ó tres veces en agua fría, comprimiéndole entre papeles de filtro y destilándole nuevamente sobre cortas cantidades de cloruro de calcio fundido.

Usos. Se emplea el iodo para preparar varios productos farmacéuticos, cuyas aplicaciones son del mayor interés, usándose además como un excelente reactivo para reconocer la presencia del almidón con el que forma un ioduro de color violáceo.

BROMO, Br. EQUIVALENTE 999,062.

Historia y propiedades. Este cuerpo, descubierto por Ba-lard en las aguas madres de las marismas, es un líquido de color rojo oscuro cuando se observa en masa y por reflexión, y rojo de jacinto cuando se interpone entre el ojo y la luz una capa delgada, su olor es fuerte y desagradable, análogo al del cloro, y su densidad relativa está representada por 2,96; tiñe la piel de amarillo, cuyo color, si el contacto se prolonga por algún tiempo no desaparece sino con el epidermis, siendo además un veneno tan enérgico, que una sola gota colocada sobre el pico de un pájaro es suficiente para darle la muerte.

Espuesto á la temperatura de -20° pasa al estado sólido y se hace quebradizo; se volatiliza fácilmente á la temperatura ordinaria, fenómeno que contrasta de una manera notable con su densidad; entra en ebullición á 47° , y el vapor que en ambos casos se produce es muy parecido por su color al del ácido hiponitrico.

La afinidad del bromo para con el oxígeno es muy pequeña; así es que estos dos cuerpos no pueden entrar en combinación sino en el momento en que se separan de otros, ó lo que es lo mismo en su estado naciente.

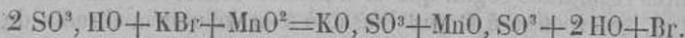
El hidrógeno, por el contrario, se combina fácilmente con el bromo bajo la influencia de la luz solar, dando lugar á la formación del bromido hídrico, á cuya propiedad debe este cuerpo la facultad descolorante que comparte con el cloro.

El agua disuelve una cortísima cantidad de bromo; pero el alcohol y especialmente el éter le disuelven muy bien.

Estado y preparación. El bromo se encuentra combinado con el magnesio en las aguas madres de las salinas, de las cuales se extrae haciendo pasar por ellas una corriente de cloro, que combinándose con el magnesio deja al bromo libre y disuelto en el agua. Se trata esta disolución con el éter, el cual apoderándose de todo el bromo disuelto en el agua se coloca en la parte superior de este líquido. Se separa por de-

cantacion el éter saturado de bromo, y se trata con una disolucion de protóxido de potasio, el que cediendo una parte de su oxígeno al bromo, forma bromato de potasa y bromuro de potasio. Se evapora el líquido hasta sequedad, y se calcina el residuo, compuesto de bromato y de bromuro, con el objeto de que perdiendo el primero todo el oxígeno que contiene se transforme en bromuro, hecho lo cual, se pulveriza y mezcla con peróxido de manganeso y ácido sulfúrico diluido en una retorta de vidrio (*fig. 10*), provista de un tubo encorvado que se sumerge en un frasco que contiene agua fria. Poco tiempo despues empieza á volatilizarse el bromo, y condensándose en el cuello de la retorta se deposita en el fondo del frasco. La teoría de la operacion se comprenderá con facilidad, teniendo presente que el bromuro de potasio descompone el agua, cuyos elementos combinados con los de aquel forman bromhidrato de protóxido de potasio. Por otra parte, el bióxido de manganeso cediendo oxígeno al ácido bromhídrico forma agua y deja libre al bromo que se volatiliza, en tanto que el ácido sulfúrico, combinándose con los protóxidos de potasio y manganeso, constituye dos sulfatos que quedan en disolucion.

Esta última reaccion puede formularse de la manera siguiente:



Usos. El bromo no se ha empleado hasta ahora mas que en algunos esperimentos de química, y en estos últimos años para la preparacion de las placas daguerrianas.

LECCION XI.

Cloro.—Fluor.—Nitrógeno.

CLORO, Cl. EQUIVALENTE 443,02.

Historia. Este cuerpo, descubierto por Scheele en el año 1774, se consideró por mucho tiempo como un compuesto de ácido muriático y oxígeno; pero las investigaciones de Gay-Lussac y Thénard, y los ulteriores trabajos de varios otros químicos han demostrado que el ácido muriático oxige-

nado de los antiguos podía y debia considerársele como cuerpo simple.

Propiedades. El cloro es un gas amarillo verdoso, cuyo olor y sabor son tan desagradables y característicos que solo ellos bastan para darle á conocer. Su densidad relativa está representada por 2,42, y su potencia refringente por 2,62, segun Dawy. Si se introduce una cerilla encendida dentro de una campana llena de este gas, palidece en el primer momento, adquiere despues un color rojo, y finaliza por apagarse. Sin embargo, el cloro sostiene la combustion de algunos cuerpos, y aun inflama el fósforo, el antimonio y el arsénico á la temperatura ordinaria. Si se somete el cloro á una presion de cuatro ó cinco atmósferas, disminuyendo al propio tiempo la temperatura se transforma en un líquido de color amarillo intenso, muy fluido y estremadamente volátil cuando se espone á la presion ordinaria.

El oxígeno no se combina con el cloro, á menos que se presenten el uno al otro en estado naciente, en cuyo caso pueden formar dos óxidos y dos ácidos.

De todas las propiedades del cloro, la mas notable es la manera cómo se conduce con el hidrógeno. Si se llena un frasco con partes iguales de estos dos gases, obtendremos diferentes resultados segun que el frasco se conserve en la oscuridad, se esponga á la luz difusa, ó á la influencia directa de los rayos solares. En el primer caso, los dos gases permanecerán mezclados aun despues de algunos dias sin experimentar la menor alteracion; en el segundo, si ha pasado el tiempo suficiente, los dos gases se combinarán con lentitud y encontraremos el frasco lleno de ácido clorhidrico gaseoso, pero cuando un rayo de sol, una chispa eléctrica ó una cerilla encendida atraviesa la mezcla, la combinacion se verifica instantáneamente, produciendo una detonacion que rompe el frasco en multitud de fragmentos.

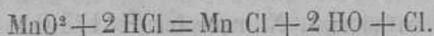
El agua á la temperatura y presion ordinarias disuelve vez y media su volúmen de este gas y la disolucion presenta los mismos caractéres que el cloro gaseoso. Espuesta á la temperatura de 2° ó 3°, se forman unos cristallitos laminares de color amarillo oscuro, compuestos próximamente de 28 de cloro y 72 de agua. La luz difusa, y con mas razon los rayos solares, ejercen una accion muy notable sobre la disolucion de cloro, puesto que el agua se descompone, su hidrógeno se

combina con el cloro para formar ácido clorhídrico y el oxígeno se desprende. Esta descomposición se evita, ó colocando la disolución en frascos de color azul ó cubriendo los blancos con una funda de papel negro.

La disolución del cloro en el agua, así como también el cloro gaseoso, ejercen una acción muy enérgica sobre las sustancias orgánicas. Transforman por lo general las materias colorantes en una sustancia amarilla ó morena, soluble en el agua y en los álcalis, cuyo fenómeno se atribuye á la combinación del cloro con todo el hidrógeno de la materia colorante; siendo además probable, que la acción que este gas ejerce sobre los miasmas dependa de la misma causa.

Estado y preparación. El cloro, aun cuando es muy abundante en la naturaleza, jamás se encuentra en el estado de libertad. Se prepara introduciendo en un matrás treinta partes de peróxido de manganeso, sobre el cual se vierten ciento de ácido clorhídrico concentrado; se calienta levemente el aparato, después de haber aplicado al cuello del matrás un tubo á propósito para recoger el gas, en una campana ó en frascos llenos de agua saturada de sal común. Si se quisiera obtener disuelto en el agua, emplearíamos el aparato de Woolf (*fig. 11*), compuesto de varios frascos de tres bocas, colocados como lo indica la figura.

La teoría de la operación es muy sencilla. El bióxido de manganeso y el ácido clorhídrico se descomponen, el oxígeno del primero se combina con el hidrógeno del segundo y forma agua. El cloro que ha quedado libre se divide en dos partes, una de las cuales se desprende, mientras que uniéndose la otra con el manganeso forma el protocloruro de manganeso. Estos resultados pueden indicarse con brevedad sirviéndonos de la siguiente fórmula:



Es necesario observar, que si en esta operación se desprende cloro, es por que no existe un cloruro de manganeso correspondiente al bióxido.

Usos. El cloro disuelto en el agua se emplea para blanquear las telas de algodón, lino y cáñamo, las estampas y libros viejos, para quitar las manchas de tinta, y finalmente para desinfectar el aire.

FLUOR, F. EQUIVALENTE 235,454.

Historia. Ampere fué el primero que consideró al ácido fluorico como un hidrácido, y atendiendo á sus propiedades corrosivas dió á su radical el nombre de *phloro*, que significa destructor.

Propiedades. El fluor, segun Baudrimon, es un gas de color pardo amarillento oscuro, su olor es parecido al de una mezcla de cloro y azúcar quemada, y despues del oxígeno es el cuerpo mas electro-negativo que se conoce. Tiene la propiedad de decolorar la tintura de añil, no ataca al vidrio y se combina directamente con el oro.

Estado. Este cuerpo se encuentra con bastante abundancia en el reino mineral, unido al calcio, constituyendo el espato fluor; suele encontrarse tambien, aunque rara vez, combinado con el hierro, cerio, itrio y algunos otros metales.

Preparacion. Varias han sido las tentativas hechas por los químicos para aislar este cuerpo de sus combinaciones, pero hasta hace pocos años todas han sido infructuosas. Pelouze asegura haberlo conseguido colocando el fluoruro argéntico en un vaso de espato fluor, y haciendo pasar por él una corriente de cloro, en cuya operacion el cloro se combina con la plata del fluoruro, y el fluor se desprende en su estado natural gaseoso.

Posteriormente Baudrimon dice, que ha llegado á obtener el fluor, haciendo pasar el fluoruro de boro por minio á la temperatura del calor rojo, y recogiendo el gas desprendido en una vasija bien seca.

Usos. El fluor produce algunas combinaciones de bastante utilidad para las artes.

NITRÓGENO, N. EQUIVALENTE 175,0.

Historia. Este cuerpo se confundió en un principio con el ácido carbónico, hasta que Rutheford y Scheele le distinguieron en 1772, en cuya época se conocia con los nombres de aire viciado y aire mefítico, los cuales se han sustituido despues por el de *ázoe*, que significa privativo de la vida, y por el de *nitrógeno*, ó engendrador del nitro.

Propiedades. Es un gas sin color ni olor, insípido y menos

pesado que el aire, su densidad media relativa está representada por 0,972, y su potencia refractiva por 0,020. Apaga los cuerpos en combustion y mata á los animales que le respiran.

El oxígeno no ejerce accion sobre el nitrógeno, cualquiera que sea la temperatura á que se espongan estos dos gases; sin embargo, si se mezcla un volúmen de aire con cuatro de oxígeno húmedo, y se hace pasar por ellos una corriente de chispas eléctricas, se forma una cantidad de ácido nítrico bastante notable para enrojecer la tintura de tornasol, si bien no se quema toda la cantidad de nitrógeno contenido en el aire. Lo contrario sucede si la mezcla se verifica entre una parte en peso de gas nitrógeno y dos de hidrógeno, quemándola por pequeñas porciones en una cantidad de oxígeno suficiente para que se verifique la oxidacion de ambos, pues en este caso la temperatura que se desarrolla por la combustion del hidrógeno facilita la del nitrógeno, y se forma agua y ácido nítrico.

En ambos casos, para que la formacion del ácido nítrico tenga lugar, no es suficiente la temperatura, sino que es indispensable ademas la presencia del agua ó de otro cuerpo oxidado con el que pueda combinarse.

El agua solo disuelve 0,016 de su volúmen, por consecuencia es menos soluble que el oxígeno.

Estado. El nitrógeno es muy abundante en la naturaleza; constituye las $\frac{1}{5}$ partes del aire atmosférico, entra como factor en muchas sustancias orgánicas de ambos reinos y se encuentra ademas en algunos minerales compuestos.

Preparacion. El nitrógeno se estrae del aire atmosférico, para lo cual se quema un exceso de fósforo en cierta cantidad de aire, cuyo oxígeno combinándose con el fósforo forma ácido fosfórico y deja en libertad al nitrógeno. Preparado de este modo dista mucho de su perfecto estado de pureza, pues que se encuentra mezclado con una corta cantidad de vapor de fósforo y ácido carbónico. Estos dos cuerpos se separan, haciendo pasar al frasco donde está contenida la mezcla unas burbujas de eloro, que combinándose con el fósforo forman un cloruro soluble en el agua; se añade despues un poco de potasa cáustica, la que combinándose con el ácido carbónico forma un carbonato que queda tambien en disolucion en el líquido.

Hay otro procedimiento bastante sencillo, que consiste en hacer pasar una corriente de cloro por amoniaco cáustico disuelto en el agua. Teniendo el cloro mayor afinidad con el hidrógeno que con el ázoe, descompone una parte del amoniaco apoderándose de su hidrógeno para formar ácido clorhídrico, dejando aislado al nitrógeno, mientras que el amoniaco no descompuesto, combinándose con el ácido clorhídrico forma el clorhidrato de amoniaco.

Usos. Se emplea el nitrógeno para preparar atmósferas artificiales, dentro de las que se ponen en contacto los cuerpos, sobre los cuales puede ejercer alguna accion el oxígeno del aire.

LECCION XII.

Amoniaco. — Aire atmosférico.

AMONIACO, NH_3 .

Historia. Este cuerpo se conocia desde muy antiguo con el nombre de álcali volátil, pero se ignoraba su composicion, siendo notable que no variase de nombre cuando Berthollet la dió á conocer.

Propiedades. El amoniaco es un gas incoloro, transparente, de sabor ácre y cáustico, su olor es picante y escita las lágrimas, su densidad está representada por 0,597.

Devuelve el color azul á la tintura de tornasol enrojecida por un ácido, y neutraliza los ácidos mas enérgicos.

Espuesto á una temperatura muy elevada, haciéndole pasar por un tubo de porcelana enrojecido, se descompone parcialmente, fenómeno que se verifica con mas facilidad, colocando en el tubo hilos de cobre, hierro ó platino. Sometido á una corriente de chispas eléctricas se descompone en sus dos factores hidrógeno y ázoe, duplicando su volúmen. Analizada esta mezcla con el oxígeno en el eudiómetro nos sirve para fijar de un modo indudable la composicion del amoniaco.

El gas amoniaco se liquida á la temperatura de -48° . Faraday ha conseguido obtenerle en este estado por el procedimiento siguiente. Se toma un gramo de cloruro de plata, y se espone en frío á una corriente de gas amoniaco, del cual absorve 320 centímetros cúbicos. Saturado de este modo el

cloruro de plata, se introduce en un tubo *abc* (fig. 12), cuya estremidad *c* se cierra á la lámpara. Se calienta la estremidad *a* que contiene el cloruro de plata amoniacoal, introduciéndola en un baño de agua, cuya temperatura se vaya elevando sucesivamente hasta 58°, la cual es suficiente para que el cloruro se funda y entre en ebullicion, abandonando completamente todo el amoniaco, el cual viene á condensarse en la parte *bc* del tubo, que está sumergida en hielo, bajo la forma de un líquido incoloro, muy movable, y cuya densidad relativa está representada por 0,76. Si se deja enfriar el cloruro, vuelve el amoniaco á su primitivo estado, y es absorbido al poco tiempo por el cloruro argéntico.

El oxígeno descompone el amoniaco á una temperatura elevada, dando por resultado agua, una corta porcion de ácido nítrico y ázoe libre. El carbon auxiliado por el calor le descompone tambien, produciendo hidrógeno carbonado, y una sustancia de olor de almendras amargas, que probablemente será ácido cianhidrico. El iodo y el cloro actúan á la temperatura ordinaria sobre el amoniaco, formando con el primero un ioduro líquido, viscoso, de aspecto metálico, el cual tratado por el agua deja depositar un polvo negro, que es el ioduro de ázoe. La accion del segundo es bastante enérgica, como lo hemos manifestado al tratar de la preparacion del nítrógeno, pero todavía es mucho mas notable cuando se presentan estos cuerpos, el uno al otro en el estado gaseoso, pues que se observa un desprendimiento considerable de calor y de luz.

El agua disuelve á la temperatura ordinaria 450 volúmenes de gas amoniaco puro, siendo tal la afinidad que tiene para con este líquido, que en el momento en que se destapa una campana llena de gas colocada sobre una vasija que contenga agua, esta se lanza con una velocidad tan estraordinaria, que suele romper en muchos casos la campana; siendo por consecuencia conveniente tener la precaucion de recubrirla con un pedazo de lienzo bastante grueso, para evitar que pueda herirse el operador. Un trozo de hielo colocado en las mismas circunstancias se funde inmediatamente y produce fenómenos análogos.

Estado natural. El amoniaco se encuentra en la naturaleza combinado con otros cuerpos; forma parte de los excrementos de los camellos y de la orina, y se desprende con bas-

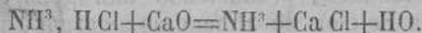
tante abundancia en la fermentacion pútrida de las materias animales.

Preparacion. Se obtiene el gas amoniaco calentando una mezcla compuesta de una parte de clorhidrato de amoniaco pulverizado, y dos de cal viva en una retorta (*fig. 15*), la cal descomponiendo el ácido clorhídrico forma agua y cloruro de calcio, mientras que el amoniaco se desprende y se recoge en una campana colocada sobre el baño de mercurio.

La reaccion puede representarse de la manera siguiente:



ó bien sirviéndonos de las fórmulas



Si queremos obtener el gas amoniaco perfectamente seco, es indispensable hacerle pasar por un tubo lleno de fragmentos de potasa cáustica; pues aun cuando el exceso de cal que empleamos en su preparacion sirve para retener el agua formada, siempre se desprende una porcion de este líquido reducido á vapor, especialmente al final de la esperiencia, época en la que se eleva notablemente la temperatura de la mezcla.

La disolucion del amoniaco en el agua se prepara empleando el aparato de Woolf (*fig. 14*). Se coloca una mezcla de cal apagada y sal amoniaco en una retorta, á la que se adapta un tubo encorvado, el cual se introduce en un frasco llamado de locion, y que solo contiene una corta cantidad de agua: el gas pasa desde luego al primer frasco y de este á los siguientes, llenos de agua hasta los tres cuartos, en la cual se disuelve desarrollando una temperatura bastante elevada, razon por la que es conveniente refrescar el frasco en que se verifica la disolucion, para evitar el desprendimiento de una porcion de gas disuelto.

Usos. Se emplea el amoniaco frecuentemente para la curacion de las mordeduras de los animales rabiosos, y para quitar las manchas de grasa de nuestros vestidos.

AIRE ATMOSFERICO.

Historia. Los antiguos consideraban el aire atmosférico como un elemento, hasta que Lavoissier en 1774 dió á conocer la composicion de tan interesante cuerpo, si bien Brun y Juan Rey en 1630 habian hecho ya algunos esperimentos, que conducian á descubrir su naturaleza, los cuales quedaron olvidados hasta que Bayen, contemporáneo de Lavoissier, llamó la atención sobre el aumento de peso que adquirian los metales cuando se les calentaba en contacto del aire.

Propiedades. El aire atmosférico es un flúido elástico, perfectamente inodoro, insípido, incoloro, y cuya densidad, expresada por la unidad, sirve de término de comparacion para determinar las densidades de los demás gases.

Un litro de aire á la temperatura de 0° y á la presion de 0^m,760 pesa segun Regnault 1^g,293187.

Espuesto el aire á una temperatura elevada, ó á un frío intenso, no experimenta la menor alteracion. Su potencia refractiva es 1,00 y con ella se comparan la de los demás gases. La electricidad no ejerce accion alguna sobre el aire atmosférico, al menos que no esté húmedo ó contenga alguna sustancia alcalina, pues en ambos casos se forma una pequeña cantidad de ácido nítrico.

Composicion. El aire atmosférico está formado esencialmente de una mezcla de oxígeno y ázoe, cuyas proporciones son sensiblemente iguales en todos los puntos del globo; contiene además una corta cantidad de ácido carbónico, otra variable de vapor acuoso, y finalmente algunos otros gases ó vapores que provienen de la descomposicion de las sustancias vegetales y animales, si bien en proporciones casi inapreciables.

El análisis del aire se compone de dos operaciones que deben ejecutarse separadamente: la primera tiene por objeto determinar la cantidad de ácido carbónico y agua que se encuentran en él, y la segunda la determinacion del oxígeno y del ázoe que constituyen la mezcla.

La cantidad de ácido carbónico contenido en el aire es muy pequeña, siendo por esta razon muy difícil apreciarla con exactitud. Si solo queremos manifestar su presencia, bastará poner en contacto del aire una disolucion de cal en el agua;

poco tiempo se necesita para que, combinándose el ácido carbónico con la cal, se formen unas películas blancas cristalinas de carbonato de cal insoluble.

Thénard fué el primero que en 1812 empleó un método á propósito para determinar con exactitud la proporción de ácido carbónico contenido en el aire. Este método consiste en hacer el vacío en un globo grande de cristal y llenarle de aire, cuyo ácido carbónico es absorbido por el agua de barita. El peso del carbonato de barita obtenido por este medio nos da á conocer el del ácido carbónico existente en el aire, que hemos sometido al experimento. La cantidad de ácido carbónico encontrada por este medio es próximamente $= \frac{1}{1000}$, cuyo resultado ha sido confirmado posteriormente por los experimentos de Saussure, Brunner y Boussingault.

El método empleado por estos dos últimos es sumamente sencillo y susceptible de gran precisión. Consiste en hacer pasar por medio de la aspiración producida por la salida de un líquido un volumen determinado de aire seco por un sistema de tubos absorbentes á propósito para retener el ácido carbónico. El aumento de peso de estos tubos representa el peso del ácido carbónico absorbido.

Para regularizar la salida del líquido, Boussingault ha añadido al aspirador un vaso de Mariotte. Como absorbentes ha empleado pequeños fragmentos de pómez empapados en ácido sulfúrico concentrado, para retener el agua que contiene siempre el aire; y otros fragmentos de la misma sustancia empapados en una disolución de potasa para retener el ácido carbónico. Desde que Boussingault ha dado á conocer este aparato, los tubos llenos de pómez humedecida con ácido sulfúrico ó con potasa se han hecho de un uso muy frecuente en los laboratorios.

De los experimentos hechos por Saussure resulta: 1.º que la cantidad media de ácido carbónico en el campo es generalmente mayor por la noche que por el día, sucediendo lo contrario en las grandes poblaciones: 2.º que el aire contiene mayor cantidad de este ácido en verano que en invierno: 3.º que las lluvias disolviendo el ácido carbónico disminuyen su proporción: 4.º que se aumenta sensiblemente por los vientos y heladas fuertes: 5.º que existe en mayor cantidad sobre las montañas que sobre las llanuras, y en sitios ocupados por muchas personas que al aire libre.

La presencia del vapor acuoso en el aire se prueba fácilmente, ó por medio de un cuerpo frio y bien seco, sobre cuya superficie se condense el vapor, ó sirviéndonos de sustancias higrométricas, tales como el cloruro de calcio, la potasa, etc., las cuales absorviendo la humedad del aire aumentan de peso y se reducen al estado líquido.

Para determinar con exactitud la cantidad de agua contenida en el aire, se hace pasar lentamente un volúmen conocido de este cuerpo por un tubo que contenga hilos de amianto impregnados de ácido sulfúrico concentrado, y cuyo peso hayamos determinado de antemano. El aumento de peso que experimente el tubo que contiene el ácido sulfúrico, nos dará á conocer la cantidad de vapor acuoso contenido en el volúmen de aire sometido á la esperiencia, puesto que dicho ácido no puede absorver ni el oxígeno ni el nitrógeno.

Conocidas ya las cantidades de ácido carbónico y vapor acuoso que existen en el aire, solo nos resta, para concluir el análisis de tan interesante cuerpo, dar á conocer los medios mas sencillos que se emplean en el dia, para averiguar las proporciones de oxígeno y nitrógeno que entran en su composicion.

Para analizar el aire por medio del hidrógeno se introducen en un eudiómetro de Volta cien volúmenes de aire atmosférico con otros ciento de hidrógeno, y se hace pasar la chispa eléctrica. Si medimos el residuo que queda despues de verificada la combinacion, le encontramos compuesto de 137 partes, lo cual prueba de una manera inequivoca, que las 65 partes que han sido absorvidas, se han transformado en agua, y como este cuerpo está formado de dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno, es evidente que dividiendo por tres el número 65, el cociente nos dará la cantidad de oxígeno contenida en las 100 partes de aire que hemos sometido á la esperiencia.

Añadiendo á las 137 partes que constituyen el residuo un exceso de oxígeno, y volviendo á hacer pasar la chispa, habrá una absorcion de 87 volúmenes; y si introducimos en el residuo un pedacito de fósforo que absorva el oxígeno escedente nos quedarán 79 de ázoe.

Dumas y Boussingault han obtenido resultados muy aproximados á los anteriores, pesando directamente el oxígeno y el ázoe contenidos en el aire atmosférico.

El aparato que estos químicos han empleado consiste en un globo vacío que comunica con un tubo lleno de cobre metálico reducido por el hidrógeno, y cuyo peso debe obtenerse con toda exactitud. Este tubo tiene dos llaves que sirven para hacer un vacío lo mas perfecto posible en su parte interior.

Se calienta el cobre hasta la temperatura roja, y se abre la llave por la que debe pasar el aire, despues de haber abandonado completamente todo el ácido carbónico y el vapor de agua que contiene al atravesar por una série de tubos en forma de *U*, llenos unos de piedra pómez empapada en ácido sulfúrico, y otros de potasa disuelta ó en fragmentos pequeños.

El aire se precipita en el tubo, y cede inmediatamente todo su oxígeno al cobre; pasados algunos minutos se abre la otra llave del tubo y la del globo de cristal, para que pase á éste todo el ázoe aislado. Luego que el globo se haya llenado casi completamente se cierran las llaves, se desmonta el aparato y se pesan separadamente el globo y el tubo con todas las precauciones necesarias: verificada esta operacion, se hace en ambos el vacío y se vuelven á pesar. La diferencia entre estos dos pesos nos dará á conocer el del ázoe. La cantidad de oxígeno estará representada por el aumento de peso que ha adquirido el tubo durante la operacion.

El aparato está representado en la figura siguiente (*figura 15*):

B representa un globo de cristal de 10 á 15 litros de capacidad, en el cual se hace el vacío, y cuyo peso se determina con la mayor exactitud posible. Este globo comunica con el tubo eudiométrico *CC'* de vidrio refractario lleno de cobre metálico: este tubo, cuyo peso debe tambien determinarse con exactitud, tiene dos llaves *rr* que sirven para hacer el vacío en su parte interior.

El aire que entra en el tubo por la estremidad *x* para dirigirse al globo de cristal, se ve precisado á pasar antes por un aparato de bolas de Liebig que contiene una disolucion concentrada de potasa: los dos tubos *TT* están llenos de piedra pómez humedecida con una disolucion de potasa, y los otros dos *T' T''* contienen potasa en fragmentos.

Estos cinco aparatos están destinados á absorber el ácido carbónico del aire.

El tubo de Liebig *L'* que le sigue, contiene ácido sulfúrico concentrado, y los tubos *T'''* *T''''* están llenos de piedra pómez humedecida con ácido sulfúrico. Estos últimos tubos sirven para absorber completamente el agua que el aire puede contener.

Los diferentes análisis ejecutados por estos y otros medios, han dado por resultado que el aire contiene término medio en volúmen

	Oxígeno.	20,90
	Azoe.	79,10
		<hr/>
		100,00
ó en peso	Oxígeno.	25,10
	Azoe.	76,90
		<hr/>
		100,00

Las proporciones de estos dos gases son con cortísima diferencia las mismas, cualquiera que sea la localidad y la altura en donde se haya tomado el aire sometido á la experiencia, siempre que no esté aislado. Esto es por lo menos lo que resulta de los análisis ejecutados por Gay-Lussac, y de los practicados recientemente en París por Dumas y Boussingault, y repetidos en Berna, Ginebra, Bruselas y Copenhague. Sin embargo, Lewy ha demostrado recientemente que el aire recogido en lo mas próximo posible de la superficie del agua en el mar del Norte contiene 22,6 por ciento de oxígeno, en tanto que el recogido en la costa contiene 25,0: diferencia que atribuye Lewy á la mayor solubilidad del oxígeno en el agua, y á la cantidad de este gas que necesitan los animales marítimos para su respiración.

La investigación de las sustancias gaseosas que se encuentran accidentalmente mezcladas con el aire, y que provienen de la putrefacción de las materias animales debe llamar la atención de los químicos, en razón á que por pequeña que sea su cantidad, ejercen una influencia perjudicial sobre la economía animal. En efecto, la insalubridad del aire en las inmediaciones de las aguas estancadas en los arrozales, y en todos los sitios pantanosos, no nos permite dudar de la existencia en el aire de cuerpos extraños que alteran notablemen-

te sus propiedades, si bien hasta ahora han sido infructuosas todas las tentativas hechas por los químicos para averiguar la naturaleza de estos miasmas.

Saussure fue el primero que encontró en el aire una sustancia carbonada diferente del ácido carbónico: para conseguirlo, mezcló aire atmosférico privado de ácido carbónico con un tercio de hidrógeno, y sometió la mezcla á la acción de la electricidad; verificada por este medio la combustión de la sustancia carbonada, ensayó el gas resultante por el agua de cal, y obtuvo un precipitado de carbonato de cal.

Estos esperimentos han sido confirmados posteriormente por Boussingault. Este químico ha encontrado además en el aire una sustancia hidrogenada, cuya cantidad de hidrógeno aprecia, haciendo pasar una corriente de aire perfectamente seco, y privado de ácido carbónico, por un tubo de vidrio lleno de óxido de cobre enrojecido. El hidrógeno de estas sustancias se apodera del oxígeno del óxido de cobre para formar agua, que se condensa en un tubo lleno de amianto empapado en ácido sulfúrico. El aumento de peso que el tubo adquiere despues de la operacion, nos da á conocer la cantidad de agua formada, y por consecuencia la del hidrógeno contenido en el aire.

Algunos químicos suponen que este principio hidrogenado y carbonado á la vez no es otra cosa que el carburo tetrahídrico que con tanta abundancia se desprende en algunos puntos de la superficie de la tierra, y aun pudiera admitirse con otros que una parte del agua y del ácido carbónico que se obtienen por los medios analíticos de que acabamos de hablar, se debe á la combustión de los cuerpos sólidos, cuya presencia en el aire se demuestra tan fácilmente, y que no son retenidos por los tubos absorbentes.

La identidad que se observa en la composición del aire recogido en diferentes puntos de la superficie de la tierra, ha sido la causa de que algunos químicos hayan considerado á este cuerpo, no como una mezcla de oxígeno y azoe, sino como una verdadera combinación entre estos dos gases. Vamos á esponer las principales razones que manifiestan la inexactitud de esta opinion.

La esperiencia ha demostrado que la combinación de dos gases se verifica siempre en relaciones estremadamente sencillas. Ahora bien, la relación sencilla que mas se aproxima á

la composicion del aire, deducida del análisis, es la que resulta de suponer á este cuerpo compuesto de

$\frac{1}{5}$ de oxígeno, ó bien oxígeno.	20,00
$\frac{4}{5}$ de ázoe.	80,00

cuyos números se alejan demasiado de los resultados obtenidos por el análisis, para que podamos atribuir la diferencia á errores cometidos en el experimento, con tanta mas razon cuanto que los análisis hechos por diferentes medios nos han dado resultados exactamente acordes.

Sabemos además que cuando dos gases entran en combinacion hay siempre desprendimiento de calor y de luz, fenómeno que no tiene lugar cuando se mezclan oxígeno y ázoe, sin que por esto las propiedades de esta mezcla artificial difieran en nada de las del aire atmosférico.

Por último, segun las observaciones de Dulong el aire atmosférico posee un poder refringente igual á la suma de los poderes refringentes del oxígeno y del ázoe que entran en su composicion, siendo así que se ha observado que el poder refringente de los gases compuestos es constantemente mayor ó menor que el que corresponde á sus elementos.

OXIDOS Y ACIDOS METALOIDEOS.

LECCION XIII.

Diferencia entre óxidos y ácidos metaloideos.—Protóxido de hidrógeno.

Se llaman óxidos metaloideos unos compuestos binarios que resultan de la combinacion del oxígeno con los cuerpos simples no metálicos. Ninguno de estos compuestos enrojece las tinturas azules de los vegetales, ni devuelve su primitivo color á las enrojeadas por los ácidos. Todos, á escepcion del protóxido y bióxido de hidrógeno, son susceptibles de transformarse en ácidos por la absorcion de una nueva cantidad de

oxígeno, y por último ninguno es capaz de neutralizar los ácidos para formar sales.

Los ácidos metaloideos son, como lo indica su nombre, unos compuestos que resultan de la combinación del oxígeno ó del hidrógeno con un metaloide; los primeros se conocen con el nombre de *oxácidos*, y los segundos con el de *hidrácidos*; unos y otros, cuando son solubles, tienen un sabor ágrico mas ó menos fuerte, enrojecen las tinturas azules de los vegetales, y se combinan con las bases ú óxidos metálicos, produciendo compuestos salinos.

PROTOXIDO DE HIDROGENO. = AGUA, HO.

Historia. El agua, del mismo modo que el aire, fue considerada por los antiguos como un elemento, hasta que á fines del siglo XVIII Lavoissier puso fuera de toda duda la composición de tan interesante cuerpo.

Propiedades. El agua es líquida á la temperatura ordinaria, transparente, incolora en masas pequeñas, inodora é insípida.

Espuesta á la temperatura de 0° cristaliza en agujas entrelazadas, que producen masas transparentes continuas, y cuya forma cristalina no siempre es fácil determinar. No sucede lo mismo con los copos de nieve y con la escarcha, que observados detenidamente con el microscopio los vemos compuestos de cristales de forma prismática exagonal prolongados, y que se agrupan al rededor de un centro para formar estrellas. Estos cristales poseen la doble refracción, y pertenecen al sistema romboédrico.

El agua, bajo la presión ordinaria de la atmósfera al nivel del mar, entra en ebullicion á la temperatura invariable de 100°, reduciéndose al estado de vapor transparente, inodoro, incoloro, y cuya densidad está representada por 0,662.

El agua disuelve una cantidad de oxígeno, tanto mas considerable cuanto mas baja es la temperatura y mayor la presión. El aire tambien se disuelve en este líquido, observándose además, que la cantidad disuelta contiene treinta y dos ó treinta y tres por ciento de oxígeno, en vez de veintiuno que contiene el aire atmosférico. Este fenómeno se atribuye á la mayor solubilidad del oxígeno. Las aguas que no contienen aire en disolucion son pesadas é indigestas.

El carbono descompone el agua á una temperatura elevada, apoderándose de su oxígeno para formar ácido carbónico y óxido de carbono, que se desprenden mezclados con una porción de carburo tetrahídrico.

El cloro, bromo y iodo la descomponen tambien, apoderándose de su hidrógeno para formar los ácidos clorhídrico, bromhídrico y iodhídrico.

El agua se combina con varios cuérpos en porciones definidas, y constituye los compuestos conocidos con el nombre de *hidratos*.

Composicion. El agua está compuesta de dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno, ó de 88,87 de oxígeno y 11,13 de hidrógeno en peso.

Se puede analizar el agua descomponiéndola por la pila, ó haciéndola pasar en estado de vapor por un tubo de porcelana enrojecido, dentro del cual hayamos colocado alambres de hierro bien pulimentados. Se hace comunicar una de las estremidades del tubo con una retorta que contenga una cantidad conocida de agua destilada, en tanto que la estremidad opuesta se pone en comunicacion con un serpentin, cuya parte inferior se introduce en un frasco de dos bocas. Este frasco se pone en comunicacion por medio de un tubo, con una campana graduada, colocada sobre la cuba hidroneumática. Dispuesto el aparato de esta manera, se enrojece el tubo de porcelana y se calienta el agua de la retorta hasta la ebullicion. Una parte del vapor que atraviesa el tubo se descompone en oxígeno, que se combina con el hierro, y en hidrógeno: este pasa á la campana graduada, mientras que la porción de vapor no descompuesto se condensa en el serpentin y se deposita en el frasco, con quien este comunica. La cantidad de oxígeno unida al hierro podremos averiguarla pesando el metal antes y despues de la operacion; respecto al peso del hidrógeno, le obtendremos fácilmente conociendo el volúmen obtenido y la densidad relativa de este cuerpo.

Por medio de la síntesis podremos tambien asegurarnos de la composicion del agua. Bastará para esto introducir en un eudiómetro doscientos volúmenes de hidrógeno y doscientos de oxígeno y hacer pasar la chispa eléctrica; una vez verificada la combinacion, se observa que las paredes interiores del aparato están recubiertas de una capa de humedad, y que queda un residuo de cien volúmenes de oxígeno puro, que pue-

den ser absorbidos completamente por el fósforo. Resulta, pues, de este experimento, que para formar el agua ha sido necesario que se combinen doscientos volúmenes de hidrógeno con ciento de oxígeno.

Finalmente, Dumas ha fijado con exactitud por la síntesis la composición ponderal del agua, reduciendo un peso conocido de óxido de cobre por el hidrógeno puro y seco; en este caso la composición del agua se deduce del peso del óxido antes del experimento, del peso del metal reducido, y por último, del agua formada durante la operación. En efecto, si representamos por P un peso conocido de óxido de cobre, y por P' el peso del cobre reducido, $P - P'$ representará el peso del oxígeno contenido en el óxido. Si ahora pesamos exactamente el agua producida, y de su peso restamos el peso $P - P'$ del oxígeno, la diferencia entre estas dos cantidades nos dará á conocer la del hidrógeno, que se ha unido al oxígeno para formar agua.

Por este medio se ha conseguido determinar el peso de los dos elementos que entran en la composición de tan interesante cuerpo.

Estado natural. El agua es muy abundante en la naturaleza. En el estado sólido constituye el hielo, las escarchas y la nieve. En el estado líquido forma los mares, ríos, lagos, etc., y finalmente, en el estado de vapor entra á componer una gran parte de la atmósfera que rodea nuestro globo.

El agua líquida jamás se encuentra pura en la superficie de la tierra. La de lluvia, recogida con cuidado, es una de las mas puras, si bien siempre contiene en disolución todas las sustancias que existen en el aire atmosférico. La composición de las aguas de los ríos, manantiales y pozos varía notablemente con la naturaleza de los terrenos por donde pasan, encontrándose frecuentemente en ellas cloruros, sulfatos y carbonatos de cal, de magnesia y algunos veces de potasa, sosa y alúmina.

Generalmente son insípidas, y por consecuencia á propósito para beber; disuelven regularmente el jabón, conservan su transparencia aun despues de la ebullición, dejan muy poco residuo cuando se evaporan, y cocen bien las legumbres. Estas aguas son las que se llaman potables ó dulces, para distinguirlas de las conocidas con el nombre de crudas, las cuales, careciendo de estas propiedades, no pueden utilizarse en los usos domésticos.

Las aguas crudas se dividen en *selenitosas* y *calcáreas*. Las primeras contienen una cantidad más ó ménos considerable de sulfato de cal, no se enturbian por la ebullicion, y precipitan abundantemente por el oxalato amónico y el cloruro de bário.

Las aguas crudas de la segunda especie contienen carbonato de cal, disuelto á beneficio de un exceso de ácido carbónico; se enturbian por la ebullicion, por el agua de cal y por el contacto prolongado del aire. Estas aguas pueden utilizarse en los usos domésticos: 1.º hirviéndolas por algunos instantes y dejándolas reposar; 2.º agitándolas en contacto del aire; 3.º tratándolas por el agua de cal hasta que no produzcan precipitado por este reactivo.

Las aguas selenitosas podemos utilizarlas para jabonar y cocer las legumbres, tratándolas por una disolucion de carbonato de sosa.

Preparación del agua destilada. La destilacion del agua tiene por objeto separar de este liquido los cuerpos estranos que tiene en disolucion, lo cual se consigue reduciéndola al estado de vapor en un aparato llamado alambique (fig. 16), y condensando este vapor por medio del enfriamiento.

No deben recogerse las primeras porciones de agua destilada, porque arrastran consigo los cuerpos gaseosos volátiles que el agua tiene en disolucion, ni debe tampoco apurarse demasiado la destilacion, porque en este caso podrian muy bien descomponerse los cuerpos fijos contenidos en el agua, dando lugar á compuestos gaseosos ó volátiles que impurificarian las últimas porciones del producto destilado.

Los reactivos de que podemos servirnos para asegurarnos de la pureza del agua son:

Las *aguas de cal* ó *de barita*, que nos indican la presencia del ácido carbónico.

El *cloruro de bário*, que precipita los sulfatos.

El *nitrate de plata*, que forma con los cloruros un cloruro argéntico insoluble.

El *oxalato amónico*, que precipita las sales de cal.

El *ácido sulfhídrico* ó los *sulfuros*, que indican la presencia de los metales.

El *bicloruro de mercurio*, el *cloruro de oro* ó el *sulfato de zinc*, que precipitan las sustancias orgánicas.

El agua destilada que sometida al examen de estos cuer-

pos no dé la mas pequeña porcion de precipitado, y evaporada sobre una lámina de platino no deje residuo alguno debe considerarse como pura, pudiendo por consecuencia emplearse la sin temor en las operaciones quimicas mas delicadas.

LECCION XIV.

Oxido de carbono.—**Acido carbónico.**

OXIDO DE CARBONO; CO. Este óxido se forma en los hornos de fundición y en los hornos de cal, cuando se quema el carbón.

Historia. El óxido de carbono fue descubierto por Priestley al reducir el óxido de zinc, pero confundido por él con el hidrógeno carbonado, no se conoció bien su naturaleza, hasta que Clement y Desormes descubrieron su verdadera composición.

Propiedades. Es un gas incoloro, insípido é inodoro, su densidad es 1,957, apaga los cuerpos en combustión, y asfixia á los animales que le respiran.

Expuesto en contacto del oxígeno á una temperatura muy elevada, absorbe $\frac{1}{2}$ volúmen de este gas con desprendimiento de calor y luz, y se transforma en ácido carbónico. Arde en presencia del aire con una llama azul que le es característica, convirtiéndose en ácido carbónico. El agua solo disuelve $\frac{1}{16}$ de su volúmen. No ejerce acción alguna sobre la tintura de tornasol, ni se combina con los ácidos, ni con las bases.

Si se esponen á la acción de la luz solar volúmenes iguales de cloro y de óxido de carbono, la mezcla se reduce á la mitad, dando lugar á un compuesto conocido con el nombre de ácido cloroxicarbónico.

Estado. El óxido de carbono no se encuentra en la naturaleza, pero se forma siempre que se pone el oxígeno ó el ácido carbónico en contacto de un exceso de carbono á una temperatura elevada.

La presencia de este gas es la que produce el mal-estar y los dolores de cabeza que se sienten, cuando se quema el carbon de los braseros colocados en habitaciones poco ventiladas.

Preparacion. El gas óxido de carbono se prepara calentando en una retorta de barro, colocada en un horno de reverbero, una mezcla de carbon y de carbonato de cal pulverizados. La teoría de la operacion es sumamente sencilla,

atendiendo á que el carbonato de cal se descompone á una temperatura elevada en ácido carbónico y óxido de calcio. El ácido carbónico en presencia del carbon pierde una parte de su oxígeno, y se convierte en óxido de carbono que se desprende. Se purifica el producto agitándole por algunos instantes en una disolución de potasa cáustica, para que absorva la pequeña cantidad de ácido carbónico, que casi siempre acompaña al óxido de carbono. $q, 100$ —

ACIDO CARBONICO, CO^2 .

Historia. Este cuerpo conocido antiguamente con los nombres de *gas*, *aire fijo*, *ácido mesfítico*, *ácido cretoso*, etc., fué descubierto por Van-Helmont al calcinar las piedras calcáreas; pero Lavoissier fué quien en 1776 dió á conocer su naturaleza, y determinó la proporeion de sus principios constitutivos, la cual ha sido confirmada posteriormente por Berzelius y otros químicos.

Propiedades. Es un gas incoloro, de sabor ácido poco perceptible y olor picante; enrojece débilmente la tintura de tornasol; apaga los cuerpos en combustion, y asfixia á los animales que le respiran. Su densidad es mayor que la del aire, y está representada por 1,529, razon por la cual podemos trasvasarle como si fuera un liquido, y recogerle sin necesidad de cuba hidroneumática.

El calor no produce la menor alteracion en el ácido carbónico, pero haciendo pasar por este gas una corriente de chispas eléctricas, se descompone parcialmente en oxígeno y óxido de carbono, fenómeno tanto mas notable cuanto que por la influencia del fluido eléctrico, el oxígeno y el óxido de carbono entran en combinacion para producir el ácido carbónico.

Sometido el ácido carbónico á una presion de 36 atmósferas, y á la temperatura de 0° , se transforma en un liquido incoloro, muy movable, dotado de una dilatabilidad mayor que la de los gases, y cuya densidad á 0° está representada por 0,858. Espuesto este liquido á la temperatura y presion ordinarias, pasa rápidamente al estado de vapor, produciendo un frio que se ha valuado en -100° . Si hacemos pasar un sirtidor de ácido carbónico liquido á una botella de cristal ó mejor á una caja metálica de paredes delgadas, observamos que la parte interior de estos aparatos se llena casi completamente

de unos copos blancos de ácido carbónico sólido, formado á espensas de la enorme disminucion de temperatura producida en el cambio de estado. El ácido carbónico sólido puede permanecer bastante tiempo en contacto del aire, sin someterle á mayor presion que la de la atmósfera, porque su poca conductibilidad hace que su evaporacion se efectúe con mucha lentitud. A pesar de que la temperatura del ácido carbónico sólido es por lo menos de -90° , podemos tener una pequeña cantidad sobre la mano sin experimentar una sensacion de frio tan considerable como pudiera creerse, en razon á que el ácido sólido está desprendiendo constantemente una corriente de ácido gaseoso que impide el contacto; pero por poco que le comprimamos entre los dedos, se experimenta una sensacion muy dolorosa, semejante en un todo á la que produce un hierro candente.

La intensidad del frio producido por el ácido carbónico sólido se aumenta considerablemente mezclándole con el éter, en razon á que este segundo cuerpo aumenta su conductibilidad, y favorece la evaporacion del primero. Empleando esta mezcla, cuya accion es mayor en el vacío producido por la máquina neumática, es cómo se consigue solidificar el mercurio, dándole el aspecto del plomo, y liquidar el cloro, el protóxido de azoe, el ácido sulfuroso, etc., etc.

El hidrógeno descompone el ácido carbónico gaseoso á una temperatura elevada, dando por resultado agua y óxido de carbono.

El carbono le descompone tambien, convirtiéndole en óxido de carbono.

El agua á la temperatura y presion ordinarias, disuelve un volumen igual al suyo de ácido carbónico; pero aumentando la presion, y disminuyendo la temperatura, se la puede hacer disolver hasta seis volúmenes, los cuales se desprenden cuando se coloca en el vacío, ó se eleva su temperatura. La dissolution del ácido carbónico tiene un sabor ácido agradable, y enrojece débilmente la tintura de tornasol.

Estado. El ácido carbónico es muy abundante en la naturaleza, existe en el aire y en las aguas que están en contacto de la atmósfera, en los pozos y galerías de las minas de carbón de piedra, y en un gran número de grutas ó cavernas naturales.

La fermentacion, la combustion, la descomposicion es-

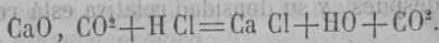
pontánea de los cuerpos orgánicos, los volcanes en actividad y la respiracion de los animales, son otros tantos manantiales de ácido carbónico, que los vejetales descomponen inmediatamente por la influencia de la luz solar, apoderándose del carbono, y dejando en libertad el oxígeno.

El ácido carbónico se desprende tambien por las hendiduras de algunos terrenos, que en otras épocas han experimentado convulsiones volcánicas, y los manantiales de las aguas que salen de la tierra en estas localidades contienen las más veces cantidades considerables de este ácido, hasta el punto de hacerlas efervescentes, cuando llegan á la superficie.

Por último, la naturaleza nos presenta el ácido carbónico en estado de combinacion con la mayor parte de los óxidos metálicos, constituyendo los mármoles, la creta, las margas y varios otros carbonatos, como los de barita y hierro.

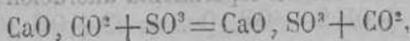
Preparacion. Para obtener el ácido carbónico, se introducen agua y unos fragmentos de mármol en un frasco de dos bocas (fig. 3.^a), á una de las cuales se ajusta un tubo para recoger el gas, y á la otra un tubo mas largo terminado en un embudo, por el cual se vierte el ácido clorhídrico. Tan luego como este ácido se pone en contacto con el mármol, se manifiesta una efervescencia rápida, producida por el desprendimiento de ácido carbónico. La teoría de la operacion es muy sencilla, si se observa que el carbonato de cal se descompone en ácido carbónico y óxido de calcio, el cual reaccionando sobre el ácido hidroclopórico, forma agua y un cloruro de calcio soluble.

Podemos representar la reaccion por medio de la fórmula siguiente:



Es conveniente dejar perder las primeras porciones del gas obtenido, porque de lo contrario saldría mezclado con el aire atmosférico contenido en el aparato, y en los poros del carbonato de cal. Consideraremos como perfectamente puro el ácido carbónico, si es absorbido completamente por una disolucion de potasa cáustica.

El ácido clorhídrico puede reemplazarse por el sulfúrico; en este caso podemos representar la reaccion de la manera siguiente:



En esta preparacion se forma, como lo indica la fórmula, ácido carbónico y sulfato de cal.

Este último método no está exento de inconvenientes en efecto, siendo el sulfato de cal poco soluble en el agua, se va depositando á medida que se forma sobre los fragmentos de mármol, impidiendo el contacto y disminuyendo por consecuencia la reaccion entre estos y el ácido sulfúrico. La solubilidad del cloruro de calcio, que resulta en el primer método, nos obliga á dar la preferencia al ácido clorhídrico.

Usos. Se emplea este cuerpo para la preparacion de las aguas minerales artificiales, para la fabricacion artificial de los vinos espumosos, á quienes comunica sus propiedades; y finalmente para preparar el albayalde ó carbonato de plomo tan empleado en las artes.

LECCION XV.

Acido sulfuroso.—Acido sulfúrico monohidratado.

ACIDO SULFUROSO, SO_2 .

Historia. El ácido sulfuroso ha debido ser uno de los primeros que se conocieron, si bien se ignoraba su composición, hasta que Lavoissier la dió á conocer con exactitud en 1777 quemando azufre en el gas oxígeno.

Propiedades. Es un gas incoloro, de un olor particular que escita la tos, oprime el pecho y sofoca á los animales que le respiran. Enrojece en un principio la tintura de tornasol, descolorándola despues, y su densidad relativa está representada por 2,247.

Espuésto el ácido sulfuroso bien seco á una temperatura de -10° se liquida inmediatamente. Para conseguirlo basta hacerle pasar al través de una esfera A (fig. 17) rodeada de nieve y sal comun, ó mejor aun de nieve y cloruro de calcio. En este estado es un líquido incoloro, muy móvil, y cuya densidad está representada por 1,42. Hierve á $+40^\circ$, y al reducirse rápidamente al estado de vapor, produce un frío suficiente para solidificar el mercurio y liquidar algunos gases.

El ácido sulfuroso no esperimienta alteracion alguna por el calor.

El oxígeno á la temperatura ordinaria no ejerce acción sobre el ácido sulfuroso, pero si se hace pasar una mezcla de los dos gases por un tubo caliente que contenga platino esponjoso, entran estos dos cuerpos en combinación, y forman el ácido sulfúrico anhídrico.

El hidrógeno y el carbono descomponen al ácido sulfuroso á una temperatura elevada, combinándose á la vez con el oxígeno y el azufre contenidos en este ácido.

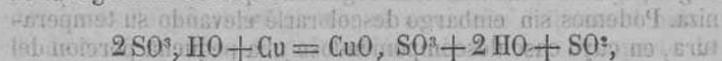
Quando se espone á la radiación solar una mezcla de cloro y de ácido sulfuroso secos, se obtiene un compuesto liquido, incoloro, muy movible, descubierto por Bagnault, que se conoce con el nombre de ácido *cloro-sulfúrico*, y cuya fórmula es $\text{SO}^2 \text{Cl}$.

El cloro húmedo actúa tambien sobre el ácido sulfuroso, dando lugar á la formación de los ácidos sulfúrico y clorhidrico.

El agua disuelve cerca de 50 volúmenes de gas sulfuroso á la temperatura y presión ordinarias. Las propiedades de esta disolución son idénticas á las del gas. Absorbe fácilmente el oxígeno del aire, y pasa al estado de ácido sulfúrico, por cuya razón es necesario conservarla en vasijas perfectamente tapadas.

El ácido sulfuroso tiene la propiedad de decolorar la mayor parte de las materias colorantes, apoderándose unas veces de su oxígeno, y transformándolas en materias incoloras, combinándose con ellas para producir una sustancia tambien sin color. Algunos esplican esta decoloración, suponiendo que el ácido sulfuroso descompone el agua, con cuyo oxígeno se une, para formar ácido sulfúrico, en tanto que el hidrógeno en estado nascente se combina con la materia colorante para producir un *hidruro incoloro*.

Estado y preparación. El ácido sulfuroso se encuentra solamente en las inmediaciones de los volcanes. Para prepararle en los laboratorios, se introduce en un matracito una porción de mercurio ó de torneaduras de cobre, se vierte sobre ellas ácido sulfúrico concentrado, y se eleva la temperatura por medio de unos carbones encendidos. La teoría de la operación se comprenderá inmediatamente con sola la inspección de la siguiente fórmula:



de la cual resulta que el ácido sulfúrico se divide en dos partes; una cede oxígeno al cobre y pasa al estado de ácido sulfuroso, en tanto que la otra se combina con el cobre oxidado para producir el sulfato de cobre.

Usos. El ácido sulfuroso se emplea con frecuencia para blanquear la lana, seda y otras sustancias orgánicas que el cloro puede destruir; sirve además para quitar las manchas de fruta de la ropa blanca; para la preparación del ácido sulfúrico; para contener los incendios en las chimeneas; y finalmente, en medicina se usa con buen éxito para curar las enfermedades de la piel.

ACIDO SULFURICO MONOHIDRATADO, $\text{SO}^3 \text{HO}$.

Historia. El ácido sulfúrico fué descubiertó en el siglo XV por Basilio Valentino, destilando el sulfato de hierro con arcilla; pero Lavoissier y Chaptal son los dos químicos que nos han dado á conocer la naturaleza de este cuerpo tan notable por sus propiedades, como interesante por sus inmensas aplicaciones.

Propiedades. El ácido sulfúrico monohidratado ó inglés es un líquido blanco, inodoro, de consistencia oleaginosa, y de una densidad representada por 1,845 á la temperatura del 5° ; enrojece fuertemente la tintura de tornasol, desorganiza inmediatamente las sustancias animales y vejetales que se ponen en su contacto, y es un veneno de los mas violentos. El ácido sulfúrico se solidifica á la temperatura de -54° , y cristaliza en prismas regulares de seis caras. Hierve á 510° , produciendo un movimiento tumultuoso que romperá la retorta; donde se verifica esta operacion, si no se introdujesen en ella alambres de platino.

Si se hace pasar el ácido sulfúrico en vapor por un tubo estrecho de porcelana enrojécido se descompone inmediatamente, dando por resultado ácido sulfuroso, agua y oxígeno.

El carbono á una temperatura elevada descompone el ácido sulfúrico, transformándole en gas sulfuroso, y convirtiéndose él en ácido carbónico ó en óxido de carbono.

El ácido sulfúrico en contacto del aire adquiere un color negro, debido á las materias orgánicas que éste ácido carboniza. Podemos sin embargo descolorarle elevando su temperatura, en cuyo caso descomponiéndose una pequeña porcion del

ácido sulfúrico presta oxígeno al carbono, y le transforma en ácido carbónico. El ácido sulfúrico monohidratado tiene tanta afinidad con el agua que determina con frecuencia la formación de este cuerpo en las sustancias orgánicas, á espensas del oxígeno ó hidrógeno que contienen. A esto se debe que el ácido sulfúrico concentrado carbonice los tapones de madera y de corcho, con los cuáles se tapan algunas veces, los frascos donde está contenido. En efecto, una parte del oxígeno ó hidrógeno que entran en la composición de estas sustancias vegetales, se combinan para formar agua que se une al ácido sulfúrico, en tanto que el carbono combinado con el resto del oxígeno ó hidrógeno, constituye una sustancia de color moreno, que comunica al tapon de madera el mismo aspecto que si se hubiese carbonizado por el fuego.

El ácido sulfúrico mezclado con el agua produce una temperatura que excede algunas veces de 100° , lo cual nos obliga á proceder con cuidado si queremos evitar la rotura de la vasija donde se verifique la disolución, vertiendo siempre el ácido de agitar frecuentemente la mezcla.

Mezclado el ácido sulfúrico con nieve se produce unas veces frío y otras veces calor, según las proporciones empleadas. En efecto, cuatro partes de ácido y una de nieve elevan la temperatura próximamente á 100° , cuyo calor es debido á la combinacion del ácido con el agua; pero si invertimos las proporciones, la temperatura de la mezcla disminuye notablemente á causa de la liquefaccion instantánea de la nieve y del calor que necesita hacer latente para cambiar de estado.

Preparacion. Se puede preparar el ácido sulfúrico en los laboratorios de la manera siguiente. Se toma un recipiente (fig. 18) lleno de aire saturado de humedad, á cuya boca se adapta un tapon con tres agujeros que dan paso á otros tantos tubos, de los cuales dos están encorvados, y comunican respectivamente con dos matraces, el tercero es recto, y sirve para dar entrada al aire. Se colocan en uno de los matraces cuerpos que por su reaccion den lugar al desprendimiento del bióxido de azoe, y en el otro la mezcla necesaria para producir ácido sulfuroso. En el momento en que estos dos gases llegan al recipiente, el aire cede oxígeno al bióxido de azoe, y le convierte en ácido hiponitrico. Una parte de

este ácido es descompuesta por el ácido sulfuroso que se convierte en ácido sulfúrico, el cual uniéndose al agua y á la otra parte del ácido hiponítrico no descompuesta, forma unos cristales blancos que se adhieren á las paredes del recipiente. Un exceso de agua descompone estos cristales, disolviendo el ácido sulfúrico contenido en ellos, y dejando desprender el ácido hiponítrico, sobre el cual vuelven á reaccionar el ácido sulfuroso y el aire, produciendo los mismos fenómenos que en un principio.

En las artes se reemplaza el recipiente de vidrio por una cámara de plomo, á la que se hace llegar el ácido sulfuroso, y el bióxido de ázoe que provienen de la combustion de ocho partes de azufre y una de nitro. La mayor parte del azufre se convierte en ácido sulfuroso á espensas del oxígeno del aire, mientras que la otra combinándose con el oxígeno del ácido nítrico, á el cual reduce á bióxido de ázoe, pasa al estado de ácido sulfúrico, que se combina con la potasa del nitro para formar un sulfato.

Encontrándose el bióxido de ázoe, el ácido sulfuroso y el aire húmedo en la cámara reaccionan entré si del mismo modo que en el recipiente, y forman cristales que se disuelven en el agua, contenida en el suelo de la cámara, el que está ligeramente inclinado para poder sacar con facilidad el producto obtenido.

En este estado el ácido sulfúrico marca de 45° á 50° del areómetro de Baumé, y contiene agua, ácido sulfuroso, ácido nítrico, y sulfato de hierro, de plomo, de potasa y de cal. Para separar los tres primeros, se calienta el ácido en una caldera de plomo hasta que marque 50° del areómetro, en cuyo estado se pasa á retortas de gres para continuar la concentración por medio del calor, hasta que marque 66°, que es como generalmente se espesa en el comercio.

El ácido concentrado hasta este punto contiene todavía los sulfatos de que hemos hablado anteriormente, de los cuales se le separa por medio de la destilacion en retortas de vidrio, y recipientes unidos sin lodo ni corchos, y aun mejor todavía en alambiques de platino.

Usos. Las aplicaciones del ácido sulfúrico en las artes son tan numerosas, que haciendo un resumen exacto de las cantidades de ácido sulfúrico gastadas anualmente en los diferentes países, se podría formar una idea bastante esacta del es-

tado en que se encontraba la industria en cada uno de ellos. En efecto, con el ácido sulfúrico se preparan casi todos los demás ácidos, la sosa artificial, el alumbre, las velas esteáricas, etc. Finalmente, unas cuantas gotas de este ácido disueltas en una cantidad suficiente de agua azucarada constituye la limonada mineral tan usada en medicina.

LECCION XVI

Combinaciones del nitrógeno con el oxígeno. El cuerpo descubierto por Priestley en 1776, y denominado **PROTOXIDO DE NITROGENO, NO**, es un gas incoloro, permanente, sin acción sobre la llama de torrazón, poco soluble en agua y sabor azucarado.

Historia y propiedades. Este cuerpo, conocido también con los nombres de *oxidula de ázoe*, *gas hilarante*, etc., fué descubierto por Priestley en 1776. Es un gas incoloro, inodoro, de un sabor ligeramente azucarado, y su densidad relativa está representada por 1,52. Sometido á una fuerte presión, y disminuyendo la temperatura se convierte en un líquido, que al evaporarse produce un frío mucho más considerable que el que resulta de la evaporación del ácido carbónico en el mismo estado.

El protóxido de nitrógeno no sirve para la respiración, y sin embargo, los cuerpos inflamados arden en él con mucha más energía que en el aire atmosférico. Algunas personas que han respirado este gas han experimentado una sensación de alegría, y una risa sardónica: otros, por el contrario, aseguran haber sentido una especie de aturdimiento, cefalalgias, síncope y aun asfixias.

Espuesto á una temperatura elevada se descompone en ázoe y ácido hipoazótico.

El hidrógeno por la influencia del calor ó de la electricidad le descompone, dando por resultado agua y nitrógeno.

El azufre y el fósforo descomponen el protóxido de nitrógeno á una temperatura elevada, dando lugar á la formación de los ácidos sulfuroso y fosfórico.

Preparacion. Se obtiene el protóxido de nitrógeno calentando suavemente en una retorta de vidrio una corta cantidad de nitrato de amoniaco, el cual da por resultado de su

descomposicion agua y protóxido de nitrógeno, como lo indica la siguiente fórmula: $2\text{NO} + \text{H}_2\text{O} = \text{HNO} + \text{NO}_2$

Como el agua disuelve la mitad de su volumen de este gas, conviene recogerle en una disolucion saturada de sal comun.

BIOXIDO DE NITRÓGENO, NO^2 .

Historia y propiedades. Este cuerpo descubierto por Hales, y estudiado por Priestley, Dawy y Gay-Lussac, es un gas incoloro, permanente, sin accion sobre la tintura de tornasol, poco soluble en el agua, y de una densidad representada por 1,039. Su olor y sabor son desconocidos, porque inmediatamente que se pone en contacto del aire, absorve la mitad de su volumen de oxígeno, y se transforma en ácido hiponitrico produciendo vapores rojos, propiedad que sirve para distinguirle de cualquiera otro gas con quien pudiera confundirse.

El bióxido de nitrógeno contiene, como lo indica su nombre, dos veces mas oxígeno que el protóxido, y á pesar de esta circunstancia, no activa la combustion con la energia que este último, lo cual prueba que la combinacion del nitrógeno con el oxígeno es mucho mas fuerte en el bióxido que en el protóxido.

El deutóxido de nitrógeno es absorbido por las sales protoxidadas de hierro, á las cuales comunica un color moreno, propiedad que puede utilizarse en un análisis para separar este gas de otros con quienes pudiera estar mezclado.

Preparacion. Se obtiene este cuerpo poniendo en un frasco de dos bocas el ácido nítrico diluido en contacto del mercurio, ó del cobre á la temperatura ordinaria. La reaccion comienza inmediatamente, y su teoria se comprenderá con la sola inspeccion de la siguiente fórmula: $4\text{NO}^2 + 3\text{Cu} = 3\text{CuO} + 4\text{HO} + \text{NO}^2$

ACIDO NITROSO, NO^1

Propiedades. Este cuerpo existe en combinacion con las bases, de las cuales aun no se ha podido separar perfecta-

la composición del aire, deducida del análisis, es la que resulta de suponer á este cuerpo compuesto de

$\frac{1}{5}$ de oxígeno, ó bien oxígeno.	20,00
$\frac{4}{5}$ de ázoe.	80,00

cuyos números se alejan demasiado de los resultados obtenidos por el análisis, para que podamos atribuir la diferencia á errores cometidos en el experimento, con tanta mas razón cuanto que los análisis hechos por diferentes medios nos han dado resultados exactamente acordes.

Sabemos además que cuando dos gases entran en combinación hay siempre desprendimiento de calor y de luz, fenómeno que no tiene lugar cuando se mezclan oxígeno y ázoe, sin que por esto las propiedades de esta mezcla artificial difieran en nada de las del aire atmosférico.

Por último, según las observaciones de Dulong el aire atmosférico posee un poder refringente igual á la suma de los poderes refringentes del oxígeno y del ázoe que entran en su composición, siendo así que se ha observado que el poder refringente de los gases compuestos es constantemente mayor ó menor que el que corresponde á sus elementos.



OXIDOS Y ACIDOS METALOIDEOS.

LECCION XIII.

Diferencia entre óxidos y ácidos metaloideos:—Protóxido de hidrógeno.

Se llaman óxidos metaloideos unos compuestos binarios que resultan de la combinación del oxígeno con los cuerpos simples no metálicos. Ninguno de estos compuestos enrojece las tinturas azules de los vejetales, ni devuelve su primitivo color á las enrojeadas por los ácidos. Todos, á escepcion del protóxido y bióxido de hidrógeno, son susceptibles de transformarse en ácidos por la absorcion de una nueva cantidad de

oxígeno, y por último ninguno es capaz de neutralizar los ácidos para formar sales.

Los ácidos metaloideos son, como lo indica su nombre, unos compuestos que resultan de la combinación del oxígeno ó del hidrógeno con un metaloide; los primeros se conocen con el nombre de *oxácidos*, y los segundos con el de *hidrácidos*; unos y otros, cuando son solubles, tienen un sabor ágrío mas ó menos fuerte, enrojecen las tinturas azules de los vegetales, y se combinan con las bases ú óxidos metálicos, produciendo compuestos salinos.

PROTOXIDO DE HIDROGENO. = AGUA, HO.

Historia. El agua, del mismo modo que el aire, fue considerada por los antiguos como un elemento, hasta que á fines del siglo XVIII Lavoissier puso fuera de toda duda la composición de tan interesante cuerpo.

Propiedades. El agua es líquida á la temperatura ordinaria, transparente, incolora en masas pequeñas, inodora é insípida.

Espuesta á la temperatura de 0° cristaliza en agujas entrelazadas, que producen masas transparentes continuas, y cuya forma cristalina no siempre es fácil determinar. No sucede lo mismo con los copos de nieve y con la esearcha, que observados detenidamente con el microscopio los vemos compuestos de cristales de forma prismática exagonal prolongados, y que se agrupan al rededor de un centro para formar estrellas. Estos cristales poseen la doble refracción, y pertenecen al sistema romboédrico.

El agua, bajo la presión ordinaria de la atmósfera al nivel del mar, entra en ebullición á la temperatura invariable de 100°, reduciéndose al estado de vapor transparente, inodoro, incoloro, y cuya densidad está representada por 0,662.

El agua disuelve una cantidad de oxígeno, tanto mas considerable cuanto mas baja es la temperatura y mayor la presión. El aire tambien se disuelve en este liquido, observándose además, que la cantidad disuelta contiene treinta y dos ó treinta y tres por ciento de oxígeno, en vez de veintiuno que contiene el aire atmosférico. Este fenómeno se atribuye á la mayor solubilidad del oxígeno. Las aguas que no contienen aire en disolución son pesadas é indigestas.

El carbono descompone el agua á una temperatura elevada, apoderándose de su oxígeno para formar ácido carbónico y óxido de carbono, que se desprenden mezclados con una porción de carburo tetrahídrico.

El cloro, bromo y yodo la descomponen tambien, apoderándose de su hidrógeno para formar los ácidos clorhídrico, bromhídrico y iodhídrico.

El agua se combina con varios cuerpos en porciones definidas, y constituye los compuestos conocidos con el nombre de hidratos.

Composicion. El agua está compuesta de dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno, ó de 88,87 de oxígeno y 11,13 de hidrógeno en peso.

Se puede analizar el agua descomponiéndola por la pila, ó haciéndola pasar en estado de vapor por un tubo de porcelana enrojecido, dentro del cual hayamos colocado alambres de hierro bien pulimentados. Se hace comunicar una de las estremidades del tubo con una retorta que contenga una cantidad conocida de agua destilada, en tanto que la estremidad opuesta se pone en comunicacion con un serpentín, cuya parte inferior se introduce en un frasco de dos bocas. Este frasco se pone en comunicacion por medio de un tubo, con una campana graduada, colocada sobre la cuba hidroneumática. Dispuesto el aparato de esta manera, se enrojece el tubo de porcelana y se calienta el agua de la retorta hasta la ebullicion. Una parte del vapor que atraviesa el tubo se descompone en oxígeno, que se combina con el hierro, y en hidrógeno: este pasa á la campana graduada, mientras que la porcion de vapor no descompuesto se condensa en el serpentín y se deposita en el frasco, con quien este comunica. La cantidad de oxígeno unida al hierro podremos averiguarla pesando el metal antes y despues de la operacion; respecto al peso del hidrógeno, le obtendremos fácilmente conociendo el volúmen obtenido y la densidad relativa de este cuerpo.

Por medio de la sintesis podremos tambien asegurarnos de la composicion del agua. Bastará para esto introducir en un eudiómetro doscientos volúmenes de hidrógeno y doscientos de oxígeno y hacer pasar la chispa eléctrica; una vez verificada la combinacion, se observa que las paredes interiores del aparato están recubiertas de una capa de humedad, y que queda un residuo de cien volúmenes de oxígeno puro, que pue-

den ser absorbidos completamente por el fósforo. Resulta, pues, de este experimento, que para formar el agua ha sido necesario que se combinen doscientos volúmenes de hidrógeno con ciento de oxígeno.

Finalmente, Dumas ha fijado con exactitud por la síntesis la composición ponderal del agua, reduciendo un peso conocido de óxido de cobre por el hidrógeno puro y seco; en este caso la composición del agua se deduce del peso del óxido antes del experimento, del peso del metal reducido, y por último, del agua formada durante la operación. En efecto, si representamos por P un peso conocido de óxido de cobre, y por P' el peso del cobre reducido, $P - P'$ representará el peso del oxígeno contenido en el óxido. Si ahora pesamos exactamente el agua producida, y de su peso restamos el peso $P - P'$ del oxígeno, la diferencia entre estas dos cantidades nos dará á conocer la del hidrógeno, que se ha unido al oxígeno para formar agua.

Por este medio se ha conseguido determinar el peso de los dos elementos que entran en la composición de tan interesante cuerpo.

Estado natural. El agua es muy abundante en la naturaleza. En el estado sólido constituye el hielo, las escarchas y la nieve. En el estado líquido forma los mares, ríos, lagos, etc., y finalmente, en el estado de vapor entra á componer una gran parte de la atmósfera que rodea nuestro globo.

El agua líquida jamás se encuentra pura en la superficie de la tierra. La de lluvia, recogida con cuidado, es una de las mas puras, si bien siempre contiene en disolución todas las sustancias que existen en el aire atmosférico. La composición de las aguas de los ríos, manantiales y pozos varía notablemente con la naturaleza de los terrenos por donde pasan, encontrándose frecuentemente en ellas cloruros, sulfatos y carbonatos de cal, de magnesia y algunos veces de potasa, sosa y alúmina.

Generalmente son insípidas, y por consecuencia á propósito para beber; disuelven regularmente el jabón, conservan su transparencia aun despues de la ebullicion, dejan muy poco residuo cuando se evaporan, y cocien bien las legumbres. Estas aguas son las que se llaman potables ó dulces, para distinguirlas de las congeidas con el nombre de crudas, las cuales, careciendo de estas propiedades, no pueden utilizarse en los usos domésticos.

Las aguas crudas se dividen en *selenitosas* y *calcáreas*. Las primeras contienen una cantidad más ó menos considerable de sulfato de cal, no se enturbian por la ebullicion, y precipitan abundantemente por el oxalato amónico y el cloruro de bário.

Las aguas crudas de la segunda especie contienen carbonato de cal, disuelto á beneficio de un exceso de ácido carbónico; se enturbian por la ebullicion, por el agua de cal y por el contacto prolongado del aire. Estas aguas pueden utilizarse en los usos domésticos: 1.º hirviéndolas por algunos instantes y dejándolas reposar; 2.º agitándolas en contacto del aire; 3.º tratándolas por el agua de cal hasta que no produzcan precipitado por este reactivo.

Las aguas selenitosas podemos utilizarlas para jabonar y cocer las legumbres, tratándolas por una disolucion de carbonato de sosa.

Preparacion del agua destilada. La destilacion del agua tiene por objeto separar de este liquido los cuerpos estraños que tiene en disolucion, lo cual se consigue reduciéndola al estado de vapor en un aparato llamado alambique (*fig. 16*), y condensando este vapor por medio del enfriamiento.

No deben recogerse las primeras porciones de agua destilada, porque arrastran consigo los cuerpos gaseosos volátiles que el agua tiene en disolucion, ni debe tampoco apurarse demasiado la destilacion, porque en este caso podrían muy bien descomponerse los cuerpos fijos contenidos en el agua, dando lugar á compuestos gaseosos ó volátiles que impurificarian las últimas porciones del producto destilado.

Los reactivos de que podemos servirnos para asegurarnos de la pureza del agua son:

Las *aguas de cal* ó *de barita*, que nos indican la presencia del ácido carbónico.

El *cloruro de bário*, que precipita los sulfatos.

El *nitrate de plata*, que forma con los cloruros un cloruro argéntico insoluble.

El *oxalato amónico*, que precipita las sales de cal.

El *ácido sulfídrico* ó los *sulfuros*, que indican la presencia de los metales.

El *bicloruro de mercurio*, el *cloruro de oro* ó el *sulfato de zine*, que precipitan las sustancias orgánicas.

El agua destilada que sometida al examen de estos cuer-

pos no dé la mas pequeña porción de precipitado, y evaporada sobre una lámina de platino no deje residuo alguno: debe considerarse como pura, pudiendo por consecuencia emplearse la sin temor en las operaciones químicas mas delicadas.

LECCION XIV.

Oxido de carbono.—**Acido carbónico.**—**OXIDO DE CARBONO, CO.**

Historia. El óxido de carbono fue descubierto por Priestley, al reducir el óxido de zinc, pero confundido por él con el hidrógeno carbonado, no se conoció bien su naturaleza, hasta que Clement y Desormes descubrieron su verdadera composición.

Propiedades. Es un gas incoloro, insípido é inodoro; su densidad es 1,957, apaga los cuerpos en combustión, y asfixia á los animales que le respiran.

Esputo en contacto del oxígeno á una temperatura muy elevada, absorve $\frac{1}{3}$ volúmen de este gas con desprendimiento de calor y luz, y se transforma en ácido carbónico. Arde en presencia del aire con una llama azul que le es característica, convirtiéndose en ácido carbónico. El agua solo disuelve $\frac{1}{6}$ de su volúmen. No ejerce acción alguna sobre la tintura de tornasol, ni se combina con los ácidos, ni con las bases.

Si se esponen á la acción de la luz solar volúmenes iguales de cloro y de óxido de carbono, la mezcla se reduce á la mitad, dando lugar á un compuesto conocido con el nombre de ácido cloroxicarbónico.

Estado. El óxido de carbono no se encuentra en la naturaleza, pero se forma siempre que se pone el oxígeno ó el ácido carbónico en contacto de un exceso de carbono á una temperatura elevada.

La presencia de este gas es la que produce el mal estar y los dolores de cabeza que se sienten, cuando se quema el carbon de los braseros colocados en habitaciones poco ventiladas.

Preparacion. El gas óxido de carbono se prepara calentando en una retorta de barro, colocada en un horno de rebervero, una mezcla de carbon y de carbonato de cal pulverizados. La teoría de la operacion es sumamente sencilla,

atendiendo á que el carbonato de cal se descompone á una temperatura elevada en ácido carbónico y óxido de calcio. El ácido carbónico en presencia del carbon pierde una parte de su oxígeno, y se convierte en óxido de carbono que se desprende. Se purifica el producto agitándole por algunos instantes en una disolución de potasa cáustica, para que absorba la pequeña cantidad de ácido carbónico, que casi siempre acompaña al óxido de carbono.

ACIDO CARBONICO, CO_2

Historia. Este cuerpo conocido antiguamente con los nombres de *gas*, *aire fijo*, *ácido mesítico*, *ácido cretoso*, etc., fué descubierto por Van-Helmont al calcinar las piedras calcáreas; pero Lavoissier fué quien en 1776 dió á conocer su naturaleza, y determinó la proporción de sus principios constitutivos, la cual ha sido confirmada posteriormente por Berzelius y otros químicos.

Propiedades. Es un gas incoloro, de sabor ácido poco perceptible y olor picante; enrojece débilmente la tintura de tornasol; apaga los cuerpos en combustion, y asfixia á los animales que le respiran. Su densidad es mayor que la del aire, y está representada por 1,529, razón por la cual podemos trasvasarle como si fuera un líquido, y recogerle sin necesidad de cuba hidroneumática.

El calor no produce la menor alteracion en el ácido carbónico; pero haciendo pasar por este gas una corriente de chispas eléctricas, se descompone parcialmente en oxígeno y óxido de carbono, fenómeno tanto mas notable cuanto que por la influencia del fluido eléctrico, el oxígeno y el óxido de carbono entran en combinacion para producir el ácido carbónico.

Sometido el ácido carbónico á una presión de 36 atmósferas, y á la temperatura de 0° , se transforma en un líquido incoloro, muy movible, dotado de una dilatabilidad mayor que la de los gases, y cuya densidad á 0° está representada por 0,838. Espuesto este líquido á la temperatura y presión ordinarias, pasa rápidamente al estado de vapor, produciendo un frio que se ha valuado en -100° . Si hacemos pasar un surtidor de ácido carbónico líquido á una botella de cristal ó mejor á una caja metálica de paredes delgadas, observamos que la parte interior de estos aparatos se llena casi completamente

de unos copos blancos de ácido carbónico sólido, formado á espensas de la enorme disminucion de temperatura producida en el cambio de estado. El ácido carbónico sólido puede permanecer bastante tiempo en contacto del aire, sin someterle á mayor presion que la de la atmósfera, porque su poca conductibilidad hace que su evaporacion se efectúe con mucha lentitud. A pesar de que la temperatura del ácido carbónico sólido es por lo menos de -90° , podemos tener una pequeña cantidad sobre la mano sin experimentar una sensacion de frio tan considerable como pudiera creerse; en razon á que el ácido sólido está desprendiendo constantemente una corriente de ácido gaseoso que impide el contacto; pero por poco que le comprimamos entre los dedos, se experimenta una sensacion muy dolorosa, semejante en un todo á la que produce un hierro candente.

La intensidad del frio producido por el ácido carbónico sólido se aumentá considerablemente mezclándole con el éter, en razon á que este segundo cuerpo aumenta su conductibilidad, y favorece la evaporacion del primero. Empleando ésta mezcla, cuya accion es mayor en el vacío producido por la máquina neumática, es como se consigue solidificar el mercurio, dándole el aspecto del plomo, y liquidar el cloro, el protóxido de azoe, el ácido sulfuroso, etc., etc.

El hidrógeno descompone el ácido carbónico gaseoso á una temperatura elevada, dando por resultado agua y óxido de carbono.

El carbono le descompone tambien, convirtiéndole en óxido de carbono.

El agua á la temperatura y presion ordinarias, disuelve un volúmen igual al suyo de ácido carbónico; pero aumentando la presion, y disminuyendo la temperatura, se la puede hacer disolver hasta seis volúmenes, los cuales se desprenden cuando se coloca en el vacío, ó se eleva su temperatura. La dissolution del ácido carbónico tiene un sabor ácido agradable, y enrojece débilmente la tintura de tornasol.

Estado. El ácido carbónico es muy abundante en la naturaleza, existe en el aire y en las aguas que están en contacto de la atmósfera, en los pozos y galerías de las minas de carbon de piedra, y en un gran número de grutas ó cavernas naturales.

La fermentacion, la combustion, la descomposicion es-

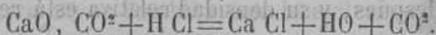
pontánea de los cuerpos orgánicos, los volcanes en actividad y la respiracion de los animales, son otros tantos manantiales de ácido carbónico, que los vegetales descomponen inmediatamente por la influencia de la luz solar, apoderándose del carbono, y dejando en libertad el oxígeno.

El ácido carbónico se desprende tambien por las hendiduras de algunos terrenos, que en otras épocas han experimentado convulsiones volcánicas, y los manantiales de las aguas que salen de la tierra en estas localidades contienen las mas veces cantidades considerables de este ácido, hasta el punto de hacerlas efervescentes, cuando llegan á la superficie.

Por último, la naturaleza nos presenta el ácido carbónico en estado de combinacion con la mayor parte de los óxidos metálicos, constituyendo los mármoles, la creta, las margas y varios otros carbonatos, como los de barita y hierro.

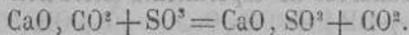
Preparacion. Para obtener el ácido carbónico, se introducen agua y unos fragmentos de mármol en un frasco de dos bocas (*fig. 3.^a*), á una de las cuales se ajusta un tubo para recoger el gas, y á la otra un tubo mas largo terminado en un embudo, por el cual se vierte el ácido clorhidrico. Tan luego como este ácido se pone en contacto con el mármol, se manifiesta una efervescencia rápida, producida por el desprendimiento de ácido carbónico. La teoría de la operación es muy sencilla, si se observa que el carbonato de cal se descompone en ácido carbónico y óxido de calcio, el cual reaccionando sobre el ácido hidroc্লórico, forma agua y un cloruro de calcio soluble.

Podemos representar la reaccion por medio de la fórmula siguiente:



Es conveniente dejar perder las primeras porciones del gas obtenido, porque de lo contrario saldria mezclado con el aire atmosférico contenido en el aparato, y en los poros del carbonato de cal. Consideraremos como perfectamente puro el ácido carbónico, si es absorbido completamente por una disolucion de potasa cáustica.

El ácido clorhidrico puede réemplazarse por el sulfúrico; en este caso podemos representar la reaccion de la manera siguiente:



En esta preparacion se forma, como lo indica la fórmula, ácido carbónico y sulfato de cal.

Este último método no está exento de inconvenientes: en efecto, siendo el sulfato de cal poco soluble en el agua, se va depositando á medida que se forma sobre los fragmentos de mármol, impidiendo el contacto y disminuyendo por consecuencia la reaccion entre estos y el ácido sulfúrico. La solubilidad del cloruro de calcio, que resulta en el primer método, nos obliga á dar la preferencia al ácido clorhídrico.

Usos. Se emplea este cuerpo para la preparacion de las aguas minerales artificiales, para la fabricacion artificial de los vinos espumosos, á quienes comunica sus propiedades; y finalmente para preparar el albayalde ó carbonato de plomo tan empleado en las artes.

LECCION XV.

Acido sulfuroso.—Acido sulfúrico monohidratado.

ACIDO SULFUROSO, SO_2 .

Historia. El ácido sulfuroso ha debido ser uno de los primeros que se conocieron, si bien se ignoraba su composición, hasta que Lavoissier la dió á conocer con exactitud en 1777 quemando azufre en el gas oxígeno.

Propiedades. Es un gas incoloro, de un olor particular que escita la tos, oprime el pecho y sofoca á los animales que le respiran. Enrojece en un principio la tintura de tornasol, descolorándola despues, y su densidad relativa está representada por 2,247.

Espuesto el ácido sulfuroso bien seco á una temperatura de -10° se liquida inmediatamente. Para conseguirlo basta hacerle pasar al través de una esfera A (fig. 17) rodeada de nieve y sal común, ó mejor aun de nieve y cloruro de calcio. En este estado es un liquido incoloro, muy movable, y cuya densidad está representada por 1,42. Hierve á $+10^\circ$, y al reducirse rápidamente al estado de vapor, produce un frío suficiente para solidificar el mercurio y liquidar algunos gases.

El ácido sulfuroso no experimenta alteracion alguna por el calor.

El oxígeno á la temperatura ordinaria no ejerce acción sobre el ácido sulfuroso, pero si se hace pasar una mezcla de los dos gases por un tubo caliente que contenga platino esponjoso, entran estos dos cuerpos en combinación, y forman el ácido sulfúrico anhidro.

El hidrógeno y el carbono descomponen al ácido sulfuroso á una temperatura elevada, combinándose á la vez con el oxígeno y el azufre contenidos en este ácido.

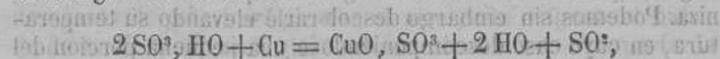
Cuando se espone á la radiación solar una mezcla de cloro y de ácido sulfuroso secos, se obtiene un compuesto liquido, incoloro, muy movable, descubierto por Regnault, que se conoce con el nombre de ácido *cloro-sulfúrico*, y cuya fórmula es $\text{SO}^2 \text{Cl}$.

El cloro húmedo actúa tambien sobre el ácido sulfuroso, dando lugar á la formación de los ácidos sulfúrico y clorhidrico.

El agua disuelve cerca de 50 volúmenes de gas sulfuroso á la temperatura y presión ordinarias. Las propiedades de esta disolución son idénticas á las del gas. Absorbe fácilmente el oxígeno del aire, y pasa al estado de ácido sulfúrico, por cuya razón es necesario conservarla en vasijas perfectamente tapadas.

El ácido sulfuroso tiene la propiedad de descolorar la mayor parte de las materias colorantes, apoderándose unas veces de su oxígeno, y transformándolas en materias incoloras, ó combinándose con ellas para producir una sustancia tambien sin color. Algunos esplican esta descoloración, suponiendo que el ácido sulfuroso descompone el agua, con cuyo oxígeno se une, para formar ácido sulfúrico, en tanto que el hidrógeno en estado nascente se combina con la materia colorante para producir un *hidruro incoloro*.

Estado y preparación. El ácido sulfuroso se encuentra solamente en las inmediaciones de los volcanes. Para prepararle en los laboratorios, se introduce en un matrácito una porción de mercurio ó de torneaduras de cobre, se vierte sobre ellas ácido sulfúrico concentrado, y se eleva la temperatura por medio de unos carbonés encendidos. La teoría de la operación se comprenderá inmediatamente con sola la inspección de la siguiente fórmula:



de la cual resulta que el ácido sulfúrico se divide en dos partes; una cede oxígeno al cobre y pasa al estado de ácido sulfuroso, en tanto que la otra se combina con el cobre oxidado para producir el sulfato de cobre.

Usos. El ácido sulfuroso se emplea con frecuencia para blanquear la lana, seda y otras sustancias orgánicas que el cloro puede destruir, sirve además para quitar las manchas de fruta de la ropa blanca, para la preparación del ácido sulfúrico, para contener los incendios en las chimeneas, y finalmente, en medicina se usa con buen éxito para curar las enfermedades de la piel.

ACIDO SULFURICO MONOHIDRATADO, $\text{SO}^3 \text{HO}$.

Historia. El ácido sulfúrico fué descubierto en el siglo XV por Basilio Valentino, destilando el sulfato de hierro con arcilla, pero Lavoissier y Chaptal son los dos químicos que nos han dado á conocer la naturaleza de este cuerpo tan notable por sus propiedades, como interesante por sus inmensas aplicaciones.

Propiedades. El ácido sulfúrico monohidratado ó inglés es un líquido blanco, inodoro, de consistencia oleaginosa, y de una densidad representada por 1,845 á la temperatura de 15° ; enrojece fuertemente la tintura de tornasol, desorganiza inmediatamente las sustancias animales y vegetales que se ponen en su contacto, y es un venenó de los mas violentos.

El ácido sulfúrico se solidifica á la temperatura de -54° , y cristaliza en prismas regulares de seis caras.

Hierve á 310° , produciendo un movimiento tumultuoso que rompería la retorta, donde se verifica esta operacion, si no se introdujesen en ella alambres de platino.

Si se hace pasar el ácido sulfúrico en vapor por un tubo estrecho de porcelana enrojecido, se descompone inmediatamente, dando por resultado ácido sulfuroso, agua y oxígeno.

El carbono á una temperatura elevada descompone el ácido sulfúrico, transformándole en gas sulfuroso, y convirtiéndose él en ácido carbónico ó en óxido de carbono.

El ácido sulfúrico en contacto del aire adquiere un color negro, debido á las materias orgánicas que este ácido carboniza. Podemos sin embargo descolorarle elevando su temperatura, en cuyo caso descomponiéndose una pequeña porcion del

ácido sulfúrico presta oxígeno al carbono, y le transforma en ácido carbónico.

El ácido sulfúrico monohidratado tiene tanta afinidad con el agua que determina con frecuencia la formación de este cuerpo en las sustancias orgánicas, á espensas del oxígeno ó hidrógeno que contienen. A esto se debe que el ácido sulfúrico concentrado carbonice los tapones de madera y de corcho, con los cuales se tapan algunas veces los frascos donde está contenido. En efecto, una parte del oxígeno ó hidrógeno que entran en la composición de estas sustancias vegetales, se combinan para formar agua que se une al ácido sulfúrico, en tanto que el carbono combinado con el resto del oxígeno ó hidrógeno, constituye una sustancia de color moreno, que comunica al tapon de madera el mismo aspecto que si se hubiese carbonizado por el fuego.

El ácido sulfúrico mezclado con el agua produce una temperatura que excede algunas veces de 100° , lo cual nos obliga á proceder con cuidado si queremos evitar la rotura de la vasija donde se verifique la disolución, vertiendo siempre el ácido sulfúrico sobre el agua por porciones pequeñas, y cuidando de agitar frecuentemente la mezcla.

Mezclado el ácido sulfúrico con nieve se produce unas veces frío y otras veces calor, segun las proporciones empleadas. En efecto, cuatro partes de ácido y una de nieve elevan la temperatura próximamente á 100° , cuyo calor es debido á la combinacion del ácido con el agua; pero si invertimos las proporciones, la temperatura de la mezcla disminuye notablemente á causa de la liquefaccion instantánea de la nieve y del calor que necesita hacer latente para cambiar de estado.

Preparación. Se puede preparar el ácido sulfúrico en los laboratorios de la manera siguiente. Se toma un recipiente (fig. 18) lleno de aire saturado de humedad, á cuya boca se adapta un tapon con tres agujeros que dan paso á otros tantos tubos, de los cuales dos están encorvados, y comunican respectivamente con dos matraces, el tercero es recto, y sirve para dar entrada al aire. Se colocan en uno de los matraces cuerpos que por su reaccion den lugar al desprendimiento del bióxido de azoe; y en el otro la mezcla necesaria para producir ácido sulfuroso. En el momento en que estos dos gases llegan al recipiente, el aire cede oxígeno al bióxido de azoe, y le convierte en ácido hiponitrico. Una parte de

este ácido es descompuesta por el ácido sulfuroso que se convierte en ácido sulfúrico, el cual uniéndose al agua y á la otra parte del ácido hiponítrico no descompuesta, forma unos cristales blancos que se adhieren á las paredes del recipiente. Un exceso de agua descompone estos cristales, disolviendo el ácido sulfúrico contenido en ellos, y dejando desprender el ácido hiponítrico, sobre el cual vuelven á reaccionar el ácido sulfuroso y el aire, produciendo los mismos fenómenos que en un principio.

En las artes se reemplaza el recipiente de vidrio por una cámara de plomo, á la que se hace llegar el ácido sulfuroso, y el bióxido de azoe que provienen de la combustión de ocho partes de azufre y una de nitro. La mayor parte del azufre se convierte en ácido sulfuroso á espensas del oxígeno del aire, mientras que la otra combinándose con el oxígeno del ácido nítrico, á el cual reduce á bióxido de azoe, pasa al estado de ácido sulfúrico, que se combina con la potasa del nitro para formar un sulfato.

Encontrándose el bióxido de azoe, el ácido sulfuroso y el aire húmedo en la cámara reaccionan entre si del mismo modo que en el recipiente, y forman cristales que se disuelven en el agua, contenida en el suelo de la cámara, el que está ligeramente inclinado para poder sacar con facilidad el producto obtenido.

En este estado el ácido sulfúrico marca de 45° á 50° del areómetro de Baumé, y contiene agua, ácido sulfuroso, ácido nítrico, y sulfato de hierro, de plomo, de potasa y de cal. Para separar los tres primeros, se calienta el ácido en una caldera de plomo hasta que marque 50° del areómetro, en cuyo estado se pasa á retortas de gres para continuar la concentración por medio del calor, hasta que marque 66°, que es como generalmente se espande en el comercio.

El ácido concentrado hasta este punto contiene todavía los sulfatos de que hemos hablado anteriormente, de los cuales se le separa por medio de la destilación en retortas de vidrio, y recipientes unidos sin lodo ni corchos, y aun mejor todavía en alambiques de platino.

Usos. Las aplicaciones del ácido sulfúrico en las artes son tan numerosas, que haciendo un resúmen exacto de las cantidades de ácido sulfúrico gastadas anualmente en los diferentes países, se podría formar una idea bastante exacta del es-

tado en que se encontraba la industria en cada uno de ellos. En efecto, con el ácido sulfúrico se preparan casi todos los demás ácidos, la sosa artificial, el alumbre, las velas esteáricas, etc. Finalmente, unas cuantas gotas de este ácido disueltas en una cantidad suficiente de agua azucarada constituye la limonada mineral tan usada en medicina.

LECCION XVI.

Combinaciones del nitrógeno con el oxígeno. Este cuerpo descubierto por Lavoisier y Laplace en 1784, se representa por la fórmula N_2O . Su olor y sabor son desconocidos por haberse obtenido por el método de Lavoisier y Laplace, sin acción sobre la luz ni la llama de la llama.

Historia y propiedades. Este cuerpo, conocido también con los nombres de *oxidulo de ázoe*, *gas hilarante*, etc., fué descubierto por Priestley en 1776. Es un gas incoloro, inodoro, de un sabor ligeramente azucarado, y su densidad relativa está representada por 1,52. Sometido á una fuerte presión, y disminuyendo la temperatura se convierte en un líquido, que al evaporarse produce un frío mucho más considerable que el que resulta de la evaporación del ácido carbónico en el mismo estado.

El protóxido de nitrógeno no sirve para la respiración, y sin embargo, los cuerpos inflamados arden en él con mucha más energía que en el aire atmosférico. Algunas personas que han respirado este gas han experimentado una sensación de alegría, y una risa sardónica: otros, por el contrario, aseguran haber sentido una especie de aturdimiento, cefalalgias, síncope y aun asfixias.

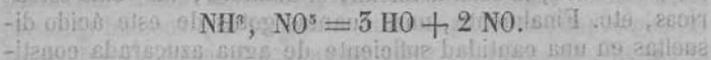
Espuesto á una temperatura elevada se descompone en ázoe y ácido hipoazóico.

El hidrógeno por la influencia del calor ó de la electricidad le descompone, dando por resultado agua y nitrógeno.

El azufre y el fósforo descomponen el protóxido de nitrógeno á una temperatura elevada, dando lugar á la formación de los ácidos sulfuroso y fosfórico.

Preparación. Se obtiene el protóxido de nitrógeno calentando suavemente, en una retorta de vidrio una corta cantidad de nitrato de amoníaco, el cual da por resultado de su

descomposicion agua y protóxido de nitrógeno; como lo indica la siguiente fórmula:



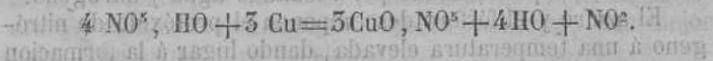
Como el agua disuelve la mitad de su volúmen de este gas, conviene recogerle en una disolucion saturada de sal comun.

BIOXIDO DE NITRÓGENO, NO^2 .

Historia y propiedades. Este cuerpo descubierto por Hales, y estudiado por Priestley, Dawy y Gay-Lussac, es un gas incoloro, permanente, sin accion sobre la tintura de tornasol, poco soluble en el agua, y de una densidad representada por 1,059. Su olor y sabor son desconocidos, porque inmediatamente que se pone en contacto del aire, absorve la mitad de su volúmen de oxígeno, y se transforma en ácido hiponitrico produciendo vapores rojos, propiedad que sirve para distinguirle de cualquiera otro gas con quien pudiera confundirse. El bióxido de nitrógeno contiene, como lo indica su nombre, dos veces mas oxígeno que el protóxido, y á pesar de esta circunstancia, no activa la combustion con la energía que este último, lo cual prueba que la combinacion del nitrógeno con el oxígeno es mucho mas fuerte en el bióxido que en el protóxido.

El deutóxido de nitrógeno es absorbido por las sales protoxidadas de hierro, á las cuales comunica un color moreno, propiedad que puede utilizarse en un análisis para separar este gas de otros con quienes pudiera estar mezclado.

Preparacion. Se obtiene este cuerpo poniendo en un frasco de dos bocas el ácido nítrico diluido en contacto del mercurio, ó del cobre á la temperatura ordinaria. La reaccion comienza inmediatamente, y su teoria se comprenderá con la sola inspeccion de la siguiente fórmula:



ACIDO NITROSO, NO^2 .

Propiedades. Este cuerpo existe en combinacion con las bases, de las cuales aun no se ha podido separar perfecta-

mente puro. Si se hace pasar una corriente de bióxido de nitrógeno por el ácido hiponítrico á una temperatura bastante inferior á 0°, se obtiene un líquido de color azul, estremadamente volátil, que parece ser el ácido nitroso.

Este cuerpo presenta muy poca estabilidad, y se descompone por la influencia del agua en ácido nítrico y en bióxido de nitrógeno. El ácido nitroso es completamente absorbido por las bases, dando lugar á la formacion de *nitritos*, los cuales tratados por los ácidos producen vapores rojizos.

ACIDO HIPONITRICO, NO⁴.

Historia. Este cuerpo se descubrió en la misma época que el ácido nítrico, pero no se conocieron bien sus propiedades y naturaleza hasta las investigaciones hechas por Dulong y Gay-Lussac.

Propiedades. Es un líquido cuyo color varía con la temperatura, siendo amarillo á la ordinaria, leonado á 0°, y completamente incoloro á 20°. Cristaliza á -15° en prismas transparentes, y entra en ebullicion á 28°. Tiene un sabor cáustico, su olor es fuerte y característico, y su densidad está representada por 1,451. Produce vapores rojos en contacto del aire, enrojece la tintura de tornasol, y mancha la piel de color amarillo, desorganizándola completamente.

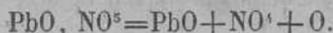
Casi todos los cuerpos combustibles descomponen el ácido hiponítrico, apoderándose de una cantidad mayor ó menor del oxígeno que contiene.

El agua ejerce una accion muy notable sobre el ácido hiponítrico. Si la cantidad de agua es muy considerable, el ácido se descompone en bióxido de nitrógeno, que se desprende y en ácido nítrico, que queda en disolucion. Si disminuye la cantidad de agua, se forma tambien bióxido de nitrógeno y ácido nítrico, pero estando este bastante concentrado, puede ya disolver el ácido hiponítrico, y presentar sucesivamente los colores moreno, amarillo y verde, que se obtienen directamente cuando se hace pasar el ácido hiponítrico por el nítrico mas ó menos concentrado.

El ácido hiponítrico en contacto con las bases no reacciona como los demás ácidos, sino que se descompone, y da lugar á la formacion de nitratos y nitritos.

Preparacion. Se obtiene el ácido hiponítrico secando al

fuego lo mas completamente posible el nitrato de plomo, é introduciéndole en una retorta de vidrio enlodada, la que se hace comunicar con un recipiente de cristal en forma de U, rodeado de nieve y sal. Se eleva hasta el rojo la temperatura de la retorta, con lo cual el nitrato de plomo se descompone en óxido de plomo que queda fijo, en oxígeno que se desprende, y en ácido hiponitrico que se condensa por el enfriamiento. La reaccion puede formularse de la manera siguiente:



ACIDO NITRICO, NO^3 .

Historia. Este cuerpo fue descubierto por Raimundo Lulio en 1225, destilando una mezcla de nitro y arcilla, pero no se conoció su naturaleza hasta que Cavendish la fijó exactamente en 1684.

Propiedades. El ácido nítrico en su mayor grado de concentracion es un líquido blanco, oloroso, muy ácido y corrosivo. Es un veneno muy activo, desorganiza la piel, y la tiñe de color amarillo; enrojece fuertemente la tintura de tornasol, y destruye las materias colorantes, incluso el indigo; su densidad relativa es 1,510, hierve á 86° y se solidifica á -50°, adquiriendo la consistencia de la manteca.

Espuesto á una temperatura muy elevada, haciéndole pasar en estado de vapor por un tubo de porcelana enrojecido, se descompone inmediatamente en oxígeno y ácido hiponitrico.

La luz solar le descompone tambien, cuando está muy concentrado, observándose que á medida que se debilita disminuye ó cesa completamente la descomposicion.

Espuesto el ácido nítrico en contacto del aire húmedo, produce vapores debidos á la combinacion del vapor ácido con el agua.

El hidrógeno á una temperatura elevada le descompone con detonacion, dando por resultado agua y ázoe.

La mayor parte de los cuerpos combustibles ejercen una accion semejante sobre el ácido nítrico, produciendo segun las circunstancias ácido hiponitrico, bióxido de nitrógeno y nitrógeno, de manera que puede considerarse este cuerpo como uno de los oxidantes mas enérgicos.

El ácido nítrico no puede existir sin agua: tan cierto es esto, que si sometemos á la destilacion una parte de este ácido con cuatro de ácido sulfúrico concentrado, cuya afinidad para el agua es tan considerable, le descompone, inmediatamente en oxígeno y ácido hiponítrico.

El ácido nítrico hidratado, cuya fórmula es NO^3, HO , se combina con una cantidad mayor de agua, desprendiendo calor, y dando por resultado otro hidrato representado por $\text{NO}^3, 4 \text{HO}$, mucho mas estable, puesto que como hemos dicho no se descompone por la influencia de la luz.

Estado. El ácido nítrico se encuentra con bastante abundancia en la naturaleza combinado con la potasa, la sosa y la cal.

Preparacion. Se obtiene este cuerpo en los laboratorios destilando en una retorta, á cuyo cuello se adapta un recipiente (*fig. 19*), seis partes de nitrato de potasa y cuatro de ácido sulfúrico del comercio. En la descomposicion del nitrato de potasa por el ácido sulfúrico se observan varios fenómenos interesantes; en efecto, al principio de la operacion se desprenden vapores rutilantes, debidos á la descomposicion de una pequeña porcion de ácido nítrico, que se desprende, y cuya agua es absorbida inmediatamente por el ácido sulfúrico. Pasado este primer momento cesan los vapores rojos, y se substituyen por unos blancos de ácido nítrico, en cuya época conviene mudar el recipiente. Al finalizar la operacion, vuelven á presentarse los vapores rojos, porque elevándose notablemente la temperatura de la mezela, vuelve á predominar en ella el ácido sulfúrico, produciéndose por consecuencia el mismo fenómeno que en un principio.

El ácido nítrico obtenido por este procedimiento se presenta teñido de rojo por el ácido nitroso, y contiene además una porcion de ácido sulfúrico arrastrado durante la destilacion. Para purificarle, es necesario tratarle por el nitrato de plomo finamente pulverizado, y someterle á una nueva destilacion, teniendo cuidado de recoger separadamente las primeras porciones del producto, que son las que contienen el ácido nitroso, y de suspender la operacion antes que haya pasado todo el ácido al recipiente.

Usos. Siendo el ácido nítrico un oxidante tan enérgico, se emplea con mucha frecuencia en la industria y en los laboratorios. Sirve para los ensayos de las monedas, para limpiar

los metales y las aleaciones, para grabar sobre acero, cobre, y finalmente mezclado con el ácido clorhídrico constituye el cuerpo conocido con el nombre de *agua régia*, tan frecuentemente empleado para disolver el oro y el platino, etc.

LECCION XVII.

HIDRÁCIDOS.

Los *hidrácidos* son unos compuestos ácidos que resultan de la combinación de un metaloide con el hidrógeno.

Estos compuestos presentan, como ya hemos indicado en la lección XIII, todos los caracteres generales de los oxácidos; enrojecen la tintura de tornasol y neutralizan las bases más enérgicas. Pero al paso que los oxácidos se combinan enteramente con las bases para formar sales, los hidrácidos colocados en circunstancias análogas casi siempre experimentan una descomposición, puesto que se observa con frecuencia que el hidrógeno del hidrácido se combina con el oxígeno de la base para formar agua, en tanto que el radical, uniéndose al metal, produce un compuesto binario llamado por Berzelius *sal halóida*. Esta teoría se halla comprobada por la experiencia en el mayor número de casos, si bien es cierto que en algunos se ha observado también, que el hidrácido es susceptible de entrar en combinación directa con el óxido metálico para formar un hidrocloreto.

ACIDO CLORHÍDRICO, H Cl.

Historia. Este cuerpo, llamado antiguamente *ácido marino*, *ácido muriático*, *espíritu de sal*, etc., se conoció en tiempo de los alquimistas; Glauber fue el primero que le estrajo de la sal marina pero se ignoraba su verdadera composición, hasta que Gay-Lussac y Thénard la dieron á conocer con toda exactitud.

Propiedades. Es un gas incoloro, de olor fuerte y picante, produce vapores blancos en presencia del aire, enrojece fuertemente la tintura de tornasol, apaga los cuerpos en combustión, y su densidad relativa está representada por 1,24.

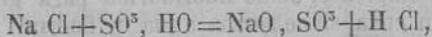
Espuesto á una presión de cuarenta atmósferas y á una temperatura de 10° se liquida, sin que hasta ahora haya podido solidificarse.

Los metaloides ejercen muy poca acción sobre el ácido clorhídrico, en tanto que varios metales pueden descomponerle, combinándose con el cloro y dejando desprender el hidrógeno.

El agua disuelve cerca de cuatrocientos ochenta volúmenes de ácido clorhídrico, siendo tal su afinidad mútua, que en el momento que se destapa una probeta llena de ácido en una vasija con agua, se lanza este líquido en su parte interior con la misma velocidad que en el vacío.

La disolución del ácido clorhídrico en el agua constituye el ácido que se encuentra en el comercio, el cual se obtiene en los laboratorios sirviéndose del aparato de Woolf. Las propiedades del ácido clorhídrico líquido son las mismas que en el estado gaseoso.

Preparacion. Se obtiene el ácido clorhídrico descomponiendo el cloruro de sódio ó sal común por el ácido sulfúrico hidratado á una temperatura no muy elevada, y recogiendo el gas que se desprende en frascos llenos de mercurio. La reacción puede representarse por la siguiente fórmula:



de la cual resulta que el agua del ácido sulfúrico se descompone, su oxígeno se combina con el sódio y forma la sosa, que se combina con el ácido sulfúrico, en tanto que el hidrógeno, combinándose con el cloro del cloruro de sódio, forma el ácido clorhídrico que se desprende.

Usos. En los laboratorios se emplea este ácido como reactivo para la preparación del cloro y los cloruros, cuyas aplicaciones nos son ya conocidas.

ACIDO FLUORHIDRICO, F.H.

Historia. Este ácido fue descubierto por Scheele y obtenido por primera vez por Gay-Lussac y Thénard.

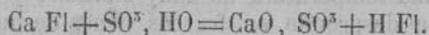
Propiedades. Es un líquido incoloro, que esparrama vapores muy densos en contacto del aire, enrojece fuertemente la tintura de tornasol, y su densidad relativa está representada

por 1,06. No se congela á ninguna temperatura y entra en ebullicion á 30°.

La afinidad de este cuerpo para con el agua es tan considerable, que cada gota de ácido al caer en ella produce un ruido parecido al del hierro candente.

El ácido fluorhídrico concentrado es uno de los cuerpos mas corrosivos que se conocen; una sola gota es suficiente para producir sobre la piel humana una violenta inflamacion acompañada de fiebre, y cuya cicatrizacion se verifica con estremada lentitud.

Preparacion. Se obtiene el ácido fluorhídrico tratando á una temperatura elevada cien partes de fluoruro de calcio (espato fluor) por trescientas cincuenta de ácido sulfúrico concentrado en una retorta de plomo de dos piezas, á la cual se adapta un recipiente del mismo metal que se sumerge en agua fria. La teoría de la operacion es sumamente sencilla, y en un todo parecida á la de la preparacion del ácido clorhídrico, pudiéndola por consecuencia formular de la manera siguiente:



Usos. Se emplea el ácido fluorhídrico para grabar sobre el vidrio, con cuya sílice forma agua y fluoruro de silicio. Al efecto se cubre la superficie del vidrio con un barniz compuesto de una parte de trementina y cuatro de cera. Se abre despues el dibujo en el barniz con un buril, dejando á descubierto el vidrio, y se coloca este en una caja dispuesta á propósito para recibir los vapores del ácido fluorhídrico desprendidos de una capsulita de plomo que contiene los cuerpos que deben producirle. Pocos minutos son suficientes para que las partes descubiertas del vidrio aparezcan profundamente corroidas por la accion del ácido fluorhídrico, en cuyo caso solo resta separar el exceso del barniz que cubre la placa, empleando el alcohol en el cual se disuelve perfectamente. Tambien puede emplearse para esta operacion el ácido fluorhídrico diluido, pero en este caso los dibujos son transparentes y por consecuencia menos visibles.

ACIDO SULFHDRIDICO, HS.

Historia y propiedades. Este cuerpo, obtenido por primera vez por Cartheuser y despues por Scheele, es un gas incoloro, de un olor fétido é insoportable, parecido al de los buevos podridos, apaga los cuerpos en combustion, enrojece débilmente la tintura de tornasol, y su densidad relativa está representada por 1,19. Sometido á una presion de diez y siete atmósferas se transforma en un liquido incoloro, muy flúido, que refracta mucho la luz, y de una densidad = á 0,90.

El ácido sulfhídrico es uno de los gases mas venenosos. Según los experimentos de Thénard y Dupuytren, un pájaro sucumbe inmediatamente en una atmósfera que solo contenga $\frac{1}{1500}$ de su volúmen de este gas, $\frac{1}{800}$ hace perecer á un perro mediano y $\frac{1}{200}$ mata á un caballo.

Si se hace pasar varias veces el gas sulfhídrico por un tubo de porcelana enrojecido, se descompone parcialmente en azufre é hidrógeno.

El oxígeno, á una temperatura elevada, descompone el ácido sulfhídrico con desprendimiento de calor y luz, transformándole en agua y ácido sulfuroso. Arde en presencia del aire con una llama azulada, dando por resultado de su combustion agua, ácido sulfuroso y azufre, que se deposita sobre las paredes de la campana donde se hace el experimento.

El cloro, el bromo y el iodo descomponen inmediatamente el ácido sulfhídrico, apoderándose del hidrógeno y dejando en libertad el azufre, al menos que estos cuerpos no estén en exceso, pues en este caso se forman tambien cloruros, bromuros y ioduros de azufre.

El agua puede disolver tres veces su volúmen de ácido sulfhídrico á la temperatura de 10°. Esta disolucion se prepara en el aparato de Woolf, y tiene las mismas propiedades que el gas, las cuales conserva por bastante tiempo fuera del contacto del aire; en el caso contrario se enturbia, y el hidrógeno sulfurado que contiene se transforma en agua y en azufre que se deposita. Esta es la razon por qué es necesario preparar el ácido sulfhídrico líquido con agua privada de aire, y conservar la disolucion en vasijas perfectamente tapadas.

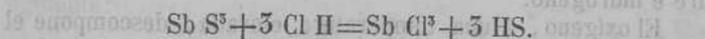
La disolucion del ácido sulfhídrico se emplea frecuentemente en los laboratorios para precipitar un gran número de

metales de sus disoluciones salinas. Los sulfuros que resultan son generalmente insolubles y tienen colores característicos, suficientes por sí solos para reconocer los metales á que pertenecen.

Estado. El ácido sulfhídrico se encuentra libre ó combinado con las bases alcalinas ó térreas en las aguas minerales sulfurosas, y se produce á cada paso durante la descomposición espontánea de las sustancias orgánicas que contienen azufre; su presencia en las cloacas es la que ocasiona las asfixias á que con tanta frecuencia se ven espuestos los poceros, las cuales pueden combatirse por medio del cloro administrado con las precauciones necesarias.

Preparacion. Se obtiene el ácido sulfhídrico tratando el sulfuro de antimonio pulverizado por el ácido clorhídrico del comercio; el hidrógeno del ácido se combina con el azufre del sulfuro para formar el gas sulfhídrico, mientras que el cloro se une con el metal para formar un cloruro de antimonio.

La reaccion puede representarse por la siguiente fórmula:



Usos. Se emplea este cuerpo en los laboratorios como reactivo de las sales metálicas. Disuelto en el agua, bien sea libre ó combinado con las bases, forma las aguas minerales sulfurosas, cuyos usos médicos son tan conocidos para combatir las enfermedades de la piel.

METALES Y COMPUESTOS METALICOS.

LECCION XVIII.

Generalidades de los metales y de las aleaciones.

Propiedades físicas de los metales. Todos los metales son sólidos á la temperatura ordinaria, á escepción del mercurio que se solidifica á -39° : su color ordinariamente es el blanco-gris; si se esceptúan el oro, el cobre y el tántalo que son amarillo-rojizos. La mayor parte son inodoros é insípidos; si

bien algunos como el estaño, cobre, plomo y hierro, presentan cuando se les frota un olor y sabor desagradables: todos, á escepcion del potasio y del sódio, poseen una densidad mayor que el agua destilada, cuya densidad aumenta generalmente por el forjado. Casi todos poseen un brillo que les es característico, el cual pierden cuando se reducen á polvo fino; pero vuelven á adquirirle cuando se les frota con un cuerpo duro.

Los metales cuando están en masa todos son opacos; pero dejan pasar los rayos de luz, si se reducen á hojas muy delgadas como se observa en el oro.

La dureza de los metales varia estraordinariamente; algunos, como el potasio y el sódio, son tan blandos como la cera; otros, como el plomo y el estaño, se dejan rayar por la uña; y finalmente, el antimonio y el hierro presentan una dureza bastante considerable. El carbono, el fósforo y el arsénico aumentan en general la dureza de los metales.

Hay algunos como el hierro, el cobre y la plata, que poseen la ductilidad en alto grado; otros, como el plomo, el oro y el estaño que son muy maleables, y finalmente el bismuto, el arsénico y el antimonio, cuyas moléculas se reducen á polvo por el choque, se consideran como quebradizos.

La tenacidad varia notablemente en esta clase de cuerpos; así, pues, se observa que un alambre de hierro de dos milímetros de diámetro, sostiene sin romperse un peso de 249^l, 159, en tanto que otro de zinc de las mismas dimensiones se rompe con solo 12^l, 710.

Los metales son tanto mas elásticos y sonoros cuanto mayor es su dureza, observándose ademas, que ciertas aleaciones de cobre y estaño poseen una sonoridad mas considerable que los metales puros.

La estructura de los metales es unas veces *laminosa* como en el antimonio, el bismuto y el zinc, y otras *granuda* como en el hierro.

Las formas regulares cristalinas que pueden presentar los metales, son: el octáedro, el cubo y sus derivados.

Los metales son de todos los cuerpos simples los que mejor conducen el calor y la electricidad; unos, como el potasio, sódio, plomo, bismuto y estaño, se funden antes del calor rojo; otros como el platino, rodio e iridio, necesitan para pasar al estado líquido la temperatura producida por la combus-

tion del hidrógeno con el oxígeno; y finalmente, existen algunos como el mercurio, arsénico, zinc, etc., que pueden reducirse al estado de vapor.

Algunos metales tienen la notable propiedad de ser atraídos por el imán; tales son el hierro, el níquel, el cobalto, el cromo y el manganeso, si bien se ha observado que en este último no es perceptible sino á la temperatura de -20° .

Propiedades químicas. Hay metales como el potasio y el sódio que absorben el oxígeno á la temperatura ordinaria; otros necesitan para oxidarse una temperatura bastante mas elevada; en tanto que algunos, como el oro, el platino, el paladio, el rodio y el iridio no absorben este gas, cualquiera que sea el grado de calor á que se les esponga.

El aire seco obra sobre los metales de la misma manera que el oxígeno, aunque con menor energía. Si está húmedo verifica la oxidacion con mas rapidez, en cuyo caso los óxidos se presentan hidratados y carbonatados.

El fósforo, azufre, cloro, iodo, bromo y probablemente el fluor, se combinan con todos los metales para formar fosfuros, sulfuros, etc., en tanto que el hidrógeno, carbono, boro, silicio y nitrógeno, solo entran en combinacion con algunos de ellos, dando lugar á la formacion de hidruros, carburos, etc.

Muchos metales pueden descomponer el agua á la temperatura ordinaria, tales son el potasio, sódio, etc.; otros, como el hierro, zinc, estaño, etc., no ejercen accion sobre este liquido sino á una temperatura próxima á la del calor rojo, y por último, hay algunos como el oro y el platino que no la descomponen á ninguna temperatura.

Los ácidos favorecen algunas veces la accion del agua sobre los metales, en cuyo caso su oxígeno se une con el metal para formar un óxido, que se combina con el ácido, en tanto que el hidrógeno se desprende. Hay tambien ácidos, como el nítrico y el sulfúrico concentrado, que ceden á los metales una parte del oxígeno que entra en su composicion.

Estado natural. Los metales se encuentran unas veces en el estado de libertad, y otras, que son las mas, combinados con el oxígeno, azufre, cloro, etc., ó con el oxígeno y un ácido formando sales.

Clasificacion. Varias son las clasificaciones propuestas por los químicos para estudiar metódicamente los metales; pero la

mas generalmente admitida es la de Thénard, fundada en los diferentes grados de afinidad de los metales para con el oxígeno; cuya clasificacion, con las modificaciones introducidas en ella por Regnault, es la que vamos á esponer á continuacion.

Primera seccion. Metales que absorven el oxígeno á la temperatura mas elevada, descomponen el agua á la temperatura ordinaria apoderándose de su oxígeno, con el cual forman óxidos alcalinos enérgicos, y dejan desprender el hidrógeno. Están comprendidos en ella:

El *potasio, sódio, lithio, bário, estroncio y calcio.*

Segunda seccion. Metales que absorven el oxígeno á una temperatura muy elevada y no descomponen el agua sino entre 100 y 200°, y algunas veces al rojo oscuro. Están comprendidos en ella:

El *glucinio, aluminio, magnesio, zirconio, thorio, itrio, cerio, lantano, didimio, manganeso, urano, pelopio, niobio, erbio, therbio.*

Tercera seccion. Metales que absorven el oxígeno á una temperatura elevada y no descomponen el agua sino al calor rojo ó la temperatura ordinaria por la influencia de los ácidos. Corresponden á ella:

El *hierro, níquel, cobalto, zinc, cadmio, cromo, vanadio.*

Cuarta seccion. Metales que absorven el oxígeno á una temperatura elevada, descomponen el agua al calor rojo, pero no por la influencia de los ácidos, siendo ademas acidificables por el ácido nítrico, el agua régia y el nitrato de potasa. Comprende esta seccion:

El *tungsteno, molibdeno, osmio, tántalo, titano, estaño, antimonio.*

Quinta seccion. Metales que no descomponen el vapor acuoso sino lentamente y á una temperatura muy elevada; sus óxidos no se reducen por el calor. Forman esta seccion:

El *bismuto, plomo y cobre.*

Sesta seccion. Están comprendidos en ella los metales llamados nobles, que no descomponen el agua, y cuyos óxidos son reducibles por el calor. Tales son:

El *mercurio, plata, rhodio, iridio, paladio, ruthenio, platino y oro.*

Regnault, para fundar su clasificacion, ha operado calentando los metales químicamente puros en una corriente de vapor acuoso. No teniendo segun él, el arsénico y el telurio accion

manifiesta sobre el agua, coloca estos dos cuerpos entre los metaloides, con los cuales tienen una analogía bastante grande.

Los metales se dividen también:

1.º *En metales alcalinos*, que son: el potasio, sódio y lithio.
 2.º *En metales alcalinos-térreos*, que son: el calcio, bario y estroncio.

3.º *En metales térreos*, que son: el aluminio, magnesio, glucinio, zirconio, itrio, erbio, terbio, thorinio, pelopio, niobio, cerio, lanthano, didimio.

4.º *En metales propiamente dichos*, que son: el manganeso, hierro, cromo, zinc, cadmio, cobalto, níquel, estaño, titanio, antimonio, bismuto, plomo, cobre, uranio, molibdeno, vanadio, tungsteno, tántalo, mercurio, plata, oro, platino, osmio, iridio, rhodio, paladio y rutenio.

ALEACIONES.

Propiedades físicas. Las aleaciones son unos compuestos, algunas veces definidos, que participan de la mayor parte de las propiedades físicas comunes á los metales que las constituyen. Todas son sólidas á escepcion de la formada por tres partes de potasio y una de sódio, y de las amalgamas en las que predomina el mercurio. Son mas duras y menos ductiles que los metales que las componen, y su densidad es unas veces mayor y otras menor que la de los elementos metálicos de que están formadas. Sometidas á la acción del calor se funden con mas facilidad que el metal menos fusible que entra en su composición. Las aleaciones que contienen metales volátiles, se descomponen en todo ó en parte cuando se las espone á una temperatura elevada; así se observa que las amalgamas pierden enteramente el mercurio que contienen, en tanto que las aleaciones de arsénico, potasio, telurio, etc., solo se descomponen parcialmente. La separación puede también verificarse por *licuación*, siempre que los metales que forman la aleación se fundan á diferentes temperaturas. Si el punto de fusión de estos metales es el mismo, ó se aproxima mucho para que puedan separarse por este medio, es indispensable alearlos con otro metal que sea mas fusible que cada uno de ellos, para que retardando la fusión del uno deje al otro en libertad. Esta operación es la que se practica en la explotación de los minerales de cobre argentífero, á los cuales se les aña-

de una cantidad de plomo que se combina con la plata de la cual se separa despues por la copelacion.

Propiedades químicas. El oxígeno y el aire actúan con mas facilidad sobre las aleaciones que sobre los metales aislados, oxidándolas algunas veces al máximun. Este fenómeno debe atribuirse al aumento de afinidad por el oxígeno que resulta de la tendencia que tiene uno de los óxidos á combinarse con el otro. Si uno de los metales es oxidable y el otro no, como sucedé en la aleacion de plata y plomo, podemos emplear la oxidacion para separarlos.

Estado y preparacion. Muchas de las aleaciones se encuentran ya formadas en la naturaleza. Para obtenerlas en los laboratorios se funden los metales en un crisol, cuidando de agitar la mezcla y vertiéndola despues en moldes apropiados.

Usos. Las aleaciones tienen aplicaciones frecuentes á las artes, de las cuales nos ocuparemos al tratar de cada aleacion en particular.

LECCION XIX.

Generalidades de los óxidos metálicos.

Historia. Se da el nombre de óxidos metálicos á los compuestos que resultan de la combinacion del oxígeno con los metales. Los antiguos los llamaban *cales metálicas*, y los consideraban como metales desprovistos de flogisto. Su historia comenzada por Lavoissier se ha completado por otros muchos químicos, entre los que merecen citarse Dawy y Berzelius.

Clasificacion. Los óxidos metálicos se dividen en las cuatro clases siguientes: 1.^o *óxidos básicos*; 2.^o *óxidos ácidos* (ácidos metálicos); 3.^o *óxidos indiferentes*; 4.^o *óxidos salinos*.

Los óxidos básicos pertenecen á los metales de la primera seccion, y se reconocen fácilmente por la propiedad que tienen de enverdecer el jarabe de violetas, devolver el color azul á la tintura de tornasol enrojecida por un ácido, y cambiar en rojo el color amarillo del papel de cúrcuma.

Los óxidos ácidos poseen las propiedades de los ácidos metaloideos; neutralizan las bases con las que forman sales, y cuando son solubles enrojecen la tintura de tornasol; tales son los ácidos crómico, antimónico, etc.

Los óxidos indiferentes son los que no se combinan ni con

los ácidos ni con las bases; sirvan de ejemplo los bióxidos de bario, calcio y manganeso.

Los óxidos salinos son los que resultan de la combinacion de los óxidos de un mismo metal, de los que el mas oxigenado hace veces de ácido y el menos oxigenado de base: sirvan de ejemplo el óxido de hierro mágnético $\text{Fe}^3 \text{O}^4$, que puede considerarse como una combinacion entre el sesquióxido $\text{Fe}^2 \text{O}^3$, que hace veces de ácido, y el protóxido Fe O , que funciona como base. En el mismo caso se encuentra el minio $\text{Pb}^2 \text{O}^3$, compuesto de Pb O^2 ácido plómbico, y Pb O protóxido de plomo.

Propiedades físicas. Todos los óxidos son sólidos, quebradizos y sin lustre cuando están en polvo. Carecen de olor y sabor si se exceptúan el de ósmio, los que corresponden á los metales de la segunda seccion y los solubles. Son mas pesados que el agua y menos que el metal que los forma, á no ser que sea el potasio y el sódio.

El calor reduce completamente los óxidos de los metales de la sesta seccion. Ninguno de los otros puede reducirse enteramente, y solo algunos ácidos metálicos como el férrico, mangánico, plómbico y varios peróxidos como el de manganeso y cobre, pierden una parte de su oxígeno cuando se eleva su temperatura. Casi todos los óxidos metálicos son fijos, y la mayor parte necesitan una temperatura muy elevada para fundirse.

La pila descompone todos los óxidos menos los de los metales térreos, en cuyo caso el oxígeno se desprende por el polo positivo y el metal reducido se dirige al polo negativo. Cuando el metal se puede amalgamar, se facilita notablemente la descomposicion del óxido empleando el mercurio, como veremos al tratar de la preparacion del potasio.

Propiedades químicas. Algunos protóxidos como los de hierro, cobalto y manganeso, absorben el oxígeno á la temperatura ordinaria cuando están hidratados, otros como los de potasio, bario, etc., solo absorben este gas á una temperatura elevada, existiendo varios otros que espuestos al contacto del aire absorben ademas el ácido carbónico que contiene este fluido.

El hidrógeno reduce á una temperatura elevada los óxidos de los metales de las cuatro últimas secciones, á escepcion del óxido de manganeso y cromo, convirtiendo además en protóxidos á los peróxidos de las dos primeras y al de manganeso.

Los óxidos reducidos por el hidrógeno abandonan siempre el metal perfectamente puro, siendo este el medio de que nos servimos con preferencia en los laboratorios para preparar los metales.

El carbono descompone, á una temperatura mas ó menos elevada, todos los óxidos metálicos menos los térreos ó de la segunda seccion y los alcalino-térreos. De la accion del carbono sobre los óxidos resulta ácido carbónico ú óxido de carbono, segun la cantidad de carbono empleada y la afinidad del metal para con el oxígeno.

El cloro descompone á la mayor parte de los óxidos metálicos á una temperatura elevada, combinándose con el metal y desalojando el oxígeno.

Si los óxidos que se someten á la accion de este metaloide están disueltos ó simplemente suspendidos en el agua, forma con ellos cloruros metálicos, cloratos ó hipocloritos, segun la concentracion de las disoluciones y la cantidad de cloro empleada.

La accion del bromo y del yodo sobre los óxidos metálicos es idéntica á la que ejerce el cloro sobre estos compuestos.

El fósforo á una temperatura elevada actúa sobre casi todos los óxidos, y produce un fosfato y un fosforo. Si la accion se verifica en presencia del agua, se forma además con los óxidos alcalinos y alcalino-térreos un hipofosfito metálico, y fosforo de hidrógeno libre que se desprenden.

La accion del azufre es parecida á la del fósforo y va generalmente acompañada de un desprendimiento de calor y luz. La potasa, sosa, barita y cal forman con este metaloide, á una temperatura poco elevada, polisulfuros é hiposulfitos; pero si el calor es mayor los hiposulfitos se transforman en sulfatos.

El agua disuelve los óxidos de los metales de la primera seccion. Los protóxidos de hierro, manganeso y estaño, la descomponen á una temperatura muy elevada, apoderándose de su oxígeno; en tanto que los peróxidos de potasio, sódio, bário, estroncio y calcio son descompuestos por este liquido, transformándose en protóxidos y disolviéndose en él.

La mayor parte de los óxidos metálicos pueden combinarse con el agua para formar unos compuestos salinos llamados *hidratos*, en los que el agua hace las veces de ácido, y cuya composicion es tal que la cantidad de oxígeno del agua es igual á la cantidad de oxígeno que tiene el óxido.

Estas combinaciones se verifican generalmente con desprendimiento de calor, como se observa en la hidratacion del óxido de calcio, durante la cual se eleva la temperatura hasta 500°.

De la accion de los metales sobre los óxidos puede resultar:

- 1.° Reduccion del óxido y oxidacion del metal.
- 2.° Oxidacion de parte del metal empleado y una aleacion.
- 3.° Reduccion de una parte del óxido y combinacion de la otra parte con el nuevo óxido formado.
- 4.° Transformacion del óxido empleado en otro inferior, que ó queda libre, ó se combina con el óxido formado.

Estado natural. Pocos son los óxidos metálicos que nos presenta la naturaleza en el estado de libertad, encontrándose por el contrario con bastante abundancia, ó combinados entre sí, ó con los ácidos formando sales.

Preparacion. Varios son los medios que podemos emplear para preparar los óxidos metálicos en los laboratorios; nosotros solo citaremos los mas principales.

1.° Calentando los metales en contacto del oxígeno ó del aire; de este modo se preparan los óxidos de plomo, zinc, cobre, etc.

2.° Tratando los metales por cuerpos que puedan prestarles oxígeno, tales como el ácido nítrico, el nitrato de potasa y el clorato de la misma base.

3.° Calcinando los nitratos y carbonatos, y algunas veces los oxalatos y sulfatos.

4.° Descomponiendo las sales metálicas solubles por la potasa, la sosa ó el amoniaco. Los óxidos preparados por este procedimiento se obtienen casi siempre hidratados.

5.° Haciendo hervir en agua un carbonato soluble con un óxido que forme una sal insoluble con el ácido carbónico.

6.° Tratando algunos óxidos hidratados ó en disolucion por el agua oxigenada en cuyo caso conseguimos sobreoxidarlos.

Generalidades de las sales.—Caractères de los géneros á que corresponden las de mayor uso.

Se da el nombre de *sal* á la combinacion de un ácido con una base salificable. Esta definicion, establecida la primera vez por Lavoissier, no es la mas adecuada, especialmente despues del descubrimiento de los hidrácidos. En efecto, considerando Berzelius que cuando se pone en contacto un hidrácido con un óxido metálico se forma siempre un cuerpo binario con las mismas propiedades, y aun en muchos casos con las mismas reacciones que las sales, ha dado al nombre de *sal* una estension mucho mayor, dividiéndolas además en *binarias* y *ternarias*.

El mismo químico ha propuesto llamar sales *haloidas* á los compuestos binarios que resultan de la accion de los hidrácidos sobre las bases, tales son los cloruros, bromuros, sulfuros, ioduros, cianuros y fluoruros, dando por el contrario el nombre de sales *anfidas* á los compuestos ternarios que resultan de la combinacion de dos cuerpos binarios, como un ácido con un óxido, un sulfuro básico con otro ácido, etc.

Fenómenos de saturacion. Se dice que un ácido ha sido saturado por una base, cuando puestos en contacto con las precauciones necesarias pierden ambos sus propiedades características. El compuesto que resulta recibe el nombre de *sal neutra* si no enrojece ni enverdece las tinturas azules de los vegetales, *ácida* si las enrojece, y finalmente, *básica* si cambia en verde el color de estos reactivos.

De lo dicho se infiere que para juzgar de la neutralidad de las sales nos servimos de las modificaciones que experimentan las materias colorantes, especialmente la tintura de tornasol y el jarabe de violetas por la accion de los ácidos y las bases.

Sucede, sin embargo, que la sal llamada neutra enrojece la tintura, siempre que el ácido es enérgico y la base débil, ó la enverdece en el caso contrario. Así, pues, el ácido sulfúrico que forma con la potasa, sosa y amoniaco sulfatos neutros á los reactivos colorados, produce sulfatos ácidos á los mismos reactivos, cuando se combina con bases débiles, tales co-

mo el peróxido de hierro, el óxido de cobre y el de aluminio.

No pudiendo pues servir las tinturas, como se vé por lo que acabamos de decir, para determinar la neutralidad en la numerosa série de las sales, se ha convenido en llamar neutras á todas las que tengan una composicion análoga á las sales de potasa que no alteran los colores vegetales. Combinando con las precauciones necesarias el ácido sulfúrico y la potasa, se obtiene una sal neutra, cuya composicion se espresa por la fórmula KO, SO^3 . Ahora bien, todas las sales formadas por el ácido sulfúrico, en las que el oxígeno del ácido sea triple que el de la base, se deben considerar como neutras, ya sea que enrojezcan ó ya que enverdezcan los colores vegetales. Asi pues los sulfatos de cobre y de mercurio, aun cuando enrojezcan la tintura de tornasol, son neutros si se representan por las fórmulas CuO, SO^3 y HgO, SO^3 .

Lo dicho respecto á los sulfatos se aplica de la misma manera á los demás géneros de sales; asi, admitiendo como neutro el nitrato de potasa, cuya fórmula es KO, NO^3 , deberán considerarse tambien como neutras todas las demás sales de este género que ofrezcan una composicion análoga, ó en las que la cantidad de oxígeno de la base sea á la cantidad de oxígeno del ácido :: 1 : 5.

Una vez determinada esta relacion en las sales neutras, será necesario llamar sales ácidas á aquellas en las que la cantidad de ácido sea mayor que la contenida en la sal neutra, llamando por el contrario sales básicas á las que se encuentran en el caso opuesto.

Clasificacion. Las sales son de una misma especie cuando están formadas de las mismas bases y de los mismos ácidos en proporciones idénticas; los géneros están formados por la reunion de las especies que tienen un mismo ácido, y las familias se pueden formar por la reunion de los géneros que tengan entre sí mucha analogía.

Composicion. Todas las sales de un mismo género, y en el mismo estado de saturacion, están compuestas de tal manera, que la cantidad de oxígeno del ácido y la del oxígeno del óxido están entre sí en una relacion sencilla, de modo que el oxígeno del uno es un múltiplo por un número entero del oxígeno del otro; en efecto se sabe

Que el carbonato de plomo está formado de.....	Ácido carbónico. 100	que contiene 72,32 oxígeno.
	Protóxido de plomo..... 506,06	que contiene 36,29 oxígeno.
Que el carbonato de sosa está compuesto de.....	Ácido carbónico. 100	que contiene 72,32 oxígeno.
	Protóxido de sodio..... 441,387	que contiene 36,13 oxígeno.

De donde resulta, que la relacion entre la cantidad de oxígeno del ácido y la de la base, es en los carbonatos la de 2 : 1.

Haciendo una observacion análoga con los demás géneros de sales, veremos que esta relacion en los sulfatos es la de 5 : 1, en los nitratos de 5 : 1, etc., etc.

Propiedades físicas. La mayor parte de las sales son sólidas y susceptibles de cristalizar; su color varía con la naturaleza de la base y la del ácido; así se observa, que cuando una y otro carecen de color, las sales son incoloras, que si los óxidos y los ácidos le tienen, las sales participan de él, como se observa en las de hierro, cobre, etc., y en las formadas por los ácidos crómico, permangánico, etc. El sabor de las sales es con frecuencia característico y depende unas veces del de la base, como se observa en los de alúmina y plomo, y otras de el del ácido, como puede notarse en los sulfitos, cianuros, etc.

El calor ejerce sobre las sales una accion que varía con la naturaleza del ácido y de la base: cuando contienen agua de cristalización experimentan fácilmente la *fusión acuosa*, pero si continuamos elevando la temperatura, el agua de cristalización se volatiliza, se desecan y sufren otra nueva fusión llamada *ígneas*. Si el agua está solamente interpuesta, al evaporarse esta por la accion del calor separa las moléculas de la sal produciendo un ruido que se conoce con el nombre de *crepitation*.

La electricidad voltáica descompone todas las sales con tal que estén disueltas ó humedecidas, el ácido se dirige al polo positivo y la base al negativo, pudiendo tambien suceder, si la pila es fuerte, que se reduzca el óxido metálico por la influencia de la corriente; en cuyo caso el metal reducido pasa al polo negativo, en tanto que el ácido y el oxígeno de la base pasan al polo positivo.

Propiedades químicas. Todas las sales cuya base es la po-

tasa, sosa y amoniaco son solubles, á no ser que contengan un exceso de ácido insoluble; lo son asimismo todas las que tienen un exceso de ácido soluble; y finalmente son insolubles ó poco solubles en general las que contienen un exceso de base, á no ser que esta sea soluble. La temperatura influye notablemente en la cantidad de sal que el agua puede disolver aumentando esta á medida que aquella es mayor; sin embargo, hay algunas sales, tales como el carbonato de magnesia y el sulfato de sosa, que se encuentran en el caso contrario.

Hay algunas sales muy solubles que espuestas á la acción del aire atraen la humedad de este fluido y pasan al estado líquido, en tanto que otras le ceden toda ó parte del agua que contienen, reduciéndose á polvo y perdiendo su transparencia: las primeras se llaman *deliquescentes* y las segundas *eflorescentes*.

Quando se introduce en una disolucion salina correspondiente á los metales de las cuatro últimas secciones un metal de las mismas, cuya afinidad por el oxígeno sea mayor que la correspondiente al contenido en la disolucion, el metal introducido sustituye en general al de la sal, el cual se precipita con prontitud adhiriéndose al metal precipitante, presentando en algunas ocasiones una forma regular.

La cristalización metálica mas notable es la llamada *árbol de Saturno*, la cual se obtiene llenando casi completamente un frasco de cuello ancho con agua que contenga $\frac{1}{20}$ en peso de acetato ácido de plomo. Se introduce en esta disolucion una lámina de zinc, suspendida por alambres de laton unidos al corcho que sirve de tapa al frasco, cuidando de que algunos de estos alambres estén mas bajos que la lámina; poco tiempo es necesario para que el zinc y los alambres se recubran de láminas brillantes de plomo, y en tanto número que concluyen por llenar casi enteramente el frasco.

Si el metal precipitante es el mercurio, y el precipitado es la plata, la cristalización que se obtiene está formada por una amalgama de plata, y se conoce con el nombre de *árbol de Diana*.

La acción de los metaloides y de los ácidos sobre las sales, y la de unas sobre otras depende de la naturaleza del ácido, y por consecuencia varía para cada uno de los géneros.

- *Estado y preparación.* Muchas sales se encuentran fer-

madas en la naturaleza, pero la mayor parte se preparan en nuestros laboratorios, para lo cual se emplean varios procedimientos que pueden reducirse á los cuatro siguientes: 1.^o Combinando directamente un óxido con un ácido; 2.^o tratando los carbonatos por los ácidos; 3.^o tratando en frio ó á una temperatura algo elevada un metal por un ácido; 4.^o por doble descomposicion.

Usos. Muchas de las sales tienen aplicaciones inmediatas en las artes y en la medicina; pero no siendo posible tratar de todas ellas en las nociones elementales que nos ocupan, al describir los metales en particular, daremos á conocer las de mayor uso.

Caractères de los géneros á que corresponden las sales de mayor uso.

CLORUROS.

Todos los cloruros son solubles á escepcion del de plata y el protocloruro de mercurio; resisten á la accion de una temperatura elevada menos los de oro, platino y varios otros de la última seccion, que se descomponen desprendiendo el cloro y dejando aislado el metal; algunos, como los alcalinos, se funden y no pocos se volatilizan.

Tratados por el ácido sulfúrico se descomponen y dejan desprender ácido clorhídrico. El ácido nítrico á una temperatura elevada, verifica tambien la descomposicion de los cloruros, dando lugar á la formacion del agua régia. Puestos en contacto con el peróxido de manganeso y el ácido sulfúrico desprenden cloro, y finalmente, tratada su disolucion por el nitrato argéntico produce un precipitado blanco parecido á la leche cortada, insoluble en el agua, poco soluble en los ácidos y perfectamente soluble en el amoniaco.

MONOSULFUROS.

Los monosulfuros resisten en general á la accion del fuego cuando son anhidros; algunos sin embargo dejan desprender una parte de su azufre cuando se eleva suficientemente la temperatura, y otros, como los de oro y platino, se reducen al estado metálico.

Los monosulfuros alcalinos son solubles en el agua, su sabor es sulfuroso, presentan una reaccion alcalina, espuestos al aire esparcen un olor á hidrógeno sulfurado, y si están disueltos adquieren un color amarillo, pasan al estado de polisulfuros y acaban por transformarse lentamente en hiposulfitos.

Forman con las sales de las cuatro últimas secciones precipitados de colores diversos, que nos sirven con frecuencia de caracteres para reconocer los metales, y finalmente, tratados por los ácidos se descomponen, desprendiendo ácido sulfhidrico sin dejar depósito alguno de azufre.

Los sulfuros de plomo, antimonio y plata se descomponen por el hierro y otros metales, cuya reaccion proporciona á las artes el medio de extraer los metales de sus respectivos sulfuros.

NITRATOS.

Todas las sales pertenecientes á este género son solubles en el agua y se descomponen á una temperatura elevada. Los unos desprenden en un principio oxígeno y se convierten en nitritos, los que á su vez, aumentando el calor, abandonan la base desprendiendo mas oxígeno, nitrógeno ó bióxido de nitrógeno; otros desprenden oxígeno, ácido hiponitrico ó ácido nítrico hidratado y abandonan la base, la cual se sobreoxida ó reduce, segun sea ó no susceptible de alteracion.

Todos los nitratos deslagran al fuego, desprenden ácido nítrico cuando se tratan por el ácido sulfúrico á la temperatura ordinaria, forman agua régia cuando se calientan con el ácido clorhídrico, y puestos en contacto con el ácido sulfúrico concentrado y limaduras de cobre desprenden bióxido de nitrógeno, que produce vapores rojos en contacto del aire.

Por último, el oxígeno del ácido en los nitratos neutros es quintuplo del de la base.

CLORATOS.

Todos los cloratos son solubles en el agua y se descomponen por el calor. Los de la primera y segunda seccion producen oxígeno y dejan por residuo un cloruro, los demas desprenden oxígeno y cloro dejando por residuo un óxido ó un oxiclорuro.

Los cloratos son unos cuerpos que poseen la propiedad oxidante en alto grado y forman con las materias combustibles tales como las resinas, el azufre y el carbon, *pólvoras fulminantes* que detonan por el choque ó por el calor.

Tratados por el ácido sulfúrico concentrado se descomponen en ácido perclórico y óxido de cloro, tan caracterizado por su olor y por el color amarillo rojizo que presenta.

Los cloratos no dan precipitado por el nitrato argéntico, porque el clorato de plata es soluble; pero sometidos á la calcinacion se convierten en cloruros que tienen, como ya sabemos, la propiedad de precipitar las sales de plata.

En los cloratos neutros el oxígeno del ácido es al oxígeno del óxido: : 5 : 1.

SULFATOS.

Todos los sulfatos, á escepcion de los alcalinos y los de magnesia y plomo, se descomponen al fuego, dando por resultado de su descomposicion ácido sulfuroso, oxígeno y mas ó menos cantidad de ácido sulfúrico anhidro que se desprende, en tanto que el óxido puesto á descubierto, ó no experimenta alteracion, ó absorve el oxígeno y se sobreoxida, ó finalmente le pierde y se reduce al estado metálico.

El carbon descompone á todos los sulfatos, convirtiendo á los de las dos primeras secciones, menos al de magnesia y alúmina, en monosulfuros si la temperatura se eleva hasta el rojo blanco, y en polisulfuros mezclados con los óxidos si la temperatura es inferior. Los sulfatos de las cuatro últimas secciones, tratados del mismo modo, producen frecuentemente ácido carbónico, óxido de carbono, ácido sulfuroso, sulfuro de carbono, un sulfuro metálico y algunas veces metal reducido.

Todos los sulfatos son solubles en el agua si se esceptúan los de barita y plomo; tratados por las sales de barita producen un precipitado blanco, insoluble en el agua y en los ácidos nítrico y clorhídrico, el cual, calcinado con el carbon, se transforma en un sulfuro que desprende hidrógeno sulfurado cuando se pone en contacto con el ácido clorhídrico.

En los sulfatos neutros el oxígeno del ácido es al oxígeno de la base : : 3 : 1.

CARBONATOS.

Todos los carbonatos son insolubles en el agua, si se exceptúan los de potasa, sosa, lithina y amoniaco; algunos sin embargo, como los de cal y barita y pueden disolverse por un exceso de ácido carbónico: el primero da un color azul por su olor y por el color azul que se produce al tratarlos con el ácido nítrico.

El calor descompone todos los carbonatos excepto los de potasa, sosa y lithina; tratados por el ácido clorhídrico se descomponen con una efervescencia mas ó menos rápida, dejando desprender un gas incoloro é inodoro, que recogido en agua de cal tiene la propiedad de formar un precipitado blanco, soluble en un exceso de ácido carbónico.

En los carbonatos neutros la relacion entre el oxígeno del ácido y el de la base es : : 2 : 1.

Los bicarbonatos se distinguen fácilmente de los carbonatos neutros porque no precipitan las sales de magnesia.

SILICATOS.

Los silicatos alcalinos con exceso de base son los únicos que el agua puede disolver. Los insolubles se descomponen cuando se les funde con tres ó cuatro veces su peso de potasa ó sosa cáusticas en un crisol de plata.

Tratado el residuo por un ácido, evaporándole hasta sequedad y calentándole hasta 150 ó 200°, abandona la sílice como insoluble.

Los silicatos, cuyas bases son irreducibles por el calor, aguantan una temperatura muy elevada sin descomponerse, si bien generalmente se funden, verificándose este fenómeno con tanta mas facilidad cuanto mayor sea el número de bases que estén unidas al ácido silícico.

Los silicatos son muy abundantes en la naturaleza, puesto que constituyen las rocas de los terrenos primitivos. En general se consideran como neutros aquellos cuyos ácidos contienen tres veces tanto oxígeno como el óxido de la base.

BORATOS.

Los boratos alcalinos son solubles en el agua y presentan constantemente una reaccion alcalina, los demás ó son insolu-

bles ó se disuelven en corta cantidad. Resisten por lo general, á temperaturas muy elevadas y producen por la fusión un vidrio transparente; sin embargo, como el ácido bórico se volatiliza á la temperatura del rojo blanco, pueden los boratos perder su ácido cuando se prolonga por mucho tiempo la acción del fuego.

Los ácidos sulfúrico, clorhídrico y nítrico descomponen los boratos en presencia del agua, separando el ácido bórico; el cual comunica á la llama del alcohol un color verde.

El ácido bórico se combina con las bases en varias proporciones. Se consideran como neutros aquellos en que el oxígeno de la base está con el del ácido en la relación de 4 : 6.

HIPOCLORITOS. Estas sales se forman al combinar el ácido hipocloroso con las bases.

Estas sales tienen un olor y sabor parecidos á los del ácido hipocloroso; destruyen los colores vegetales y se consideran como oxidantes enérgicos. Puestos en contacto con el sulfuro de plomo le transforman rápidamente en sulfato. Tienen poca estabilidad, que la ebullición en el agua, la simple concentración y la acción de la luz son suficientes para transformarlos en cloruros y en cloratos. Los únicos hipocloritos que se han estudiado bien son los de potasa, sosa y cal.

LECCION XXI.

Potasio.—Hidrato de protoxido de potasio.—Caracteres distintivos de las sales de potasa.—Nitrato y carbonato de potasa.

POTASIO, K. EQUIVALENTE 488,85.

Historia. Este metal fué descubierto por Dawy en 1807; pero sus propiedades han sido estudiadas por Gay-Lussac y Thénard, que fueron los primeros que dieron á conocer un método sencillo para preparar tan interesante cuerpo.

Propiedades. El potasio es sólido á la temperatura ordinaria, tiene un brillo metálico parecido al de la plata mate; pero espuesto al aire se empaña y adquiere un color gris azulado. Es tan blando como la cera, y su densidad relativa está representada por 0,865.

Se funde á 58°, y se volatiliza á una temperatura mas elevada produciendo un vapor verde. Tiene una afinidad tan grande para con el oxígeno, que puesto en contacto del aire atmosférico á la temperatura ordinaria se oxida inmediatamente. Si el experimento se hace á una temperatura elevada, arde con rapidez, y se transforma en óxido de potasio.

Descomponer el agua á la temperatura ordinaria apoderándose de su oxígeno, y produciendo un desarrollo de calor tan considerable, que es capaz de inflamar el hidrógeno á medida que se desprende.

Preparacion. Se toma un fragmento de hidrato de potasa en el que se practica una cavidad que se llena de mercurio, se coloca el fragmento en una planchita metálica que comunica con el polo positivo de una pila de 150 pares, en tanto que el polo negativo de la misma se pone en comunicacion con el mercurio. Poco tiempo es suficiente para que el oxígeno del óxido y el del agua se dirijan al polo positivo, y el potasio y el hidrógeno vayan á parar al negativo. Allí se verifica la amalgama de potasio, la que destilada convenientemente en una retorta de vidrio nos deja por residuo el metal perfectamente puro.

Por este medio se obtienen porciones muy pequeñas de potasio: si quisiéramos preparar cantidades mayores sería necesario reducir la potasa por el hierro, ó descomponer el carbonato potásico por el carbon en aparatos convenientemente dispuestos, y de cuya descripcion no debemos ocuparnos.

HIDRATO DE PROTÓXIDO DE POTASIO, KO, HO.

Propiedades. Este cuerpo conocido tambien con el nombre de *pedra de cauterio* es sólido, de color blanco, untuoso al tacto y de una densidad mayor que la del agua.

Altera inmediatamente la piel, destruye casi todas las sustancias animales, como los pelos, la seda, etc., y saponifica los cuerpos grasos.

Se funde á una temperatura inferior á la del rojo, y se volatiliza despues produciendo vapores blancos.

Atrae con fuerza la humedad del aire, y se líquida combinándose despues con el ácido carbónico contenido en la atmósfera.

Absorve el oxígeno á una temperatura elevada, y se trans-

forma en peróxido, el cual permanece mezclado con un exceso de protóxido.

Estado. La potasa es muy abundante en la naturaleza. Se encuentra combinada con los ácidos de los vegetales formando las sales orgánicas, que por la calcinacion producen el carbonato de potasa que se estrae de sus cenizas.

Preparacion. Se disuelve una parte de carbonato de potasa puro en diez ó doce partes de agua, se coloca la disolucion en un perol de hierro, y se eleva la temperatura hasta que el liquido entre en ebullicion, cuidado de añadirle en pequeñas porciones una lechada de cal que contenga un peso de este cuerpo próximamente igual al del carbonato empleado. Luego que se haya verificado la descomposicion completa del carbonato de potasa, se filtra el liquido, para separar el carbonato de cal, y se evapora hasta sequedad en una cápsula de plata, elevando despues la temperatura hasta que la materia entre en fusion para vaciarla sobre planchas de hierro colado, ó en moldes cilindricos compuestos de dos partes que pueden separarse una de otra, luego que la potasa se haya solidificado.

Preparada la potasa por este procedimiento no puede considerarse como pura, á menos que lo fuese el carbonato empleado, lo que sucede rara vez.

Para purificar el producto obtenido es necesario tratarle por una cantidad de alcohol á 33° que represente próximamente $\frac{1}{3}$ de la potasa primitiva, el cual solo disuelve el hidrato de potasa, y separa la disolucion de los sulfatos, cloruros y carbonatos que le acompañan.

Se recoge la parte superior del alcohol, que es la más téñida, se destila hasta reducirla á los dos tercios para aprovechar el alcohol, y se evapora el residuo hasta sequedad, fundiéndole despues y reduciéndole á cilindros, de la manera que hemos indicado. En este caso constituye la potasa llamada alcohólica, ó el hidrato de protóxido de potasio casi completamente puro.

Usos. El hidrato de potasa no solo es un excelente reactivo, sino que se emplea además para la preparacion de varios óxidos, para fabricar el jabon blando, y en medicina como eauterizante.

CARACTERES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE POTASA.

Todas las sales de protóxido de potasio son solubles en el agua, y se reconocen empleando los reactivos siguientes:

Acido tártrico. Precipitado blanco cristalino que es un bitartrato potásico.

Acido clórico y perclórico. Precipitado blanco cristalino.

Sulfato de alumina. Precipitado blanco de forma octaédrica.

Bicloruro platínico. Precipitado amarillo de cloruro doble de platino y potasio.

NITRATO DE POTASA KO, NO_3 .

Esta sal, conocida con los nombres de *nitro*, *salitre* y *sal de nitro*, es blanca, inodora, de sabor fresco y picante. Cristaliza en prismas estriados de seis caras, terminados en pirámides exáedras, y su densidad relativa está representada por 1,933.

El nitrato de potasa es inalterable al aire, al menos que no contenga éste una gran cantidad de vapor acuoso. Se funde á 300° próximamente, y se convierte despues de frío en una masa blanca, compacta, que se conoce con el nombre de cristal mineral. Si se eleva aun más la temperatura pierde un tercio de su oxígeno y se transforma en nitrito; finalmente, á la temperatura del rojo blanco se descompone tambien el nitrito en nitrógeno y oxígeno, dejando por residuo una mezcla de potasa y peróxido de potasio.

Si se mezclan tres partes de nitro con dos de potasa y una de azúfre, resulta una pólvora que detona con violencia cuando se calienta en una cuchara de proyección.

Estado. El nitrato de potasa se encuentra generalmente en la superficie de los muros viejos y húmedos, en sitios habitados por animales, tales como apriscos, caballerizas, etc.; y en varios puntos de la superficie de la tierra, principalmente en Egipto, la India y España.

Preparacion. Para obtener esta sal se emplea la lexiviación de las tierras que la contienen, evaporando despues el liquido por medio del calor. En los países donde los terrenos contienen poca cantidad de nitrato de potasa y mucha de ni-

tratós de cal y de magnesia, es necesario seguir otro procedimiento, que consiste en concentrar los líquidos despues de la lexivación, hasta que marquen 25° en el areómetro de Baumé, teniendo cuidado de separar el depósito que se forma, y que se conoce con el nombre de *lodo*. Para transformar los nitratos de cal y de magnesia en nitrato de potasa, se añade al líquido una disolución concentrada de carbonato de potasa; se decanta el líquido; se evapora hasta que marque 45°, teniendo cuidado de separar los cloruros de sódio y potasio con una espumadera, y se deja enfriar para que cristalice. El nitró obtenido se dice que es de *primera cochura*, y se llama *salitre bruto*. Se purifica disolviéndole en la menor cantidad posible de agua hirviendo, se clarifica con sangre de buey, se separa la espuma formada y se cristaliza de nuevo, en cuyo estado constituye el nitró de *segunda cochura*. Por último, para separar las sales delicuescentes contenidas en las aguas madres que recubren los cristales obtenidos, se lavan con una disolución saturada de nitró, la que no puede disolver mas nitrato de potasa, pero sí las demás sales que le impurifican. De esta operación resulta el *nitró refinado ó de tercera cochura*.

Usos. Se emplea el nitró para la preparacion de los ácidos nítrico y sulfúrico, y para la de los flujos blanco y negro tan usados en los laboratorios. Finalmente, mezclado con azufre y carbón en diversas proporciones constituye las diversas clases de pólvora que se fabrican en todos los países.

CARBONATO DE POTASA NEUTRO, KO, CO^2

Propiedades. Esta sal, conocida también con los nombres de *álcali vegetal*, *sal de tártero* y simplemente *potasa*, es blanca, ácre, ligeramente cáustica, delicuescente, enverdece el jarabe de violetas y cristaliza en tablas romboidales que contienen dos equivalentes de agua. Se funde al calor rojo, y no se descompone sino por una corriente de vapor acuoso, en cuyo caso pierde su ácido carbónico y se transforma en hidrato de potasa.

Estado. Los vegetales contienen una cantidad mayor ó menor de potasa combinada con diversos ácidos orgánicos, tales como el acético, málico, oxálico, tártrico, etc. Estas sales convenientemente calcinadas se convierten en

carbonato de potasa, que forma una gran parte de las cenizas de los vegetales.

Preparacion. La potasa del comercio se prepara en los paises donde abundan los bosques, para lo cual lexivian las cenizas que resultan de la combustion de la leña, y evaporan la disolucion hasta sequedad; el cuerpo sólido que resulta llamado *salino*, se calcina fuertemente para destruir alguna materia combustible que aun conserva, y despues de frio se coloca en toneles bien tapados, y se introduce en el comercio con el nombre del pais que la suministra. Las potasas del comercio contienen cantidades variables de sulfato de potasa, cloruro de potasio, alúmina, sílice, cal y óxido de hierro y de manganeso.

En los laboratorios se prepara bastante pura, haciendo deflagrar en un perol de hierro enrojecido una parte de bitartrato potásico con dos de nitro, lexiviando el producto y evaporando el líquido hasta sequedad.

Usos. Se emplea el carbonato de potasa para la preparacion del salitre, para fabricar el cristal, el azul de Prusia, el jabon blando, etc., etc.

LECCION XXII.

Sódio.—*Hidrato de potóxido de sódio.*—*Cloruro, carbonato, y borato de sosa.*

SODIO, Na. EQUIVALENTE 289,72.

Propiedades. El sódio tiene un color blanco de plata, es casi tan ductil como la cera, y su densidad relativa está representada por 0,972.

Se funde á 90° y aunque menos volátil que el potasio se reduce á vapor á la temperatura del calor rojo. Desciende el agua, dando lugar á los mismos fenómenos que hemos estudiado al tratar del potasio, con sola la diferencia de que la cantidad de calor desarrollada por la oxidacion del sódio no es suficiente para inflamar el hidrógeno desprendido.

Sin embargo, disminuyendo los movimientos del sódio por la disolucion de una porcion de goma en el agua, é introduciéndole en una vasija que solo contenga una cortísima canti-

dad de este líquido, se eleva lo suficiente la temperatura del metal para verificar la inflamación del hidrógeno.

La acción del oxígeno sobre el sódio es idéntica á la que ejerce sobre el potasio, siendo también absolutamente el mismo el método que se emplea para la preparación de este cuerpo, con sola la diferencia de sustituir al protóxido de potasio, el protóxido de sódio.

HIDRATO DE PROTÓXIDO DE SODIO, NaO , HO .

Las propiedades físicas y químicas de este cuerpo, conocido también con el nombre de *sosa* y *álcali mineral*, son en un todo semejantes á las del hidrato de potasa. Se prepara descomponiendo el carbonato de sosa por la cal hidratada, con la cual forma un carbonato insoluble é hidrato de protóxido de sódio, llamado también *sosa cáustica por la cal*. Se purifica por el alcohol, empleando el procedimiento indicado al tratar del hidrato de potasa, y en este estado recibe el nombre de *sosa alcohólica*.

Para distinguir estos dos hidratos basta dejarlos espuestos al aire por algun tiempo, pues aun cuando los dos se liquidan y absorven el ácido carbónico del aire, el carbonato de potasa permanece líquido, en tanto que el de sosa se effloresce y reduce á polvo.

CARACTERES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE SOSA.

Las sales de sosa se parecen mucho á las de potasa, de las cuales se diferencian por no dar precipitado, cuando se tratan por el sulfato de alúmina, el cloruro platinico y los ácidos elórico, perclórico y tártrico, y finalmente por comunicar á la parte exterior de la llama del soplete un color amarillo en vez del violado que la comunican las sales de potasa.

CLORURO DE SODIO, Na Cl .

Propiedades. Este cuerpo conocido desde la antigüedad mas remota con el nombre de *sal marina*, es sólido, inodoro, de sabor salado agradable, y su densidad relativa está representada por 2,15. Cristaliza en cubos anhidros, que decre-

pitán al fuego y atraen la humedad del aire, cuando el higrómetro de Saussure marca 80 grados.

Se funde á la temperatura del calor rojo, y se volatiliza á otra mas elevada produciendo vapores blancos.

El cloruro de sódio es casi tan soluble en el agua fria como en la caliente, de suerte que no cristaliza por el enfriamiento. Esta propiedad permite separar la sal marina de las demas sales, y muy particularmente del nitrato de potasa, cuya solubilidad aumenta considerablemente con la temperatura.

Estado. La sal comun se encuentra en la naturaleza formando capas de mas ó menos estension en los terrenos de marga, en los de creta, y aun en los terciarios, ó disuelta en la mayor parte de las aguas, y muy principalmente en las del mar.

Preparacion. Cuando no se encuentra la sal en el estado sólido, es preciso sacarla por la evaporacion de las aguas del mar, ó de los manantiales salados que se encuentran en casi todos los puntos del globo.

En los países frios, donde no puede aplicarse este método se estrae la sal esponiendo el agua del mar á una temperatura muy baja para que se congele. La porcion de liquido que se solidifica apenas contiene sal, en tanto que la restante retiene en disolucion todas las sales solubles; se separan de vez en cuando los trozos de hielo formados y se termina la evaporacion en calderas por el método ordinario.

La sal comun preparada por este medio contiene cloruros de aluminio, de calcio y de magnesio, y una cantidad bastante notable de sulfato de potasa. Si queremos obtenerla mucho mas pura, seria necesario tratar las aguas del mar por la cal, antes de someterlas á la congelacion, con lo que se evitaria en gran parte la formacion del sulfato de sosa, y conseguiriamos precipitar la magnesia y la alúmina.

Usos. Bien conocidas son las aplicaciones de tan interesante cuerpo en la economia doméstica y en la agricultura, por consecuencia solo recordaremos la utilidad que de él sacan las artes para la preparacion del cloro, del ácido clorhídrico y de los hipocloritos.

CARBONATO DE SOSA, NaO , CO^2 , 10 HO.

Propiedades. Esta sal es blanca, inodora, de sabor ácre, ligeramente cáustica, enverdece el jarabe de violetas, y es muy soluble en agua hirviendo. Cristaliza en prismas romboidales eflorescentes que contienen diez equivalentes de agua, los cuales pierde cuando se espone á la temperatura de 100° ; si se eleva aun mas hasta el rojo intenso experimenta la fusion ignea, sin sufrir otra alteracion, al menos que no intervenga una corriente de vapor acuoso, en cuyo caso se desprende el ácido carbónico, quedando por residuo un hidrato de sosa.

Preparacion. La sosa llamada *natural* se prepara incinerando en hoyos practicados en el suelo las plantas marinas, tales como los fucos, salsolas, etc., de cuya operacion resulta una masa negra, compacta y vitrificada, que constituye la barrilla del pais donde se fabrica, y de la cual se estraen por lexiviacion sales mas ó menos abundantes en carbonato de sosa, que se conocen con los nombres de sosa de Narbona, de Alicante, etc.

De todas las barrillas naturales la mas rica en carbonato de sosa es la de Alicante, y sin embargo contiene como las demás sulfato de sosa, sulfuro de sódio, sal marina, carbonato de cal, alúmina, sílice, óxido de hierro, carbon, etc. Estos cuerpos se separan por la lexiviacion unos, y por disoluciones y cristalizaciones repetidas los otros.

La barrilla *artificial* se obtiene calcinando en un horno de rebervero elíptico una mezcla de 400 partes de sulfato de sosa anhidro, 400 de creta bien seca, y 135 á 140 de carbon de piedra.

Estas sustancias agitadas de vez en cuando con una varilla de hierro adquieren una consistencia pastosa á la temperatura del calor rojo, y desprenden una gran cantidad de gas que arde con llama azul. Despues de cuatro ó cinco horas de calcinacion, época en que la masa aparece casi flúida, se agita nuevamente, se coloca en las partes laterales del horno por medio de un rastrillo, y se introduce en vasijas de palastro, en las que se deja enfriar.

Usos. El carbonato de sosa se emplea para fabricar el vidrio, el jabon, las lejías, y en muchas operaciones de tintorería.

BORATO DE SOSA, NaO , BO^3 , 10 HO .

Propiedades. El borato de sosa, conocido tambien en el comercio con el nombre de *borax*, es sólido, blanco, de sabor alcalino, y cristaliza en prismas exáedros, que contienen cuarenta y siete por ciento de agua.

Espuesto á una temperatura elevada aumenta de volúmen, pierde su agua de cristalización, y se funde produciendo un vidrio que conserva su transparencia cuando está fuera del contacto del aire.

Es soluble en doce partes de agua fria, y en dos á la temperatura de la ebullicion, se effloresce lentamente por el contacto del aire, y se hace luminoso cuando se le frota en la oscuridad.

Estado. Se encuentra el borax disuelto en las aguas de algunos lagos de la Persia, India y China, de las cuales se estraee por evaporacion bajo la forma de prismas exáedros impuros que contienen una materia grasa, cuya composicion nos es desconocida. En este estado se conoce en el comercio con el nombre de *tinckal*.

Preparacion. Se prepara el borato de sosa descomponiendo directamente el carbonato de esta base por el ácido bórico, estraído de los lagos de Toscana, ó purificando el tinckal por medio de la cal, con la que forma la materia grasa un compuesto insoluble.

Usos. El borato de sosa es uno de los cuerpos mas importantes por sus aplicaciones; facilita la fusion de los óxidos metalicos, á los cuales vitrifica tinéndose de diferentes colores, que sirven en los ensayos al soplete para caracterizar estos óxidos. Sirve además como fundente en los ensayos metalúrgicos, y recubriendo además el metal reducido le preserva de la oxidacion. Finalmente, cuando se quieren soldar metales oxidables se les recubre con borax, que al fundirse no solo impide la oxidacion de estos, sino que disuelve la pequeña cantidad de óxido formado, el cual se opondria á que se verificase la soldadura.

LECCION XXIII.

Calcio.—*Protóxido de calcio.*—*Caractéres distintivos de las sales de cal.*—*Hipoclorito, sulfato, y carbonato de cal.*

CALCIO, Ca. EQUIVALENTE 251,65.

Propiedades. El calcio es blanco, con brillo metálico parecido al del plomo, y se oxida rápidamente en contacto del aire cubriéndose de una capa de protóxido que preserva de la oxidacion al resto del metal. Si la operacion se verifica á una temperatura elevada, arde y se convierte totalmente en protóxido.

Preparacion. Se estrae este metal por un procedimiento análogo al que se emplea para la preparacion del potasio y el sódio, sustituyendo á los óxidos de estos metales la cal en el estado de hidrato.

PROTOXIDO DE CALCIO, CaO.

Propiedades. La cal, conocida desde la antigüedad mas remota es blanca, cáustica, enverdece fuertemente el jarabe de violetas, y su densidad relativa está representada por 1,5.

Espuesta al aire atrae la humedad, aumenta notablemente de volúmen, se desmorona y acaba por convertirse en carbonato, cuya dureza es mucho mayor que la de la cal. Tratada por el agua absorve una gran cantidad de este líquido, desarrolla una temperatura capaz de inflamar la pólvora, se reduce á polvo, y se convierte en un hidrato, CaO, HO, que se conoce con el nombre de *cal apagada*; cien partes de agua á la tem-

peratura de 15° disuelven $\frac{1}{778}$ de cal, y á 100° $\frac{1}{1270}$, de mo-

do que es bastante mas soluble á la temperatura ordinaria que á 100°. Esta disolucion se conoce con el nombre de *agua de cal*, la que evaporada en el vacío produce prismas exáedros, cuya composicion se representa por la fórmula CaO, HO.

El agua de cal que se emplea con frecuencia en los laboratorios, se prepara llenando de agua un frasco en el que se

haya introducido previamente una porcion de cal, cuyo exceso se deposita. Esta primera disolucion jamás es pura, por contener una cantidad de potasa que proviene de la leña que se ha empleado para calcinar el carbonato; es, pues, necesario lavar la cal tres ó cuatro veces, antes de dejarla definitivamente en contacto con el agua.

Estado. La cal se encuentra en la naturaleza combinada con el ácido carbónico y sulfúrico, constituyendo todas las variedades de cal carbonatada y sulfatada. Unida al ácido fosfórico entra en la constitucion de los huesos de los animales; y finalmente, combinada con los ácidos orgánicos, forma parte de un gran número de vegetales.

Preparacion. Se obtiene este cuerpo en hornos á propósito, calcinando el carbonato de cal reducido á pedazos pequeños, cuidando de humedecerlos previamente, por haberse observado que al volatilizarse el agua activa la descomposicion de la cal carbonatada.

Los carbonatos de cal puros producen la cal llamada *grasa*, que aumenta considerablemente de volúmen cuando se hidrata, los impuros, ó que contienen mucha magnesia, óxido de hierro y arena, suministran la cal conocida con el nombre de *magra* no hidráulica; y finalmente, las cales carbonatadas que contienen veinticinco por ciento de arcilla, y una cantidad mas ó menos considerable de sílice, producen las cales eminentemente hidráulicas, tan ventajosas para construcciones debajo del agua.

Usos. La cal sirve de base para la preparacion de los morteros, se emplea tambien en el curtido de pieles, para saponificar los cuerpos grasos destinados á la preparacion de las velas esteáricas, y finalmente para abonar las tierras arcillosas.

CARACTERES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE CAL.

Todas son incoloras, de sabor salado amargo, y se reconocen por los reactivos siguientes:

Potasa y sosa. Precipitado blanco y gelatinoso.

Carbonatos y bicarbonatos de potasa y amoniaco. Precipitado blanco de carbonato de cal.

Acido oxálico y oxalato de amoniaco. Precipitado blanco de oxalato de cal, insoluble en el agua y en el ácido acético, pero muy soluble en el ácido nítrico.

Acido sulfúrico y sulfatos solubles. Precipitado blanco de sulfato de cal, si la disolución está bastante concentrada.

HIPOCLORITO DE CAL, CaO , ClO .

Propiedades. Se da el nombre de cloruro de cal á una mezcla de hipoclorito de cal y de cloruro de calcio, que se obtiene tratando el hidrato de cal por el cloro. Este compuesto es blanco, amorfo, pulverulento, de un olor parecido al del cloro, y muy soluble en el agua.

Tratado por los ácidos debilitados desprende ácido hipocloroso, cuyo oxígeno oxida al calcio, y deja abandonado al cloro, el cual se desprende inmediatamente.

Si no se admite la presencia del hipoclorito en este compuesto, y se le considera formado, como suponen algunos químicos, de cloro unido directamente al óxido de calcio, es necesario para explicar su descomposición por los ácidos, suponer que el ácido se combina con la cal, y el cloro se desprende.

Cualquiera que sea la hipótesis que se admita, se observa que todo el cloro absorbido por la cal, queda en el estado de libertad por la influencia de los ácidos, siendo por consecuencia conveniente en muchas reacciones reemplazar el cloro gaseoso ó en disolución por el cloruro de cal, que bajo un volúmen pequeño contiene cantidades considerables de aquel gas.

El cloruro de cal obra sobre las sustancias orgánicas y sobre las materias colorantes de la misma manera que el cloro, si bien con mas lentitud, especialmente cuando contiene un exceso de cal.

Preparacion. Se prepara este cuerpo en los laboratorios haciendo pasar una corriente de cloro por cal hidratada, cuidando de que haya un exceso de esta para que el hipoclorito no se transforme en clorato.

Para prepararle en grandes porciones se hace pasar el cloro á un cuarto de madera, donde se colocan tablas que contienen cal hidratada, cuidando de que la temperatura no esceda de 45 á 50° para evitar la descomposición de una parte del cloruro de cal.

Usos. El cloruro de cal sirve para blanquear las telas de

lino, y la pasta de papel, pudiéndose tambien aplicar como el cloro para desinfectar las cloacas, las salas de los hospitales, etc.

SULFATO DE CAL HIDRATADO, CaO , SO^3 , 2 HO .

Propiedades. El sulfato de cal conocido vulgarmente con el nombre de yeso, es insípido, incoloro, unas veces amorfo y otras cristalizado en tablas transparentes; su densidad relativa está representada por 2,51. Espuesto á una temperatura de 200° se deshidrata, y á otra mas elevada experimenta un principio de fusion que se opone al desprendimiento del vapor acuoso. Es tan soluble en el agua fria como en la caliente, y su solubilidad aumenta notablemente cuando se trata por el ácido sulfúrico, con el que forma un bisulfato que se descompone por el agua.

El sulfato de cal hidratado presenta una dureza bastante grande, la cual pierde al deshidratarse, pero tan luego como se pone en contacto con el agua, vuelve á combinarse con los dos equivalentes que perdió por la calcinacion, recobra su dureza primitiva, y desarrolla una cantidad de calor bastante considerable.

Estado. El sulfato de cal es muy abundante en la naturaleza, en la que se encuentra formando bancos de mas ó menos espesor en las partes superiores de los terrenos secundarios y terciarios.

Usos. El sulfato de cal se emplea para preparar el yeso, tan necesario en las artes de construccion, para lo cual se calcina en hornos á propósito, cuidando de no elevar la temperatura á mas de 200° . Una vez calcinado debe conservarse fuera del contacto del aire húmedo, porque se hidrata lentamente, y pierde gran parte de sus buenas propiedades.

Se juzga frecuentemente de la bondad de un yeso por la cantidad de calor que desarrolla al hidratarse; durante esta operacion suele desprenderse algunas veces hidrógeno sulfurado, que proviene de una cantidad de sulfuro de calcio que se forma por la accion del carbon sobre el sulfato de cal. La propiedad que tiene el yeso de aumentar de volúmen al solidificarse, le hace muy á propósito para el vaciado de estatuas; y finalmente, mezclado con una disolucion de gelatina ó de

goma, constituye el estuco, susceptible de admitir diversos colores y un pulimento que le asemeja al mármol.

CARBONATO DE CAL, CaO , CO_2 .

Propiedades. El carbonato de cal puro es perfectamente blanco, sin sabor ni olor, cristaliza en una multitud de formas, que todas ellas pueden reducirse á dos principales que son incompatibles, á saber, la romboédrica y la prismática regular. Su dureza varía en las diversas variedades de esta sal; se descompone á una temperatura elevada en ácido carbónico y protóxido de calcio, al menos que se calcine en vasijas herméticamente cerradas.

El carbonato de cal es insoluble en el agua, el ácido carbónico le disuelve, dando lugar á la formación de un bicarbonato, el cual pierde con facilidad la mitad de su ácido carbónico, y produce por su descomposición los depósitos calcáreos que obstruyen frecuentemente los encañados; las masas calizas que se depositan en las calderas de las máquinas de vapor; los depósitos cristalinos conocidos con los nombres de *estalactitas* y *estalagmitas*, las incrustaciones calizas, y las *tobas*, tan abundantes en algunos países como útiles para la construcción de edificios.

Estado y usos. El carbonato de cal es una de las sales mas importantes, por sus numerosas aplicaciones y por su abundancia en la naturaleza. Constituye el mármol estatuario y los diferentes mármoles de colores que se emplean en la decoración de edificios; las piedras de edificar, ó piedras calcáreas, el alabastro, el aragonito, el espato de Islandia, la creta y las piedras litográficas; por último, mezclada con una cantidad mas ó menos grande de arcilla, forma las piedras calizas, hidráulicas y el cemento romano.

LECCION XXIV.

Aluminio.—Oxido de aluminio.—Caractéres distintivos de las sales de alúmina.—Sulfato de alúmina y potasa.—Vidrio.—Cristal.

ALUMINIO, Al. EQUIVALENTE, 341,80.

Propiedades. El aluminio tiene un color gris que pasa á blanco de estaño cuando se bruñe, su densidad relativa está representada por 2,6. Se funde al calor rojo, es dúctil é inoxidable al aire á la temperatura ordinaria, pero calentado en contacto del oxígeno arde rápidamente, y se transforma en óxido de aluminio. La temperatura que se produce durante la combustion es suficiente para fundir la alúmina, á pesar de ser uno de los cuerpos mas refractarios.

El agua hirviendo actúa lentamente sobre el aluminio, pero descompone la de los ácidos debilitados, desprendiendo hidrógeno y formando sales de alúmina.

Preparacion. Este metal se obtiene tratando el cloruro de aluminio anhidro por el potasio en un crisol de platino, de cuya reaccion resulta cloruro de potasio y aluminio. Se trata la masa que resulta por el agua fria, la cual disuelve el cloruro de potasio y deja en libertad el aluminio.

OXIDO DE ALUMINIO, AlO^3 .

Propiedades. La alúmina ú óxido de aluminio, es blanca, suave al tacto y se adhiere á la lengua, se funde únicamente al soplete de gas hidrógeno y oxígeno, es insoluble en el agua y soluble en los ácidos, siempre que no haya experimentado la calcinacion, en cuyo caso disminuye notablemente su solubilidad.

No se descompone al fuego, y se disuelve en la potasa y la sosa, con cuyas bases forma aluminatos.

Aun cuando el aluminio no es susceptible sino de un grado de oxidacion, se representa este óxido por la fórmula AlO^3 , en razon á que es isomorfo con los óxidos cuyo equivalente está representado por dos átomos de metal y tres de oxígeno.

Estado. Este óxido es muy abundante en la naturaleza;

se encuentra en las arcillas, margas, feldespatos y varios otros minerales. Cuando está puro se le da el nombre de corindon, cuyas variedades son el záfiro blanco, el záfiro azul y el rubí, topacio y amatista orientales. El esmeril es tambien un corindon, que contiene una cantidad bastante considerable de hierro.

Preparacion. Se prepara por la via seca calcinando al calor rojo el sulfato de alúmina y amoniaco, cuyos elementos se desprenden dejando la alúmina perfectamente pura. La alúmina en estado de hidrato se obtiene precipitando una sal de alúmina por el amoniaco, ó mejor aun por el carbonato de esta base, con el que forma un precipitado gelatinoso, que se habia considerado hasta hace poco como insoluble. En este estado la alúmina retiene con fuerza el agua, de la que no se separa completamente, sino esponiéndola á la temperatura del calor rojo.

Usos. Calentado el óxido de aluminio con el nitrato de cobalto, resulta un compuesto de un hermoso color azul, llamado azul de Thénard. En el estado de hidrato la alúmina se combina con la mayor parte de las materias colorantes, y produce unos cuerpos insolubles, que se conocen con el nombre de *lacas*. Finalmente, la facilidad con que la alúmina retiene el agua, la hace muy á propósito para conservar la humedad necesaria á la vejetacion en los diferentes terrenos.

CARACTERES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE ALUMINA.

Las sales de alúmina tienen todas un sabor astringente, y se reconocen por los caractéres siguientes:

Potasa. Precipitado blanco gelatinoso de alúmina hidratada soluble en un esceso de reactivo.

Amoniaco. Precipitado de alúmina insoluble, ó apenas soluble en un esceso de reactivo.

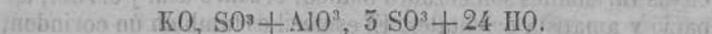
Carbonatos y bicarbonatos de potasa, sosa y amoniaco. Precipitado blanco de alúmina insoluble en un esceso de reactivo, acompañado de un desprendimiento de ácido carbónico.

Sulfato de potasa. Precipitado cristalino de sulfato doble de alúmina y potasa, ó sea alumbre.

Sulfato de amoniaco. Precipitado cristalino de alumbre amoniacal.

Sulfuros alcalinos. Precipitado blanco de alúmina con desprendimiento de ácido sulfhidrico.

SULFATO DE ALUMINA Y POTASA.



Propiedades. Esta sal es blanca, astringente, enrojece las tinturas azules de los vegetales, soluble en el agua, y su densidad está representada por 1,71. Cristaliza ordinariamente en octáedros transparentes que se efflorescen cuando se esponen al aire. Si la disolucion contiene un exceso de alúmina, entonces cristaliza en cubos. Espuesto el alumbre á la temperatura de 92° se funde conservando su transparencia despues del enfriamiento, en cuyo estado constituye el *alumbre de roca*, pero si continuamos elevando la temperatura, pierde agua, aumenta considerablemente de volúmen, y forma una especie de hongo opaco, que se emplea en medicina como cáustico con el nombre de *alumbre calcinado*.

Si se calienta el alumbre hasta el rojo, se descompone completamente, dejando por residuo una mezcla de alúmina y sulfato de potasa; este último se descompone á su vez, si la temperatura aumenta, dando lugar á la formacion de un aluminato de potasa.

Calcinado el alumbre con carbon forma un compuesto de sulfuro de potasio, alúmina y carbon, que se inflama por el contacto del aire húmedo, por cuya propiedad ha recibido el nombre de *piróforo*.

Estado y preparacion. El alumbre existe enteramente formado en una piedra que se encuentra en Puzzole, cerca de Nápoles, la cual despues de pulverizada se trata por el agua, que evaporada convenientemente deposita cristales octaédricos de alumbre. Puede tambien obtenerse este cuerpo tratando por el ácido sulfúrico la arcilla préviamente calcinada, y precipitando el sulfato de alúmina formado por el sulfato de potasa, de cuya reaccion resulta el alumbre bruto, que se purifica por cristalizaciones sucesivas.

Usos. Se emplea el alumbre como mordiente en la fabricacion de las telas pintadas, para conservar las piezas anatómicas, y finalmente para la preparacion de las pieles y clarificar los líquidos.

VIDRIO.

Se da el nombre de vidrio á una sustancia fusible á temperaturas elevadas, frágil, dura, transparente, insoluble en el agua, formada por la combinacion del silicato de potasa ó sosa con uno ó varios de los silicatos de cal, de magnesia, de barita, de alumina y de hierro.

Cuando el silicato de cal es reemplazado por el de plomo resulta el cristal.

El vidrio toma diferentes nombres, segun la naturaleza de las bases que entran en su composicion. Las principales clases de vidrio son las siguientes.

Vidrio soluble. Es un silicato simple de potasa ó de sosa, ó una mezcla de estos dos silicatos que se disuelve completamente en el agua hirviendo. La disolucion de este vidrio puede impedir la combustion de la madera y de los tejidos, haciéndolos ademas incapaces de propagar el incendio. Se prepara fundiendo en un crisol de arcilla refractaria diez partes de carbonato potásico, cinco de arena y una de carbon.

Vidrio de Bohemia. Es un silicato de potasa y de cal, notable por su lijereza y blancura. Se obtiene fundiendo en crisoles abiertos las sustancias siguientes:

Cuarzo pulverizado.	100	partes.
Potasa calcinada de primera calidad.	30 á 60	
Cal calcinada.	18 á 20	
Acido arsenioso.	1¼ á 1½	
Nitro.	1	

La fundicion se hace siempre con leña para evitar la coloracion que produciria el humo del carbon de piedra.

Se usa este vidrio para la fabricacion de tubos que se emplean en los análisis de las sustancias orgánicas, en razon á su poca fusibilidad.

Crown-glass. Este vidrio como el anterior es un silicato de potasa y cal. Se emplea para la fabricacion de los instrumentos ópticos, y unido al Flint-glass, que es un silicato de potasa y de plomo, constituye los objetivos acromáticos.

El Crown-glas destinado á este objeto debe ser perfectamente diáfano, sin estrias ni ampollas, é incoloro aun en trozos de bastante espesor.

Se prepara con todas estas condiciones, agitando el vidrio fundido hasta su completa solidificación con cilindros de arcilla refractaria y pura, partiendo después la masa para elegir las porciones más homogéneas.

Vidrio para vidrieras. Es un silicato de sosa y cal, que se prepara fundiendo las materias siguientes:

Arena	100 partes.
Sulfato de sosa seco.	44
Carbon en polvo.	8,5
Cal apagada.	6
Retales.	20 á 100

Cristal. Es un silicato de potasa y de plomo, que se prepara fundiendo en un crisol abierto las materias siguientes:

Arena pura.	300
Minio.	200
Carbonato de potasa purificado.	90 á 95

El precio elevado de las sustancias que entran en la composición del cristal, y el cuidado extraordinario que exige su preparación, son la causa de que se considere esta sustancia como un objeto de lujo.

Flint-glass. Este vidrio contiene más óxido de plomo que el cristal, y su densidad está representada por 3,6. Se emplea para la construcción de lentes objetivos, debiendo por consecuencia ser homogéneo, y sin ampollas ni estrias. Se prepara fundiendo en un crisol las materias siguientes:

Arena pura.	300
Minio.	300
Potasa.	150
Nitro.	10
Acido arsenioso.	0,45
Oxido de manganeso.	0,60

Los objetivos de buena calidad y de bastante diámetro son escasos, y se venden á subido precio.

LECCION XXV.

Hierro.—Fundiciones.—Acero.—Hoja de lata.—Moire metálico.—Óxidos ferroso y férrico.—Caractéres distintivos de las sales ferrosas y férricas.—Sulfato de protóxido de hierro.

HIERRO, Fe. EQUIVALENTE 550,527.

Propiedades. Este metal, conocido desde la mas remota antigüedad, es de un color gris azulado, brillante, maleable, ductil y susceptible de adquirir pulimento. Su densidad relativa está representada por 7,788, es el mas tenáz de todos los metales y susceptible de cristalizar despues de fundido en cubos ó en octáedros.

El hierro puede tambien cristalizar sin cambiar de estado, siempre que se le someta por algun tiempo á vibraciones frecuentes, cuya propiedad influye notablemente en su tenacidad. Esta cristalizacion se observa con frecuencia en el hierro de los puentes colgantes, y en el de los ejes de los carruajes de vapor.

Espuesto el hierro á una temperatura de 130° del pirómetro de Wedgwood se funde completamente, pero se ablanda mucho antes de su fusion, en cuyo estado se le puede forjar y soldar sin intermedio.

El oxígeno y el aire secos no ejercen accion sobre el hierro á la temperatura ordinaria, pero por poco que se caliente absorbe el oxígeno, y se recubre de una película de óxido que á medida que aumenta de espesor presenta los colores del iris.

Al calor rojo el hierro se oxida rápidamente, y se recubre de escamas de óxido negro que se llaman *batiduras*.

Reduciendo el peróxido de hierro por el hidrógeno, ó por la calcinacion del oxalato, se obtiene el hierro bajo la forma de un polvo negro escesivamente poroso, que se inflama en contacto del aire á la temperatura ordinaria.

El aire húmedo oxida lentamente al hierro, recubriéndole de una capa de óxido hidratado que se conoce con el nombre de *orin*. Si queremos preservar el hierro de la oxidacion, es necesario sumergirle en agua que contenga $\frac{1}{1000}$ de su peso de carbonato de potasa ó de sosa, ó cubrir su superficie con

nna capa delgada de zinc, en cuyo caso recibe el nombre de hierro galvanizado.

El hierro descompone rápidamente el vapor de agua á la temperatura del calor rojo, dando lugar á la formación de cristales negros y brillantes de óxido ferroso-férrico.

Estado. El hierro se encuentra en grande abundancia en la naturaleza en estado nativo, combinado con el oxígeno y el azufre, y formando sales con los ácidos carbónico, silícico, fosfórico, sulfúrico, etc.

Preparacion de la fundicion. Los minerales de hierro que se emplean en la preparacion de este metal se dividen en *terrosos* y *espáticos*. Los primeros están formados por el hidrato de protóxido de hierro, comprendiendo los segundos los silicatos, carbonatos, etc.

Los minerales terrosos se escogen, quebrantan y lavan. Los espáticos se tuestan para separarles el ácido carbónico y el agua que contienen.

Verificadas estas operaciones preliminares, se introducen en hornos altos formados por dos conos truncados reunidos por sus bases mayores. Cuando la temperatura del horno está suficientemente elevada, se introduce por la parte superior carbon y mineral mezclado con un fundente silicioso llamado *erbue*, cuando la ganga del mineral es caliza, ó con un fundente calizo llamado *castina*, cuando predomina la ganga arcillosa ó siliciosa. En el primer caso, la sílice se combina á una temperatura elevada con la cal y la alúmina, produciendo silicatos fusibles, y en el segundo, la cal sirve para reemplazar al óxido de hierro, que formaria con la sílice un silicato fusible que no podría reducirse por el carbon. En ambos casos el hierro reducido se une al carbono, y constituye la fundicion, que cae á la parte inferior del horno alto, donde queda recubierto por las escorias formadas de silicatos de hierro, de cal y de manganeso en proporciones definidas.

La fundicion no está compuesta esclusivamente de hierro y de carbono, sino que contiene ademas algunos cuerpos extraños, tales como el silicio, el manganeso y el fósforo que ejercen una notable influencia en sus propiedades.

Se conocen tres especies principales de fundicion, á saber, la *negra*, la *gris* y la *blanca*.

La *fundicion negra* se deja impresionar por el martillo, se rompe con facilidad, y presenta un grano grueso en medio del

cual se percibe distintamente el grafito, á quien debe su color característico. Es la mas fusible de todas las fundiciones, y tratada por los ácidos desprende una mezcla de hidrógeno y carburo de hidrógeno, dejando un residuo abundante de grafito.

La *fundicion gris* proviene en general de minerales de buena calidad, y presenta una fractura granuda, es muy porosa, no adquiere jamás buen pulimento, y su densidad varia entre 6,77 y 7,05. Se deja limar, cortar y perforar con facilidad. Tratada por los ácidos deja un residuo de grafito menor que la fundicion negra, y contiene una cantidad bastante notable de silicio y fósforo: este último disminuye su tenacidad, pero aumenta en cambio su fusibilidad, haciéndole muy á propósito para obras vaciadas.

La *fundicion blanca* resulta de la reduccion de los minerales manganesíferos, ó del empleo de una gran cantidad de mineral con relación á la del carbon.

Su color es blanco de plata, y cuando contiene manganeso cristaliza en pirámides cuadrangulares muy voluminosas. Es muy dura, no se deja impresionar por la lima, y su densidad relativa varia entre 7,44 y 7,84.

Es mas fusible que la fundicion gris, aun cuando no adquiere tanta fluidez, y tratada por los ácidos no deja residuo de grafito, lo cual manifiesta que el carbono se encuentra en ella en un estado diferente que en las fundiciones anteriores.

Preparacion del hierro. Para estraer el hierro de la fundicion se sujeta esta á una temperatura elevada en contacto del aire: el carbono, el silicio y una pequena cantidad de hierro se combinan con el oxígeno, de lo cual resulta hierro que se forja por la accion de los martillos, óxido de carbono que se desprende, y silicato de hierro que queda fundido.

Puede obtenerse el hierro directamente, sin pasar por el intermedio de la fundicion, empleando el método catalan. Finalmente, si queremos obtenerle químicamente puro es necesario reducir el óxido férrico por el hidrógeno á una temperatura elevada.

ACERO.

Propiedades. Se da el nombre de acero á un carburo de hierro que contiene indicios de silicio, fósforo, aluminio y manganeso, y en el cual la cantidad de carbono no excede

jamás de $\frac{1}{100}$. Es mas blanco y mas duro que el hierro dulce susceptible de adquirir pulimento, y de una densidad que varía entre 7,80 y 7,84.

Espuesto á la temperatura del calor rojo, y enfriado repentinamente, se *templa* y adquiere una dureza capaz de rayar al vidrio; pero si despues de templado se le recuece, adquiere elasticidad y se le hace mas sonoro.

Los aceros se dividen en las cuatro variedades siguientes:

1.º *Acero natural ó de fundicion*, que se obtiene esponiendo la fundicion en crisoles profundos al contacto del aire, ó á la accion del óxido de hierro, para separar una porcion del carbono que contiene. El acero que resulta se emplea con preferencia para fabricar los arados y demas útiles de labranza.

2.º El *acero de cementacion*, que se prepara calentando á una temperatura elevada barras de hierro colocadas en cajas llenas de carbon pulverizado.

3.º El *acero fundido*, que se obtiene fundiendo el acero de cementacion; es el mas apreciado por su homogeneidad y dureza, adquiere un hermoso pulimento, y presenta frecuentemente la notable propiedad de templarse por la sola accion del aire.

4.º El *acero adamascado*; se llama asi una variedad de acero que tratado por los ácidos debilitados presenta en su superficie una especie de *moire*. Se prepara fundiendo en un crisol refractario cinco partes de hierro muy puro, $\frac{1}{12}$ de grafito, $\frac{1}{32}$ de bataduras de hierro, y $\frac{1}{24}$ de dolomia que sirve de fundente. Para que aparezca el adamascado, se hace pasar por la superficie del acero una disolucion de sulfato de hierro que contiene cierta cantidad de sulfato de alúmina.

HOJA DE LATA.

Reduciendo el hierro á planchas delgadas, y recubriendo sus dos superficies con una capa de estaño, resulta la hoja de lata tan usada en las artes. Se prepara esta aleacion desoxidando perfectamente las planchas de hierro, y sumergiéndolas en un baño de sebo fundido, y despues en otro de estaño recubierto tambien con sebo para evitar la oxidacion de los metales, cuidando por último de igualar lo mejor posible la capa de estaño que recubre el hierro.

Si se quiere obtener el *moire metálico* ó anacarar la hoja de lata, basta ponerla en contacto por algun tiempo con una mezcla de tres partes de ácido clorhídrico, dos de ácido nítrico y ocho de agua, lavándola despues con agua clara. En esta operacion solo se verifica la disolucion de la capa superficial de estaño que recubria á las inferiores formadas por la reunion de una multitud de cristalitas que quedan á descubierto. Resta, pues, recubrir las láminas con un barniz incoloro, ó teñido de diversos colores, para preservar el anacardo de la oxidacion.

PROTOXIDO DE HIERRO, FeO .

Propiedades. El protóxido de hierro no ha podido obtenerse todavia anhidro; en el estado de hidrato es blanco, ligeramente verdoso, absorve rápidamente el oxígeno del aire, y se transforma en hidrato de óxido magnético, cuyo color es verde, y despues en hidrato de sesquióxido de hierro amarillo.

Estado. El protóxido de hierro es una base energética, que se encuentra en la naturaleza combinado con varios ácidos formando sales, ó unido al sesquióxido del mismo metal, constituyendo el óxido de hierro magnético.

Preparacion. Se prepara este cuerpo tratando una sal protoxidada de hierro por la potasa ó la sosa.

CARACTERES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE PROTOXIDO DE HIERRO.

Todas tienen un sabor astringente y metálico, su color cuando están hidratadas es generalmente verdoso, que pasa casi al blanco cuando se deshidratan. Tienen una tendencia marcada á sobreoxidarse, y dejan depositar por su contacto con el aire un precipitado de peróxido de hierro básico.

Se reconocen fácilmente por los reactivos siguientes:

Potasa y sosa. Precipitado blanco verdoso, insoluble en un esceso de reactivo, que se sobreoxida por el contacto del aire.

Amoniaco. Precipitado verdoso soluble en un esceso de reactivo.

Carbonatos y fosfatos alcalinos. Precipitado blanco que se enverdece al aire.

Ferrocianuro de potasio. Precipitado blanco que pasa á

azul por un contacto prolongado con el aire, é inmediatamente por la influencia del cloro, ó por la adición de una pequeña cantidad de ácido nítrico:

Ferrocianido de potasio. Precipitado azul instantáneo.

Cloruro áurico. Precipitado sucio de oro metálico.

Tanino. No da precipitado inmediatamente, el líquido espuerto al aire adquiere un color azul negruzco.

SESQUIOXIDO DE HIERRO, $Fe^2 O^3$.

Este cuerpo conocido tambien con los nombres de *óxido férrico*, *colcotar*, etc., es muy abundante en la naturaleza, y se prepara calcinando fuertemente, y por mucho tiempo. el sulfato de hierro. Su color, y algunas de sus propiedades varían con el método que se emplea para prepararle. Unas veces se presenta de color rojizo y pulverulento, otras cristalizado en pajitas violáceas semejantes á las que se encuentran en los cráteres de los volcanes, y algunas casi negro, especialmente si se obtiene por la calcinacion del nitrato de peróxido de hierro. En todos estos estados posee una composicion igual, no es magnético, se reduce por el hidrógeno á una temperatura elevada, y los ácidos le disuelven lentamente cuando ha sido calcinado á la temperatura del calor rojo. En el estado de hidrato es de un color amarillo moreno é inalterable al aire, el calor le priva con facilidad del agua que contiene, se disuelve bien en los ácidos, y se conoce con el nombre de *hierro cenagoso*.

Se obtiene esponiendo al aire las torneaduras de hierro húmedas, ó precipitando por un álcali una sal de sesquióxido.

CARACTERES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE SESQUIOXIDO DE HIERRO.

Las sales neutras de sesquióxido de hierro tienen un color amarillo, que aumenta de intensidad á medida que contienen una proporeion mayor de base, y su disolucion enrojece siempre la tintura de tornasol.

Se reconocen con facilidad empleando los reactivos siguientes:

Potasa, sosa, amoniaco. Precipitado moreno de hidrato de protóxido de hierro, insoluble en un esceso de reactivo.

Carbonatos y bicarbonatos alcalinos. Precipitado de sesquióxido de hierro, con desprendimiento de ácido carbónico.

Ferrocianuro potásico. Precipitado azul, llamado *azul de Prusia*.

Ferrocianido de potasio. No dá precipitado, la disolucion se colora ligeramente de moreno verdoso.

Tanino. Precipitado negro azulado.

SULFATO DE PROTOXIDO DE HIERRO, FeO , SO^3 , 7 HO.

Propiedades. Este cuerpo, conocido con el nombre de *caparrosa* y *vitriolo verde*, cristaliza en prismas romboidales oblicuos, de sabor estíptico, solubles en dos veces su peso de agua fría, y en tres cuartos á la temperatura de la ebullicion.

Calentado hasta 100° pierde seis equivalentes de agua, conservando el sétimo, al menos que no se le esponga á la temperatura del calor rojo, en cuyo caso se descompone en peróxido de hierro, ácido sulfuroso y ácido sulfúrico anhidro.

Espuesto el sulfato de hierro al aire húmedo absorve el oxígeno, pierde poco á poco su transparencia, y se recubre de sulfato básico.

Si estando disuelto se espona al aire, absorve tambien el oxígeno, adquiere un color verde oscuro, y deja depositar un sulfato de peróxido básico, quedando en el líquido un compuesto doble de sulfato de protóxido y sesquióxido de hierro.

Todos los cuerpos oxidantes, tales como el cloro y los ácidos hiponítrico y nítrico, transforman el sulfato de protóxido de hierro en sulfato de peróxido.

Estado. El sulfato de hierro se encuentra en todos los sitios donde existe el sulfuro de hierro en contacto del aire.

Preparacion. Se obtiene esta sal en los laboratorios tratando el hierro por el ácido sulfúrico debilitado. En las artes se prepara este cuerpo esponiendolo al aire las piritas eflorescentes, ó préviamente calcinadas, las cuales absorven el oxígeno del aire, y se transforman en sulfato de protóxido de hierro, pero como en esta operacion se forma una cantidad mayor de ácido sulfúrico, que la que se necesita para saturar el protóxido de hierro, el exceso de ácido se combina con la alúmina contenida en la arcilla que acompaña á las piritas, y

forma un sulfato de alúmina. Se trata la masa por el agua, y se evapora el líquido que retiene en disolución el sulfato de alúmina, y deja depositar el de hierro cristalizado.

El sulfato de hierro preparado de este modo contiene ordinariamente sales de cobre, de zinc, de manganeso, de alúmina, de magnesia y de cal. Se separan las de cobre, introduciendo en la disolución láminas de hierro que precipitan aquel metal, pero no es fácil separar las demás que son casi todas isomorfas con el sulfato de hierro.

Usos. El sulfato de hierro se emplea para fabricar el ácido sulfúrico de Nordhausen y el colcotar. Sirve para preparar el tinte de añil, para precipitar el oro de sus disoluciones, y entra en la fabricación de la tinta y en la del azul de Prusia.

LECCION XXVI.

Zinc.—Protóxido de zinc.—Caractéres distintivos de las sales de zinc.—Estaño.—Protóxido de estaño.—Caractéres distintivos de las sales protoxidadas de estaño.—Bisulfuro de estaño.

ZINC, Zn. EQUIVALENTE 406,591.

Propiedades. El zinc es sólido, de color blanco azulado, su testura es laminosa y su densidad relativa varía, según esté fundido ó forjado entre 6,86 y 7,21. Es bastante blando, aunque menos que el plomo, embota la lima y tiene muy poca sonoridad. El zinc del comercio no es tan maleable como el zinc puro. Se hiende cuando se le choca con el martillo á la temperatura ordinaria, pero sobre 130° y 150° se le puede estender por el laminador y la hilera en hojas é hilos bastante delgados.

Calentado hasta 205° se hace quebradizo y se pulveriza fácilmente en un mortero cuya temperatura sea la indicada. Se funde á 412° y cristaliza por enfriamiento en prismas de base exágona; calentado hasta el rojo blanco entra en ebullición y se destila.

El aire seco no ejerce acción sobre el zinc; pero si está húmedo le recubre rápidamente de una costra blanca, muy

delgada de óxido y carbonato de zinc que preserva al resto del metal de la oxidacion.

Calentado el zinc en contacto del aire se inflama á los 500° próximamente, y arde con una llama blanca, cuyo brillo es debido en gran parte al óxido de zinc que es fijo é infusible. El zinc descompone fácilmente el vapor de agua con el auxilio del calor, apoderándose del oxígeno y desprendiendo el hidrógeno.

Los hidratos de potasa, sosa y amoniaco, á una temperatura elevada, disuelven el zinc desprendiendo hidrógeno, y se convierten en zincatos alcalinos.

Estado. El zinc se encuentra en la naturaleza en estado de sulfuro, constituyendo el mineral conocido con el nombre de blenda, y combinado con el ácido carbónico formando un carbonato anhidro llamado *calamina* por los mineralogistas. Estos dos minerales son los que se emplean para la extraccion del zinc, si bien este metal se encuentra tambien combinado con la sílice y varios otros cuerpos naturales.

Preparacion. El zinc se estrae siempre de los minerales que le contienen por medio de la destilacion. Para conseguirlo se espone la calamina durante algunos meses á la influencia de los agentes atmosféricos para separarla de las piritas y cuerpos arcillosos con quienes se encuentra mezclada. Se calcina en hornos de rebervero para que se desprenda el ácido carbónico y el agua. Se mezcla el óxido que resulta con un volumen igual al suyo de carbon seco, reducido á pedazos medianos, y se somete á la destilacion en hornos convenientemente dispuestos.

Cuando se emplea la blenda es necesario someterla varias veces á la torrefaccion para reducir el sulfuro al estado de óxido, el cual se reduce despues por el carbon.

Purificacion. Se purifica el zinc del comercio sometién-dole á una nueva destilacion, con lo que se consigue separarle aunque no completamente de los metales que le impurifican.

Usos. Se emplea el zinc para cubrir los techos de los edificios, para la fabricacion de los canalones, tubos de conduccion y otros objetos vaciados. Constituye uno de los elementos de las pilas voltáicas, y finalmente aleado con el cobre forma el laton ó cobre amarillo tan usado en las artes.

PROTÓXIDO DE ZINC, ZnO .

Propiedades. Este cuerpo, conocido con el nombre de *flores de zinc*, *lana filosófica*, etc., es blanco, insípido, fijo é infusible. Espuesto á una temperatura elevada adquiere un color amarillo que desaparece por el enfriamiento ó por la frotacion; atrae el ácido carbónico del aire y adquiere la propiedad de hacer efervescencia con los ácidos. Se reduce con facilidad por el hidrógeno y el carbono, y puede obtenerse cristalizado sometiendo el zinc á la accion del vapor acuoso.

Preparacion. Se prepara el protóxido de zinc anhidro calentando el metal en un crisol abierto; una parte del óxido se escapa del crisol bajo la forma de copos blancos muy lijeros, quedando la otra adherida á las paredes del crisol ó recubriendo la superficie del metal.

Usos. El protóxido de zinc, mezclado con los aceites secantes, puede reemplazar con ventaja en la pintura al carbonato de plomo, porque no se ennegrece con las emanaciones sulfurosas.

CARACTERES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE ZINC.

Todas las sales de zinc son incoloras, de sabor estíptico, amargo y nauseabundo; son venenosas, ejercen una reaccion ácida y pueden reconocerse por los caracteres siguientes:

Potasa, sosa y amoniaco. Precipitado blanco, gelatinoso, soluble en un exceso de reactivo.

Carbonatos de potasa y sosa. Precipitado blanco de carbonato básico, insoluble en un exceso de reactivo, pero soluble en la potasa y amoniaco.

Carbonato de amoniaco. Precipitado blanco, soluble en un exceso de reactivo.

Ferrocianuro de potasio. Precipitado blanco, insoluble en los ácidos, que se tiñe de azul si la disolucion está ácida.

Ferrocianido de potasio. Precipitado amarillo sucio, soluble en el ácido clorhidrico libre.

Sulfhidrato de amoniaco. Precipitado blanco de sulfuro hidratado, al menos que el líquido no esté muy ácido.

ESTAÑO, Sn. EQUIVALENTE 755,294.

Propiedades. El estaño es de un color blanco, casi tan brillante como la plata, su olor es desagradable, sobre todo cuando se frota, es susceptible de reduccion á hojas muy delgadas por la percusion, y su densidad relativa está representada por 7,285. Se le puede doblar sin romperse, en cuya operacion produce un ruido particular conocido con el nombre de *grito del estaño*.

Se funde á la temperatura de 228° y cristaliza por el enfriamiento en prismas de ocho caras, pero no se volatiliza por grande que sea el calor á que se le esponga. El estaño no experimenta alteracion por el aire seco ni húmedo, pero si se eleva la temperatura se oxida rápidamente transformándose primero en protóxido y despues en ácido estánnico anhidro.

Tratado por el ácido sulfúrico concentrado é hirviendo, se oxida rápidamente, desprendiendo ácido sulfuroso, y queda por residuo sulfato de protóxido de estaño ó uua combinacion de ácido sulfúrico y ácido estánnico.

El ácido clorhídrico concentrado transforma al estaño en protocloruro desprendiendo hidrógeno, cuyo olor es ordinariamente alíáceo.

El ácido nítrico convierte al estaño en ácido metastánnico hidratado, insoluble en ácido nítrico, y cuya composicion puede representarse por $\text{Sn}^5 \text{O}^{10}$, 10 HO, segun Fremy. Si el ácido está monohidratado no ejerce accion sobre el estaño, pero si se hace intervenir una corta cantidad de agua se verifica la descomposicion con una rapidéz extraordinaria, la mezcla entra en ebullicion y se desprenden abundantes vapores rojos.

Estado y preparacion. El estaño se encuentra en la naturaleza combinado con el oxígeno y con el azufre, si bien el sulfuro es muy poco abundante. Para su preparacion se emplea el ácido estánnico que se encuentra diseminado ó en masa. En el primer caso se quebranta el mineral y en ambos se lava. Cuando el mineral contiene sulfuros de hierro, de cobre y de arsénico se tuesta con cuidado á un calor que no esceda del rojo oscuro. Terminada la torrefaccion se echa el material casi rojo en cubas llenas de agua, en la que se disuelven los sulfatos de cobre y de hierro. Se lava para separar los óxidos de cobre y hierro que están mezclados con el óxido de estaño,

el cual solo quedará con tungstatos y algunos átomos de la ganga.

Purificado así el óxido se mezcla con carbon y se coloca en un horno de manga ó de rebervero, donde se efectúa la reducción, y desde este punto se hace pasar sucesivamente el estaño fundido á tres recipientes ó depósitos en los que se purifica por decantacion. Las escorias sobrenadan en el baño, y los metales menos fusibles se depositan por la accion de una temperatura bien sostenida.

Usos. Se emplea solo y aleado con otros metales, y todas sus aplicaciones se fundan en su fusibilidad, maleabilidad ó inalterabilidad por la accion del aire. Así, pues, unido al mercurio forma la amalgama con que se azogan los espejos, y reducido á láminas delgadas sirve para preservar un gran número de sustancias de la accion del aire húmedo.

PROTÓXIDO DE ESTAÑO, SnO .

Propiedades. El protóxido de estaño es de un color gris, negro ó rojo segun el método que se emplee en su preparacion, es insoluble en el agua y soluble en los ácidos, y calentado en contacto del aire arde como la yesca, transformándose en ácido estannico.

Cuando está hidratado es blanco, insoluble en el agua, y calentado fuera del contacto del aire se deshidrata y convierte en protóxido anhídrido. Este hidrato puede hacer las veces de ácido formando con la potasa y la sosa sales que se conocen con el nombre de estannitos.

Preparacion. Se preparan estos dos óxidos tratando el protocloruro de estaño por el amoniaco, y aun mejor por el carbonato de potasa ó sosa; en este último caso se desprende ácido carbónico y se deposita el hidrato de protóxido de estaño, el cual sacado fuera del contacto del aire se convierte en protóxido anhídrido.

CARACTERES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE PROTÓXIDO DE ESTAÑO.

Todas las sales protoxidadas son incoloras, tienen un sabor estíptico, persistente y enrojecen la tintura de tornasol. Exhalan un olor desagradable cuando se ponen en contacto con la piel, se disuelven en una corta cantidad de agua, pero se des-

componen en otra mayor, convirtiéndose en sales ácidas solubles y sales básicas que se precipitan, al menos que no estén en presencia de un exceso de ácido.

Las sales de protóxido de estaño forman con los reactivos los precipitados siguientes:

Potasa. Precipitado blanco de hidrato de protóxido de estaño soluble en un exceso de reactivo.

Amoniaco. Precipitado blanco de hidrato de protóxido insoluble en un exceso de amoniaco.

Carbonato de potasa. Desprendimiento de ácido carbónico y precipitado blanco de hidrato de protóxido, insoluble en un exceso de reactivo.

Ferrocianuro potásico. Precipitado blanco gelatinoso.

Ferrocianido potásico. Precipitado blanco.

Tanino. Precipitado amarillo moreno.

Acido sulfhídrico. Precipitado moreno

Cloruro de oro. Precipitado moreno (púrpura de Cassius), si la disolución está concentrada.

El zinc, sumergido en las sales de estaño, precipita á este metal reducido á pajitas brillantes de un color gris blanco.

BISULFURO DE ESTAÑO, Sn S².

Propiedades. Este cuerpo, conocido tambien con los nombres de *oro musivo*, *oro de Judea*, etc., es de un color amarillo de oro, cristaliza en pajitas exagonales, suaves al tacto é inalterables por todos los ácidos menos el agua régia. Se descompone al fuego convirtiéndose en una mezcla de proto y sesquisulfuro de estaño.

Preparacion. Para obtener este cuerpo se hace una amalgama con doce partes de estaño y seis de mercurio, la que se tritura con setenta de azufre y seis de sal de amoniaco. Se introduce en un matraz de vidrio, y se calienta en un baño de arena hasta que no se desprenden vapores blancos. En esta operacion se forma sulfuro y cloruro de mercurio que se volatilizan, y una capa cristalina de oro musivo adherida al fondo del matraz.

Puede prepararse por la via húmeda tratando una disolución de bicloruro de estaño por el ácido sulfhídrico.

Usos. Se emplea este cuerpo para broncear la madera y para frotar las almohadillas de la máquina eléctrica.

LECCION XXVII.

Plomo.—*Aleaciones de plomo y estaño.*—*Protóxido de plomo.*
—*Caractéres distintivos de las sales de plomo.*—*Carbonato de plomo.*

PLOMO, Pb. EQUIVALENTE 1294,64.

Propiedades. El plomo tiene un color gris azulado, brillante en la superficie reciente; es casi insípido, bastante blando para poderse rayar con la uña, su densidad relativa disminuye por el batido ó forjado y está representada por 11,445. Posee muy poca tenacidad, puesto que un alambre de dos milímetros de diámetro solo sostiene un peso de nueve kilogramos.

El plomo se funde á 327°, y se volatiliza á una temperatura mayor produciendo vapores visibles en el aire. Es susceptible de cristalizar en pirámides de cuatro caras ó en octáedros regulares.

Espuesto al contacto del aire húmedo se recubre de una capa negra de subóxido que preserva de la oxidación al resto del metal, pero si la temperatura se eleva hasta el punto de fusión absorbe rápidamente el oxígeno del aire y se transforma en protóxido.

El ácido sulfúrico concentrado le disuelve y da lugar á la formación de un sulfato de plomo desprendiendo ácido sulfuroso. El mejor disolvente del plomo es el ácido nítrico.

Estado y preparación. El plomo se encuentra con mucha abundancia en la naturaleza combinado con el azufre, constituyendo el mineral conocido con el nombre de *galena*, y del cual se extrae la mayor parte del plomo necesario en las artes.

Se separa el azufre de su combinación con el plomo, oxidando y reduciendo á sulfato una parte de sulfuro por medio de la torrefacción, mezclando después el óxido y el sulfato con una porción de sulfuro sin tostar, de cuya reacción resulta ácido sulfuroso y plomo metálico. Se repite la torrefacción y mistición hasta que se haya formado un exceso de óxido, el cual se reduce después por medio del carbon.

Quando los minerales de plomo son puros y el hierro barato, puede extraerse el primero reduciendo la galena por el

hierro, con el cual forma el azufre un sulfuro de este metal.

Usos. Se emplea el plomo para la fabricacion de calderas y otros utensilios, y combinado con otros metales forma aleaciones de bastante interés para las artes.

ALEACIONES DE PLOMO Y ESTAÑO.

Propiedades. El plomo combinándose con el estaño produce varias aleaciones, cuya dureza y fusibilidad son mayores que las de este último metal.

La aleacion compuesta de partes iguales de estaño y plomo se emplea para soldar, y recibe el nombre de *soldadura de plomeros*. Es mas oxidable que los metales que entran en su composicion, por lo cual se emplea para preparar la *polea de estaño ó estannato de plomo*, tan usada en las fábricas de loza.

Usos. Como el estaño garantiza al plomo de la oxidacion por los ácidos débiles, suele emplearse una aleacion compuesta de ocho partes de plomo y noventa y dos de estaño para fabricar vajillas, y otra compuesta de veinte partes del primero y ochenta del segundo para la fabricacion de eucharas, candeleros y escribanías.

PROTÓXIDO DE PLOMO, PbO.

Propiedades. El protóxido de plomo, preparado por la vía seca, recibe el nombre de *masicot* cuando no ha experimentado la fusion, y el de *litargirio* en el caso contrario. Es sólido, su color varia entre el amarillo de limon y el amarillo rojizo, se funde á la temperatura del calor rojo y cristaliza en láminas micáceas. Si la fusion se verifica en un crisol de barro el óxido de plomo forma con la sílice un silicato de plomo fusible y el crisol se horada inmediatamente.

Calentado en contacto del aire absorbe el oxígeno, y se transforma en plombato de protóxido de plomo, conocido tambien con el nombre de *minio*.

El protóxido de plomo es sensiblemente soluble en el agua pura, á la cual comunica una reaccion alcalina, sin embargo de no tener mas que $\frac{1}{7000}$ de este óxido.

El protóxido de plomo es una base muy enérgica, que se combina con todos los ácidos, sin esceptuar el carbónico con-

tenido en el aire, y que se aproxima mucho á las tierras alcalinas por sus propiedades químicas.

Preparacion. Se obtiene el protóxido de plomo anhidro calentando el plomo en contacto del aire, ó sometiendo á la calcinacion el carbonato ó nitrato de este metal. Si la temperatura á que se verifica esta operacion es muy elevada, el protóxido se funde y cristaliza por el enfriamiento.

Para obtenerle en el estado de hidrato blanco basta precipitar una sal de plomo por la potasa ó la sosa.

Usos. Se emplea para la fabricacion de los aceites secantes, tan útiles en la pintura al óleo, y combinado con la cal forma un plombito que sirve para teñir los cabellos.

CARACTERES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE PLOMO.

Las sales de plomo son incoloras cuando lo es el ácido que entra en su composicion, su sabor es azucarado y estíptico, son venenosas aun en pequeñas dosis y ocasionan una enfermedad muy alarmante conocida con el nombre de *cólico de pintores*.

Se distinguen empleando los reactivos siguientes:

Acido sulfúrico y sulfatos solubles. Precipitado blanco de sulfato de plomo, insoluble en el agua, y soluble en los álcalis y en el ácido clorhídrico.

Acido clorhídrico. Precipitado blanco de cloruro de plomo si la disolucion está muy concentrada, el cual es soluble en una gran cantidad de agua.

Ioduro de potasio. Precipitado amarillo de ioduro de plomo, soluble en un exceso de reactivo.

Cromato de potasa. Precipitado amarillo de cromato de plomo neutro, cuyo color pasa al rojo por la influencia de un exceso de amoniaco ó de potasa, convirtiéndose en cromato básico.

El hierro, el zinc y el estaño precipitan al plomo de sus disoluciones, reducido á láminas dotadas de brillo metálico.

CARBONATO DE PLOMO, PbO, CO^2 .

Propiedades. El carbonato de plomo, conocido tambien con los nombres de *cerusa*, *albayalde*, etc, es blanco, pulve-

ruento, insoluble en el agua y sensiblemente soluble en el ácido carbónico. Se descompone por el calor en ácido carbónico y óxido de plomo. Calentado en contacto del aire á una temperatura insuficiente para fundir el protóxido de plomo, se transforma en un hermoso minio, que suele conocerse con el nombre de *mina anaranjada*.

Estado. El carbonato de plomo natural acompaña frecuentemente á la galena, entre la cual se presenta cristalizado en prismas de cuatro caras dotados de doble refraccion, y cuyo color, frecuentemente negro en la superficie, es debido unas veces á una materia bituminosa, otras al deutóxido de cobre y las mas á la misma galena con la que están asociados.

Preparacion. El carbonato de plomo se prepara haciendo pasar una corriente de ácido carbónico por una disolucion de subacetato de plomo. En esta operacion el ácido carbónico se combina con el exceso de base del subacetato y deja en disolucion el acetato neutro, el cual hervido con un exceso de litargirio se transforma en acetato tribásico de plomo, que se emplea de nuevo para fabricar el albayalde.

En Holanda se prepara este cuerpo colocando láminas de plomo arrolladas en espiral en vasijas de barro que contienen una corta cantidad de vinagre, las cuales colocan en grandes cajas de madera que recubren y rodean de estiércol de caballo. Bien pronto entra el estiércol en fermentacion y se desprenden grandes cantidades de ácido carbónico. El metal en presencia del aire, y bajo la influencia del ácido acético, absorbe el oxígeno de aquel y el ácido carbónico del estiércol, convirtiéndose al cabo de algunas semanas en carbonato de plomo, que se separa por el choque. Se recoge todo el albayalde formado, se muele en el agua y se hace una pasta blanda que se introduce en vasijas de barro para secarla completamente á la estufa.

El carbonato de plomo del comercio está frecuentemente adulterado con sulfatos de barrita, plomo y con yeso ó creta. Los dos primeros se reconocen tratando el albayalde por el ácido nítrico debilitado que disuelve el carbonato de plomo y deja los sulfatos en estado pulverulento.

La creta se descubre disolviendo el albayalde en un ácido, y haciendo pasar por la disolucion una corriente de hidrógeno sulfurado que precipita el plomo. El líquido filtrado

precipita en blanco por el oxalato de amoniaco, si el albayalde sometido al ensayo contenia carbonato de cal.

Usos. El carbonato de plomo se emplea en la pintura como base de los colores al óleo, y amasado con cantidades pequeñas de aceite constituye el mastice de los vidrieros.

LECCION XXVIII.

Cobre.—*Aleaciones de cobre con el zinc y el estaño.*—*Protóxido de cobre.*—*Bióxido de cobre.*—*Caractéres distintivos de las sales de cobre.*—*Sulfato de bióxido de cobre.*

COBRE, Cu. EQUIVALENTE 395,60.

Propiedades. El cobre tiene un hermoso color rojo muy brillante, adquiere un olor desagradable por la frotacion, es maleable, bastante tenáz, dúctil y mas duro que la plata y el oro. Su densidad relativa cuando está fundido se representa por 8,780, y estirado á la hilera por 8,96.

El cobre se funde á la temperatura de 27° del pirómetro que equivalen á cerca de 788° del termómetro centigrado, y cristaliza por el enfriamiento en octáedros, en tanto que por la via húmeda cristaliza en cubos. Espuesto á una temperatura mas elevada, aun cuando no es muy volátil, produce vapores que comunican á la llama un hermoso color verde.

El oxígeno y el aire secos no ejercen accion alguna sobre el cobre á la temperatura ordinaria; pero si están húmedos se recubren de una capa verde formada por el hidrocarbonato de cobre, y á la que el vulgo llama impropriamente *cardenillo*.

Calentando el cobre en contacto del aire, se recubre de una costra rojiza de protóxido, pero si se prolonga esta accion el protóxido pasa á deutóxido cuyo color es negro.

El ácido nítrico oxida y disuelve al cobre desprendiendo bióxido de nitrógeno y transformándole en nitrato de bióxido de cobre. El ácido sulfúrico diluido le convierte en sulfato de cobre por el intermedio del aire; pero cuando está concentrado y la temperatura se eleva, se descompone una parte del ácido y resulta gas sulfuroso y sulfato cáprico.

Los ácidos vejetales y las sustancias grasas atacan al cobre oxidándole por la influencia del aire.

El amoniaco ejerce en las mismas circunstancias una accion semejante, convirtiendo al cobre en deutóxido, que se disuelve en el amoniaco comunicándole un hermoso color azul.

Estado. El cobre se encuentra en la naturaleza: 1.º en el estado nativo; 2.º combinado con el oxígeno, formando el cobre oxidulado y el bióxido; 3.º unido al azufre y al hierro, constituyendo unas veces el sulfuro simple, y otras el doble sulfuro de cobre y hierro; 4.º finalmente, combinado con los ácidos sulfúrico, carbónico, silíceo y otros.

Preparacion. Para obtener el cobre de su combinacion con el azufre se separa el mineral de la ganga, y se tuesta en contacto del aire, para convertir los sulfuros en sulfatos y en óxidos, los cuales se funden con una mezcla de carbon y sílice; el cobre que proviene de la reduccion del óxido se une á los sulfuros no descompuestos, en tanto que el óxido de hierro se combina con la sílice para formar un silicato que no puede descomponerse por el carbon y forma parte de las escorias.

Se tuesta diferentes veces la mezcla de cobre con los sulfuros no descompuestos para separar los cuerpos estraños, y se funde nuevamente con carbon para reducir el óxido de cobre. El resultado de esta fundicion es el cobre negro, el cual contiene todavia azufre, plomo, hierro y antimonio, que se separan por la afinacion.

Esta operacion se verifica en un horno de rebervero, cuyo suelo está *brascado* con una mezcla de arcilla, arena y carbon. Se introduce el cobre negro en el horno y se calienta con lentitud hasta que se funda, se proyecta sobre el metal fundido una corriente de aire por medio de fuelles, el cual oxida los metales estraños reduciéndolos á escorias, que se separan con cuidado. Luego que cesa la formacion de las escorias, se presenta una ebullicion muy activa debida á la combustion del azufre, que se convierte en ácido sulfuroso.

Cuando el cobre presenta los caractéres de pureza que los obreros saben apreciar fácilmente, se hace pasar á un recipiente de forma cónica, del que se estraee en pequeñas porciones acelerando su enfriamiento por medio del agua. En este estado se conoce con el nombre de cobre *rosela*.

ALEACIONES DE COBRE.

La aleacion de cobre y zinc se conoce con los nombres de *laton*, *cobre amarillo*, *similor*, etc., cuyo color varia con las proporciones de zinc empleadas. La composicion del laton varia segun los usos á que se destina, como puede observarse en las tablas siguientes:

<i>Laton de torneros.</i>		<i>Laton de doradores.</i>	
Cobre.	64,8	64,45
Zinc.	38,8	32,44
Plomo	2,0	2,86
Estaño.	0,4	0,25

<i>Similor.</i>	
Cobre.	80-84-86-88
Zinc.	20-16-14-12

Esta aleacion se asemeja tanto mas al oro cuanto menor es la cantidad de zinc que contiene. Finalmente, el cobre blanco que se emplea para fabricar los instrumentos de fisica, los botones, etc., se compone de noventa y siete partes de cobre, dos de zinc y una de arsénico.

Cuando el cobre se alea con el estaño, constituye el bronce tan usado por los antiguos, antes del descubrimiento del hierro y del acero, para la fabricacion de armas é instrumentos de agricultura, En el dia se emplea esta aleacion para fabricar cañones, campanas, estátuas, espejos de telescopio, etc., como puede observarse en la tabla siguiente:

Bronce de cañones.	{	Cobre.	100
		Estaño.	11
Tan-tanes ó cimales.	{	Cobre.	80
		Estaño.	20
Espejos de telescopios.	{	Cobre.	66
		Estaño.	33
Metal de campanas en Francia.	{	Cobre.	78
		Estaño.	22

Arcet fué el primero que observó que el bronce adquiere por el temple bastante ductilidad para poderse trabajar con el martillo, y que si se le deja enfriar lentamente se vuelve duro, quebradizo y sonoro.

PROTOXIDO DE COBRE, Cu^2O .

Propiedades. El protóxido de cobre anhidro es de un color rosado, inalterable al aire y muy fusible; calentado en contacto del aire absorve el oxígeno y se transforma en deutóxido. Los ácidos debilitados le descomponen en cobre metálico y en bióxido; el ácido nítrico le cede oxígeno, y forma una sal de bióxido desprendiendo vapores rojos.

El protóxido de cobre es soluble en el amoniaco; la disolución es incolora si se verifica fuera del contacto del aire, pero adquiere un color azul por la influencia del oxígeno, cuyo gas sobreoxida al protóxido. Si se introduce en la disolución una lámina de cobre desaparece inmediatamente el color, porque el cobre metálico reduce el bióxido al estado de protóxido.

El protóxido de cobre puede combinarse con el agua y formar un hidrato amarillo-solubre en los ácidos.

Preparación. Se prepara este cuerpo calcinando á una temperatura elevada en un crisol tapado, una mezcla de carbonato de sosa seco, y protocloruro de cobre, de cuya reacción resulta protóxido de cobre y cloruro de sódio, que se separa por lóciones sucesivas.

El hidrato se prepara tratando el protocloruro de cobre por la potasa.

BIOXIDO DE COBRE, CuO .

Propiedades. El bióxido de cobre tiene un color moreno oscuro, casi negro, y se reduce fácilmente por los cuerpos combustibles. Calentado con las materias orgánicas, las quema y transforma completamente en ácido carbónico y agua, por cuya razón se emplea para el análisis elemental de estas sustancias.

El bióxido de cobre forma con el agua un hidrato azul poco estable, soluble en el amoniaco, á el cual tiñe de azul celeste.

Preparación. Se obtiene este cuerpo, cual se necesita pa-

ra los análisis, calcinando el nitrato de cobre hasta que cese el desprendimiento de gases, ó destilando el acetato de cobre y calentando al aire el residuo de esta destilacion.

CARACTERES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE COBRE.

Las sales de protóxido de cobre son poco estables, absorven el oxígeno y se transforman rápidamente en sales de bióxido, dejando en libertad cobre metálico. Son incoloras ó ligeramente amarillentas, y se reconocen empleando los reactivos siguientes:

Potasa. Precipitado amarillo moreno de protóxido de cobre, insoluble en un exceso de reactivo.

Amoniaco. Precipitado soluble en un exceso de amoniaco. Si la reaccion se verifica fuera del contacto del aire, el liquido se conserva incoloro; en el caso contrario adquiere un color azul.

Sulphidrato de amoniaco. Precipitado negro, insoluble en un exceso de reactivo.

Ferrocianuro de potasio. Precipitado blanco, que cambia en rojo moreno por el contacto del aire.

El hierro y el zinc descomponen las sales de protóxido y precipitan el cobre en el estado metálico.

Las sales de bióxido tienen un color azul ó verde, y se reconocen por los reactivos siguientes:

Potasa y sosa. Precipitado azul de hidrato de bióxido de cobre, insoluble en un exceso de reactivo.

Amoniaco. Precipitado verdoso, soluble en un exceso de reactivo, al cual comunica un hermoso color azul.

Cianoferruro de potasio. Precipitado rojo-castaña.

El hierro descompone tambien las sales de bióxido, y precipita inmediatamente al cobre en estado metálico.

SULFATO DE BIXIDO DE COBRE, CuO , SO^3 , 5 HO .

Propiedades. Esta sal, conocida tambien con los nombres de *caparrosa azul*, *vitriolo de Chipre*, etc., se presenta cristalizada en paralelepípedos oblicuos de un hermoso color azul, que se eflorescen al aire. Su sabor es astringente, y su densidad relativa está representada por 2,19.

Espuesto á la temperatura de 100° pierde su trasparen-

cia y dos equivalentes de agua; á 200° se transforma en un polvo casi blanco, que es un sulfato anhidro, y á una temperatura superior se descompone completamente dejando por residuo el bióxido de cobre.

Estado y preparacion. El sulfato de cobre se encuentra disuelto en las aguas que pasan por las minas de cobre, de las cuales se puede estraer por evaporacion; pero el mejor medio de preparar este cuerpo consiste en calcinar al aire las piritas de cobre, tratándolas despues por el agua para disolver el sulfato de cobre formado.

Usos. Se emplea para la preparacion de los tintes negros: entra en la composicion de la tinta comun, y en medicina se usa como escarótico.

LECCION XXIX.

Mercurio.—Amalgama de estaño.—Protóxido de mercurio.—
Bióxido de mercurio.—Caractères distintivos de las sales
de mercurio.—Bisulfuro de mercurio.

MERCURIO, Hg. EQUIVALENTE 1251,29.

Propiedades. El mercurio es el único metal líquido á la temperatura ordinaria, es casi tan blanco y brillante como la plata, carece de olor y sabor, y su densidad relativa está representada por 13,59. Espuesto á la temperatura de—40° se solidifica, cristaliza en octáedros, y adquiere tanta maleabilidad, ductilidad y tenacidad como el plomo. En este estado produce sobre la piel la misma sensacion que un cuerpo caliente desorganizándola casi instantáneamente. Hierve á 360°, y puede destilarse en retortas de vidrio.

Espuesto al contacto del aire se empaña sin oxidarse, pero elevando su temperatura hasta 350°, absorbe el oxígeno y se transforma en bióxido.

El ácido nítrico le disuelve en frio, y forma nitrato de protóxido de mercurio, si el mercurio está en esceso; pero si se eleva la temperatura y hay un esceso de ácido se forma nitrato de bióxido.

Tratado el mercurio por el ácido sulfúrico concentrado, se convierte con el auxilio del calor en sulfato de protóxido ó de

bióxido, segun las proporciones empleadas, desprendiéndose durante la reaccion ácido sulfuroso.

El mercurio ejerce una accion lenta, pero muy dañosa sobre la economía animal, y produce el temblor que se observa en las personas destinadas á su elaboracion.

Estado. El mercurio se encuentra en la naturaleza nativo y en combinacion con varios cuerpos, y muy principalmente con el azufre, constituyendo el sulfuro de mercurio tan abundante en nuestras célebres minas de Almaden y en las de Idria en Carniöla.

Preparacion. En las minas del Palatinado se estraé el mercurio destilando en retortas de hierro una mezcla de sulfuro y de cal apagada, de cuya reaccion resulta sulfuro de cálcio y mercurio metálico, que se volatiliza y condensa en recipientes llenos de agua hasta los dos tercios.

En Almaden se valen de la propiedad que tienen el calor y el oxígeno del aire de descomponer el sulfuro de mercurio, transformándole en ácido sulfuroso y en mercurio, que se volatiliza y liquida en los cuartos condensadores dispuestos al efecto.

Usos. El mercurio se emplea, como sabemos, para la construccion de los barómetros, para recoger los gases solubles en el agua, y finalmente amalgamado con $\frac{1}{4000}$ de plomo forma en los tubos una superficie plana, que puede servir para graduar las campanas y tubos de vidrio.

AMALGAMAS DE ESTAÑO.

Propiedades. La amalgama compuesta de una parte de estaño y diez de mercurio es liquida, aunque menos flúida que el mercurio, absorve difícilmente el oxígeno del aire, y se descompone por el calor.

La formada de una parte de estaño y tres de mercurio, es blanda y cristaliza con facilidad. Finalmente, partes iguales de estos dos metales producen una amalgama sólida.

Usos. Se emplea la amalgama de estaño para azogar los espejos. Se practica esta operacion estendiendo sobre una mesa bien horizontal una hoja de estaño, sobre la cual se vierte cierta cantidad de mercurio. Se hace deslizar el cristal, de manera que corte la capa de amalgama en dos partes, cuidando después de colocar sobre él un peso bastante considera-

ble, con lo cual se consigue que la amalgama se adhiera á una de las superficies del cristal, adquiriendo por este medio la propiedad de reflejar los objetos.

PROTÓXIDO DE MERCURIO, Hg^2O .

Propiedades y preparacion. El protóxido de mercurio es un polvo negro, insoluble en el agua, que el calor y la luz transforman en mercurio y óxido mercúrico. Se prepara tratando el cloruro mercurioso reducido á polvo por una disolucion de potasa cáustica.

BIÓXIDO DE MERCURIO, HgO .

Propiedades. El bióxido de mercurio anhidro tiene un color que varía del amarillo anaranjado al rojo, su sabor es muy desagradable, ligeramente soluble en el agua, y la disolucion enverdece el jarabe de violeta.

Espuesto á la accion del calor se vuelve negro, pero adquiere por el enfriamiento su color primitivo. Si la temperatura se eleva á 400° , ó se espona á la accion directa de la luz, se descompone en mercurio y oxígeno.

El óxido mercúrico se considera como un oxidante energético, detona cuando se le mezcla con azufre, y transforma al cloro y al gas sulfuroso en ácidos hipocloroso y sulfúrico.

Preparacion. Se obtiene esponiendo el mercurio en un matríz de cuello largo á una temperatura próxima á su ebullicion, en cuyo caso se llama *precipitado per se*, ó sometiendo el nitrato de mercurio á una calcinacion bien dirigida y entonces recibe el nombre de *precipitado rojo*.

Usos. El bióxido de mercurio se emplea en medicina asociado con sustancias grasas, para la curacion de las enfermedades de los ojos. En los laboratorios de quimica sirve para extraer el oxígeno.

CARACTERES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE MERCURIO.

Las sales de protóxido de mercurio son blancas, y adquieren un color amarillo cuando pasan á básicas. Algunas se descomponen por el agua, dando lugar á la formacion de una sal ácida que se disuelve, y otra básica que se precipita.

Se reconocen empleando los reactivos siguientes:

Potasa y amoniaco. Precipitado negro, insoluble en un exceso de reactivo.

Carbonato de potasa. Precipitado amarillo sucio, que se ennegrece por la ebullicion.

Tanino. Precipitado amarillo.

Cobre. Precipitado blanco, que forma sobre el metal precipitante una mancha blanca que desaparece al fuego.

Acido clorhídrico y cloruros. Precipitado blanco de protocloruro de mercurio, insoluble en el agua y en los ácidos.

Ioduro de potasio. Precipitado amarillo verdoso que se ennegrece y disuelve por un exceso de reactivo.

Cromato de potasa. Precipitado rojo vivo.

Las sales deutoxidadas de mercurio son incoloras, á menos que sean básicas, pues en este caso presentan un color amarillo. Se reconocen por los caracteres siguientes:

Potasa. Precipitado amarillo de óxido de mercurio anhidro, insoluble en un exceso de reactivo.

Amoniaco. Precipitado blanco, insoluble en un exceso de reactivo.

Tanino. No produce precipitado.

Acido clorhídrico y cloruros. No producen precipitado.

Ioduro de potasio. Precipitado rojo vivo, soluble en un exceso de ioduro alcalino y de sal mercurial.

Cromato de potasa. Precipitado amarillo rojo.

Quando se quiere reconocer si en una disolucion existen á la vez sales protoxidadas y bioxidadas, se diluye en el agua y se trata por un exceso de ácido clorhídrico, el cual forma con el protóxido de mercurio un protocloruro insoluble que se separa por la filtracion. Si el liquido que resta produce un precipitado rojo con el ioduro de potasio, y amarillo con la potasa ó la cal en exceso, podemos quedar plenamente convencidos de que la disolucion contenia una mezcla de las dos sales.

BISULFURO DE MERCURIO, Hg S.

Propiedades. Este cuerpo se conoce con el nombre de *cinnabrio* cuando está en masas cristalinas, y con el de *bermellon* cuando está pulverizado. Su color es negro ó rojo, si bien no por esto varía su composicion. Es insoluble en el agua, se vo-

latiliza sin fundirse á una temperatura poco elevada, y sus vapores al condensarse cristalizan en prismas exáedros.

Espuesto en contacto del aire á una temperatura elevada, se descompone produciendo vapores de mercurio y ácido sulfuroso.

Se reduce con facilidad por el carbono, hidrógeno y los álcalis; cede su azufre á varios metales, y su mejor disolvente es el agua régia.

Estado. El sulfuro de mercurio es muy abundante en la naturaleza, en la que se presenta amorfo, ó cristalizado en prismas exáedros de color rojo vivo unas veces, y moreno oscuro ó casi negro otras.

Preparacion. El sulfuro de mercurio negro se prepara precipitando una sal de bióxido de mercurio por el ácido sulfhídrico en exceso.

Para obtener el cinabrio tan usado en la pintura, basta someter á la destilacion en vasijas de forma conveniente un cuerpo negro, que se conoce con el nombre de *ethiope mineral*, que se prepara calentando á una temperatura moderada 150 partes de azufre y 950 de mercurio.

Si se quiere obtener el bermellon por la via húmeda, se trituran á la temperatura ordinaria por espacio de tres horas 300 partes de mercurio y 114 de azufre; pasado este tiempo se añaden 75 partes de potasa y 400 de agua, elevando la temperatura á 40° próximamente. Pocas horas son suficientes para que la mezcla negra en un principio adquiera el hermoso color rojo que caracteriza á esta sustancia.

LECCION XXX.

Plata.—Aleaciones de plata y cobre.—Plaqué.—Amalgama de plata.—Protóxido de plata.—Caractéres distintivos de las sales de plata.—Nitrato de plata.—Fulminato de plata.

PLATA, Ag. EQUIVALENTE 1549,66.

Propiedades. La plata tiene un color blanco brillante, es insípida é inodora, mas blanda que el cobre, mas dura que el oro, y despues de este es el mas ductil y maleable de todos los metales. Cristaliza en octáedros ó en cubos, y su densidad relativa está representada por 10,47. Se funde á 22° del pi-

rómetro de Wedgwood que corresponden á 1000° del termómetro centígrado; es poco volátil como no se la esponga á una corriente de gas, y no experimenta alteración alguna por el aire al menos que contenga este vapores sulfurosos. Mr. Lucas ha observado que la plata pura y fundida puede absorber una cantidad de oxígeno que, según los experimentos de Gay-Lussac, asciende á veinte y dos veces su volúmen, la cual abandona inmediatamente por el enfriamiento. Una corta cantidad de oro ó de cobre hace perder á la plata su propiedad absorbente.

El ácido nítrico disuelve la plata cediéndola una porción de su oxígeno, desprendiendo bióxido de nitrógeno y dando por resultado nitrato de protóxido de plata.

El ácido sulfúrico diluido no ejerce acción sobre la plata; pero cuando está concentrado se descompone parcialmente y resulta gas sulfuroso y un sulfato. El agua regia y el ácido sulfhídrico atacan á la plata y la transforman en cloruro ó en sulfuro.

Estado. La plata se encuentra en la naturaleza en el estado nativo, y combinada con el azufre, cloro, iodo, arsénico, etc.; pero las especies de las cuales se extrae generalmente este precioso metal son el sulfuro, el sulfo-antimoniuro, el antimoniuro y el cloruro argénticos.

Preparacion. Los procedimientos que se emplean para extraer la plata varían con la naturaleza del mineral empleado. Estos métodos consisten en reducir la plata al estado metálico, aleándola con el plomo, ó amalgamándola con el mercurio. Se la separa del primero, fundiendo en un horno á propósito la aleación colocada en *copelas* fabricadas con huesos calcinados, al través de las cuales se filtra el óxido de plomo fundido que resulta de la acción del aire sobre la aleación, dejando la plata en el estado de libertad dentro de la copela.

Para separarla del mercurio en el segundo caso basta someter la amalgama á la destilacion.

Preparada de este modo no es químicamente pura; se separan los metales estraños precipitando el nitrato de plata por la sal marina, con lo que se forma un cloruro de plata, que despues de bien lavado y seco se reduce al estado metálico, introduciéndole en un crisol de Hesse con 70,4 partes de creta, 4,2 de carbon, para ciento de cloruro, y elevando la temperatura hasta el rojo. Se recoge el boton metálico, se

le separa el cloruro de calcio que tiene adherido, se lava repetidas veces y se trata por el ácido nítrico, repitiendo segunda vez la precipitación y reducción indicadas.

ALEACIONES DE PLATA Y COBRE.

Propiedades. Las aleaciones de estos dos metales son generalmente blancas, menos ductiles y mas duras, elásticas y fusibles que la plata. Cuando se esponen á una temperatura elevada se oxida el cobre arrastrando una cantidad notable de plata, siendo sumamente difícil separar completamente los dos metales.

Las diferentes cantidades de plata que entran á componer las aleaciones constituyen su *ley*, la cual es tanto mayor cuanto mas rica es de plata, siendo variable en todas las naciones para la moneda, vajilla y joyería.

PLAQUE.

Reciben este nombre unas planchas de cobre recubiertas con otras de plata. Para plaquear el cobre se frota fuertemente la superficie de este metal, se lamina para darle una estension casi doble de la primitiva y se frota de nuevo.

Se toma un trozo de plata proporcionado al espesor que queremos dar á la lámina que ha de recubrir al cobre, y se pasa por el laminador hasta reducirla á una placa, cuya superficie sea un poco mayor que la de cobre.

Preparadas las placas de esta manera, se moja una de las superficies de la de cobre con una disolucion concentrada de nitrato de plata, y se coloca sobre la de plata previamente estendida sobre una mesa, cuidando de redoblar la parte sobrante sobre los bordes de la de cobre. Se calientan hasta que adquieran el color rojo oscuro, y se laminan nuevamente hasta reducir su espesor á un milimetro próximamente.

AMALGAMA DE PLATA.

El mercurio y la plata se amalgaman en todas proporciones aun á la temperatura ordinaria. Cuando la amalgama es líquida y se la obliga á pasar por una gamuza, queda en esta una amalgama sólida muy abundante en plata, en tanto que

el mercurio que atraviesa por los poros de la piel apenas re- tiene la mas pequeña porcion de aquel metal.

Se obtiene una amalgama cristalizada, que hemos dado á conocer con el nombre de *arbol de Diana*, mezclando tres partes de una disolucion saturada de nitrato argéntico, con dos de otra disolucion tambien saturada de mercurio en el ácido nítrico, é introduciendo en la mezcla siete partes de mercurio aleado á una de plata. Pasadas veinticuatro ó cua- renta y ocho horas aparecen una multitud de cristales brillan- tes, que se ramifican en todos sentidos y llegan hasta la su- perficie del líquido.

PROTOXIDO DE PLATA, AgO.

Propiedades. El protóxido de plata se presenta bajo la forma de un polvo gris, que por la desecacion pasa á moreno oscuro, y cuya densidad está representada por 7,14. Es una base muy enérgica, poco soluble en el agua, que enverdece el jarabe de violetas y devuelve el color azul al papel de tor- nasal enrojecido por los ácidos.

El calor y la luz reducen el protóxido de plata al estado metálico, y forma con el amoniaco un compuesto muy ful- minante.

CARACTERES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE PLATA.

Las sales de protóxido de plata son incoloras si lo es el ácido que entra en su composicion; su sabor es ácido, as- tringente y metálico, son venenosas, la luz las ennegrece reduciéndolas parcialmente, se descomponen generalmente por la accion del calor, y muchas de ellas son neutras á los reactivos colorados.

Las sales de plata se reconocen por los caractéres si- guientes:

Potasa. Precipitado moreno claro, de óxido de plata in- soluble en un esceso de reactivo, pero soluble en el amoniaco.

Carbonato de potasa. Precipitado blanco, de carbonato de plata, soluble en el amoniaco.

Cianoferruro de potasio. Precipitado blanco.

Cianoferrido de potasio. Precipitado rojo moreno.

Acido sulfhídrico. Precipitado negro.

Acido clorhidrico y cloruros. Precipitado blanco coaguloso, insoluble en el agua y en los ácidos, muy soluble en el amoniaco y en los hiposulfitos y sulfitos.

NITRATO DE PLATA, AgO , NO° .

Propiedades. El nitrato de plata cristaliza en láminas incoloras, transparentes, de sabor ácre amargo, é inalterables al aire. Es soluble en un peso igual al suyo de agua fria, corroe la piel y la mancha de color negro violáceo, el cual desaparece por el ioduro de potasio. Espuesto á un calor moderado se entumece y funde sin descomponerse, y produce por el enfriamiento una masa cristalina conocida con el nombre de *pedra infernal*. Calentado á una temperatura mas elevada se descompone completamente y la plata se reduce.

Preparacion. Se obtiene el nitrato de plata tratando este metal por el ácido nítrico, y concentrando la disolucion que resulta.

Usos. Se usa el nitrato de plata para hacer la *pedra infernal* que se emplea en medicina para corroer las carnes fungosas. Tambien sirve para marcar la ropa blanca, cuya operacion se reduce á humedecer la parte donde se ha de poner la marca con un líquido preparatorio compuesto de cuatro onzas de agua destilada, media onza de carbonato de potasa y tres draemas de goma arábiga. Despues se seca la tela, se alisa con una plancha, y se escribe encima con una pluma, lo mismo que si fuese sobre papel, con una tinta hecha, disolviendo en seis partes de agua destilada dos y media de nitrato de plata fundido y una de goma.

Los caracteres aparecen negros por la accion de la luz y resisten al lavado.

FULMINATO DE PLATA.

Propiedades. El fulminato de plata se presenta bajo la forma de un polvo cristalino ó en agujitas blancas poco solubles en el agua fria, y solubles en treinta y seis partes de agua hirviendo. Su sabor es metálico, no altera el papel de tornasol, y detona violentamente por el choque, por el calor, ó por la electricidad.

Preparacion. Se prepara el fulminato argéntico disolvien-

do 2,25 partes de plata fina en cuarenta y cinco de ácido nítrico á 40° del areómetro de Baumé. Se vierte sobre la disolución sesenta partes de alcohol á 85° y se hace hervir el líquido, el cual se enturbia á poco tiempo. Se separa del fuego y se añaden otras sesenta partes de alcohol en varias porciones, con lo que se consigue depositar lentamente el fulminato argéntico, en cantidad casi igual á la de la plata empleada. Se lava sobre un filtro con agua destilada y se seca al baño de maría.

- *Usos.* El fulminato de plata se emplea para la preparacion de los petardos fulminantes, cuyo uso es frecuentemente peligroso.

LECCION XXXI.

Oro.—*Aleaciones de oro y cobre.*—*Protóxido de oro.*—*Caractéres distintivos de las sales de oro.*—*Bicloruro de oro.*—*Platino.*—*Bióxido de platino.*—*Caractéres distintivos de las sales de bióxido de platino.*—*Bicloruro de platino.*

ORO, AU. EQUIVALENTE 2458,55.

- *Propiedades.* Este metal, conocido desde la mas remota antigüedad, es sólido, de color amarillo rojizo, insípido, inodoro, y su densidad relativa está representada por 19,25. Cristaliza en pirámides cuadrangulares ó en octáedros, es menos duro que la plata, casi tan blando como el plomo, y el mas ductil y maleable de todos los metales. Reducido á hojas muy delgadas parece verde por transmision, y rojo por reflexion. Se funde á 52° del pirómetro, que equivalen próximamente á 1100 del termómetro de aire, y se volatiliza sensiblemente cuando se le espone en el foco de un espejo ustorio, ó á la descarga de una bateria eléctrica fuerte.

El oro no experimenta alteracion ni por el oxígeno ni por el aire; resiste á la acción de los ácidos sulfúrico, clorhídrico y nítrico, pero se disuelve fácilmente en el agua régia, compuesta de una parte de ácido nítrico y cuatro de clorohídrico.

- *Estado.* El oro se encuentra nativo ó combinado con un poco de plata, cobre y hierro. Ordinariamente está cristalizado en octáedros ó en cubos, algunas veces se encuentra en lámi-

nas y ramificaciones, y otras, aunque pocas, en masas aisladas que se conocen con el nombre de *pepitas*.

Estraccion. Se obtiene el oro lavando las arenas auríferas y tratándolas por el mercurio; se separa la amalgama que resulta, se filtra para separar el exceso de mercurio, y se somete á la destilacion.

Usos. Se emplea el oro para la fabricacion de la moneda, vajilla, etc., y reducido á polvo fino, sirve para decorar el vidrio y la porcelana.

ALEACIONES DE COBRE Y ORO.

Propiedades. El oro se alea con el cobre en todas proporciones. El cobre realza el color del oro, aumenta su dureza y le hace más fusible, pero disminuye su maleabilidad y ductilidad.

La densidad relativa de estas aleaciones es menor que la de los metales que la componen, y se alteran al aire con tanta mas facilidad cuanto mayor es la proporción de cobre que contienen.

Las diferentes cantidades de oro que entran á componer las aleaciones constituyen su *ley*, la cual varia en todas las naciones para la moneda, vajilla y joyería.

PROTÓXIDO DE ORO, Au²O.

Propiedades. Este cuerpo, descubierto por Berzelius y estudiado últimamente por Figuier, se presenta bajo la forma de un póvxo de color violado oscuro, insoluble en el agua, inalterable á la luz, y sobre el cual no ejercen acción los oxácidos mas enérgicos.

Espuesto á la temperatura de 250° se descompone en oxígeno y oro. El ácido clorhídrico le transforma en percloruro aúrico depositando oro metálico, y unido al amoniaco constituye un compuesto fulminante.

Preparacion. Se prepara el protóxido de oro puro, descomponiendo el protocloruro de este metal por una disolucion débil de potasa, de cuya reaccion resulta un polvo de color violado oscuro, que se deposita en parte, quedando otra disuelta en el álcali. Para separar el protóxido de oro de esta disolucion basta saturarla incompletamente por el ácido nitrí-

co, en cuyo caso se separa el protóxido restante en estado gelatinoso.

CARACTERES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE ORO.

Todas las sales de oro ejercen una reaccion ácida, manchan la piel de color de rosa; se descomponen á la temperatura del calor rojo, y pueden reconocerse por los reactivos siguientes:

Amoniaco. Precipitado amarillo de oro fulminante.

Carbonato de amoniaco. Precipitado amarillo de oro fulminante, con desprendimiento de ácido carbónico.

Sulfato de protóxido de hierro. Precipitado de oro metálico, que adquiere brillo por la presion.

Protocloruro de antimonio. Precipitado amarillo brillante de oro metálico.

Zinc. Precipitado moreno de oro metálico.

PERCLORURO DE ORO, $Au^2 Cl^2$.

Propiedades. El percloruro de oro es de un color rojo moreno, delieuescente, difícil de cristalizar, y muy soluble en el agua y en el alcohol.

La luz y el calor le descomponen en cloro y en protocloruro, ó en cloro y oro si la temperatura es muy elevada.

El cloruro de oro se combina con el ácido clorhídrico, y forma un clorhidrato de cloruro de oro que cristaliza en prismas prolongados, de un color amarillo de oro, muy soluble en el agua, el cual se descompone por el calor, dejando por residuo un percloruro ó protocloruro y oro metálico, segun la temperatura á que se opere.

Preparacion. Se obtiene este cuerpo disolviendo el oro en el agua régia, evaporando el líquido para desalojar el exceso de ácido sin que se descomponga el cloruro.

PLATINO, Pt. EQUIVALENTE 1252,8.

Propiedades. El platino forjado es casi tan blanco como la plata, brillante, muy dúctil y maleable, y su densidad está representada por 21,55. Es infusible al fuego de forja, pero se funde con facilidad al soplete de gas; sin embargo, espuesto

á la temperatura del rojo blanco se ablanda lo suficiente para poderse forjar y soldar como el hierro sin intermedio.

El oxígeno y el aire no ejercen acción sobre él á ninguna temperatura. El ácido nítrico no actúa sobre el platino cuando está puro, pero le disuelve si está aleado con una cantidad suficiente de plata ú oro; sin embargo, su mejor disolvente es el agua régia.

El fósforo, el arsénico y la potasa, sosa y lithina, atacan fuertemente al platino, formando con los dos primeros, compuestos muy fusibles, que agujerean rápidamente las vasijas de este metal.

Estado. El platino se encuentra en los depósitos arenáceos que contienen oro y diamantes, unido al iridio, ósmio, paladio, hierro, cobre, etc.

Preparación. Para extraer el platino de su aleación con los metales indicados, se trata esta repetidas veces por el agua régia, hasta que los líquidos no salgan teñidos, se separa el residuo por decantación, y se vierte en el líquido claro una disolución concentrada de clorhidrato de amoniaco, con el cual se forma inmediatamente un precipitado de cloroplatinato de amoniaco. Se recoge y lava este precipitado con agua fría, calcinándole despues á la temperatura del rojo oscuro para transformarle en platino esponjoso, el cual interpuesto con agua se somete primero á una presión moderada en un aparato apropiado, aumentándola despues todo lo posible por medio de una buena prensa. Luego que ha adquirido bastante cohesión, se introduce en un crisol de barro, cuya temperatura se eleva hasta el rojo blanco, se martilla suavemente sobre un yunque y se le enrojece de nuevo para poderle forjar.

Usos. La inalterabilidad ó infusibilidad del platino le hacen sumamente apreciable para la fabricación de instrumentos quirúrgicos y químicos, utilizándose tambien para hacer el oido de los cañones de fusil, y revestir la parte interior de las cazoletas.

BIOXIDO DE PLATINO, PtO_2 .

Propiedades. El bióxido de platino es amarillo moreno ó negro, segun esté ó no hidratado. Se descompone completamente á una temperatura poco elevada; los cuerpos combus-

tibles le reducen con facilidad, y combinado con los principales ácidos forma sales de color moreno.

Se combina con los álcalis, las tierras y los óxidos metálicos, haciendo las veces de ácido, dando lugar á la formación de sales que se conocen con el nombre de *platinatos*.

Preparacion. Se obtiene el óxido de platino haciendo hervir el cloruro de este metal con un exceso de potasa, hasta que el precipitado amarillo que se forma en un principio desaparezca completamente, y precipitando despues el platinato de potasa por el ácido acético.

CARACTERES DISTINTIVOS DE LAS SALES DE BIXIDO DE PLATINO.

Todas las sales de platino se descomponen al calor, y pueden reconocerse con facilidad por los caracteres siguientes, que se refieren sobre todo al cloruro de este metal.

Potasa. Precipitado amarillo de cloruro de platino y potasio, soluble por el calor en un exceso de reactivo.

Amoniaco. Precipitado amarillo de cloruro de platino amoniacal, soluble en una gran cantidad de agua, y en un exceso de amoniaco.

Sales de potasa ó amoniaco. Precipitado amarillo.

Zinc. Precipitado negro de platino metálico.

BICLORURO DE PLATINO, PtCl_2 .

Propiedades. El bicloruro de platino tiene un color rojo moreno, su sabor estíptico, enrojece la tintura de tornasol, es mas soluble en el agua caliente que en la fria y cristaliza en prismas. El calor le descompone en protocloruro, y despues en platino metálico. Es muy soluble en el alcohol, y se combina con el ácido clorhídrico para formar un clorhidrato de platino, que pierde su ácido por la evaporacion.

Preparacion. Se prepara este cuerpo disolviendo el platino en el agua régia, y evaporando la disolucion hasta sequedad para desalojar el exceso de ácido.

LECCION XXXII.

Galvanoplástica.—Aplicacion de los metales nobles al dorado, plateado y platinado galvánicos.

Al tratar de la accion de los metales sobre las disoluciones salinas, hemos visto que cuando se introduce en estas un metal mas oxidable y mas soluble en el ácido que el que forma la base de la sal, este metal se sustituye al otro, el cual se precipita sobre todos los puntos del metal sumergido. De esta manera es como se verifica, que introduciendo un pedazo de hierro en una disolucion de sulfato de cobre se recubre instantáneamente de una capa de cobre metálico, cuyo espesor aumenta gradualmente, en tanto que el hierro pasa á ocupar el lugar de aquel en la disolucion.

Lo mismo hemos visto que se verifica entre el mercurio y el nitrato de plata, y entre el zinc y el acetato de plomo.

Estos diversos fenómenos de reduccion son debidos á una accion eléctrica, que se verifica en un principio entre el metal y la disolucion, accion que continúa y aumenta de intensidad tan luego como se depositan sobre el metal sumergido moléculas del metal disuelto, el cual forma con el primero pares voltáicos de pequeña estension, pero muy á propósito para que continúe y se regularice la descomposicion.

Vemos, pues, que en estos casos, el metal que provoca la descomposicion electro-química de la disolucion salina, se destruye para sustituir en esta disolucion al metal que se deposita. Pero fácilmente se concibe que si sometemos la disolucion metálica á una corriente galvánica débil, situada fuera del líquido que se quiere descomponer, el metal reducido se depositará sobre el reóforo metálico negativo que sirve para transmitir la corriente sin que este reóforo esperimente la menor alteracion. En este caso la superficie del reóforo negativo se recubrirá de una capa coherente de metal que se amoldará sobre ella y de la que podremos, ó separarla, consiguiendo reproducir todos los detalles del molde, ó dejarla adherida como un barniz que en nada alterará sus contornos.

Si queremos hacer el experimento con el cobre no habrá mas que sumergir los dos conductores de una pila de Daniell en una disolucion pura y concentrada de sulfato de cobre. El

molde metálico, sobre el que se quiere depositar el cobre, se une al conductor negativo, cuidando de unir al positivo un alambre ó lámina de cobre destinada á reemplazar el que se precipita de la disolución. En este caso la sal y el agua se descomponen, el ácido sulfúrico y el oxígeno se combinan con el cobre que forma el electrodo positivo, en tanto que el hidrógeno y el óxido de cobre, encontrándose ambos en presencia uno de otro en el estado naciente, reaccionan entre sí para formar agua, y el cobre metálico se deposita sobre todos los puntos de la superficie del electrodo negativo.

Haciendo que el cobre se deposite sobre la superficie de una medalla, de un bajo relieve ó de una lámina grabada, podremos obtener, en hueco ó en relieve, una copia fiel y exacta de los dibujos grabados en el original.

Para evitar las alteraciones que podrían experimentar los objetos que queremos reproducir por su inmersión en diferentes líquidos, se emplean moldes hechos con aleaciones fusibles ó con materias plásticas, recubiertas con una capa de plumbagina para hacerlas conductoras. La aleación fusible, más comunmente empleada, está compuesta de ocho partes de bismuto, ocho de plomo y tres de estaño. Para evitar la pérdida de una porción de cobre, conviene recubrir de cera toda la parte del molde metálico sobre la que no se quiere depositar el cobre, siendo también necesario, para evitar la adherencia, cubrir la superficie del molde sobre la que se ha de verificar el depósito con una capa muy delgada de plumbagina pulverizada.

Boquillon ha construido un aparato muy sencillo para reproducir las medallas. Se compone de una vasija de vidrio (*figura 20*) para contener la disolución del sulfato de cobre y de un diafragma horizontal de vidrio, sin fondo, apoyado en los bordes de la vasija, el cual sirve para sostener un cilindro también de vidrio, cerrado inferiormente por una membrana muy tensa, al rededor del cual se colocan unos pedazos de sulfato de cobre para que la disolución se conserve saturada. Se introduce en el cilindro, donde previamente hemos colocado agua acidulada, una lámina de zinc amalgamado, y se pone en comunicación, por medio de un alambre de cobre, con el molde metálico colocado sobre una placa de cobre sumergida en la disolución salina.

Una de las aplicaciones más importantes de la galvanoplas-

tica ha sido el sustituir el dorado galvánico al dorado por el mercurio, tan perjudicial á los obreros. La Rive fué el primero que consiguió dorar el cobre y la plata por medio de la electricidad, sirviéndose de una disolucion de cloruro de oro que reemplazaba á la del sulfato de cobre en un aparato parecido al de Boquillon. Posteriormente Ruolz ha inventado un medio mas pronto é infalible para dorar galvánicamente todos los metales.

Los procedimientos para dorar por medio de la pila permiten recubrir de oro á todos los metales, pero exigen algunas operaciones preliminares que varían con el metal que se quiere dorar.

Si los objetos son de cobre, laton ó bronce es necesario *recocerlos*, ó lo que es lo mismo elevar su temperatura casi hasta el rojo, colocándolos sobre un fuego sin llama, con lo que se consigue descomponer las materias grasas de que están impregnados al salir de las manos de los obreros, y recubrirlos de una capa de óxido, del cual se los separa sumergiéndolos, cuando aun están calientes, en ácido sulfúrico muy diluido.

Se sacan del ácido sulfúrico, y se introducen rápidamente en ácido nítrico que contiene una pequeña porcion de ácido sulfúrico, en el cual se ha disuelto previamente otra menor aun de cloruro de sódio. Se lavan despues en una gran cantidad de agua y se secan con serrin para someterlas á la operacion del dorado.

La disolucion que se emplea varía notablemente; pero la que mas comunmente se usa se prepara disolviendo en cien partes de agua destilada diez de cianuro de potasio y una de cianuro de oro bien puro, se agita la mezcla y se filtra con cuidado. Preparado el baño se introducen en él dos alambres de platino unidos á los polos de una pila de corriente constante de dos ó tres pares, sujetando el objeto que se quiere dorar á el alambre que está en contacto del polo negativo. El espesor de la capa de oro que se deposita es proporcional al tiempo empleado, pudiendo ademas recibir el pulimento y las demas preparaciones que exigen las necesidades de la industria.

Cuando se trata de dorar el hierro y el acero, es necesario introducirlos primero en una disolucion de potasa, despues en el ácido nítrico y últimamente en agua. Se separan las partículas negras de que están recubiertos, frotándolos con polvo fino de arcilla calcinada, y se les recubre de una ligera capa

de cobre por el procedimiento galvánico antes de sumergirlos en el baño de oro.

El cianuro de plata disuelto en el cianuro de potasio, en las mismas proporciones de que hemos hecho mención al tratar del dorado, es el líquido que se emplea para platear todos los metales con una facilidad extraordinaria. Este plateado presenta la misma solidez que el plaqué, y puede aplicarse á todos los objetos cualquiera que sea su forma.

Finalmente, se puede también fijar una capa de platino sobre la superficie de los utensilios de hierro, acero, cobre y latón, sirviéndonos de un baño compuesto de cloruro doble de platino y potasio, disuelto en potasa cáustica. Por este medio se podrán adquirir en los laboratorios de química cápsulas y crisoles de latón platinados que reunirán al poco precio toda la resistencia necesaria á ciertas disoluciones salinas ó ácidas; los armeros sacarán partido bajo diferentes aspectos de este medio de preservar los metales oxidables ó sulfurables que entran en la fabricación de las armas; y la relojería, por último, encontrará en el platino, aplicado por este medio, un excelente preservativo contra la alteración que sufren los metales por los agentes atmosféricos.

FIN.

INDICE

DEL PROGRAMA DE FISICA Y NOCIONES DE QUIMICA.

Numeracion para los exámenes.	1	I. Lección I. Consideraciones generales acerca de la física; sus relaciones con las demás ciencias; importancia de sus aplicaciones, y disposición de los medios empleados en diferentes tiempos para adelantar en su estudio. pág.	1
	2	II. Clasificación de las propiedades de los cuerpos, haciendo notar la necesidad de estudiar separadamente las que únicamente pertenecen á la materia, las que exclusivamente corresponden á los cuerpos, y las que son comunes á unos y otra.—Esplicación de los tres estados en que los cuerpos se presentan.	3
	3	III. Estension.—Consideraciones acerca del modo de medirla, y esplicación del nonius ó vernier.—Impenetrabilidad.—Medios experimentales para hacer constar esta propiedad en los tres estados de los cuerpos; ya sea respecto de los de estado semejante, ya con los de estado diferente.	6
	4	IV. Porosidad.—Razones para admitirla en todos los cuerpos, y experimentos que lo confirman.—Divisibilidad.—Diferencia que presenta esta propiedad considerada matemática ó físicamente.—Razones y hechos que prueban que la divisibilidad física no es ni puede ser indefinida.	10
	5	V. Compresibilidad.—Medios de asegurarnos de que esta propiedad reside en todos los cuerpos, y determinación de la ley que se manifiesta en los gases.—Elasticidad.—Espe-	

	rimentos que prueban que esta propiedad es general en los cuerpos, y clasificación de los mismos con respecto á esta propiedad.	13
6 VI.	Inercia.—Esplicacion de sus leyes, é influencia de esta propiedad para modificar siempre la accion de las fuerzas.—Movilidad.—Esplicacion de esta propiedad.—Gravedad considerada solo como una causa de movimiento —Cohesion.—Dureza.—Maleabilidad.—Ductilidad.	18

MECANICA DE SOLIDOS.

7 VII.	Esplicacion de lo que entendemos por fuerzas, de lo que se da el nombre de resultante y de componentes —Diferentes casos que ocurren en el problema general de la composicion de fuerzas.	22
8 VIII.	Determinacion de la resultante en las fuerzas concurrentes cuando se hallan situadas en un mismo plano.	24
9 IX.	Determinacion de la resultante de las fuerzas paralelas cuando van en un mismo sentido.	26
10 X.	Determinacion de la resultante de las fuerzas paralelas cuando van en sentidos opuestos.—Pares de fuerzas.	29
11 XI.	Aplicacion de las fuerzas paralelas á la investigacion del centro de gravedad, y determinacion de este punto en los diferentes cuerpos.—Esplicacion de las diferentes clases de equilibrio relativamente á esta cuestion	30
12 XII.	Ideas generales sobre las máquinas, y clasificación de las mismas, segun el apoyo ú obstáculo sobre que insisten.	33
13 XIII.	Leyes del equilibrio en la palanca.—Esplicacion de la balanza comun y de la romana.—Sistemas de palancas.	35
14 XIV.	Leyes del equilibrio en la polea.—Diversas disposiciones de las mismas.—Medios de	

	calcular la relacion entre la potencia y la resistencia en esta máquina.	40
15	XV. Condiciones para el equilibrio en el torno. —Necesidad indispensable de la rueda espressa ó suplida.—Ruedas dentadas, medios de disponerlas, y aplicaciones mas notables á que dan lugar.—Crie ó gato.	42
16	XVI. Condiciones para el equilibrio de los cuerpos en planos inclinados.—Idem de la cuña.	45
17	XVII. Generacion del tornillo y leyes para el equilibrio en el mismo.—Esplicacion del tornillo sin fin.—De las cuerdas ó máquinas funiculares.	47
18	XVIII. Esposicion de la influencia del rozamiento, y principios generales acerca de la cantidad de movimiento.	49
19	XIX. Movimiento uniforme.—Determinacion de sus leyes.—Movimiento uniformemente acelerado.	52
20	XX. Leyes del movimiento uniformemente acelerado y retardado, deducidas del triángulo de Galileo.	54
21	XXI. Aplicacion de las leyes del movimiento uniformemente acelerado al descenso de los graves.—Máquina de Atwood.	57
22	XXII. Descenso por planos inclinados.—Circunstancias notables que presenta la velocidad comparada con la misma cantidad en el descenso libre.	61
25	XXIII. Generacion del movimiento curvilíneo.—Relacion entre masas, distancias al centro y velocidades.—Movimiento parabólico.	65
24	XXIV. Movimiento oscilatorio.—Péndulo simple y compuesto.—Influencia de la longitud del péndulo en la duracion de las oscilaciones.—Aplicacion á la medida del tiempo y á la determinacion de la intensidad de la gravedad.	66
25	XXV. Leyes de la comunicacion del movimiento en los cuerpos duros y en los elásticos, consideradas como simples consecuencias de la	

ley de inercia.—Choque excéntrico. 70

MECANICA DE FLUIDOS.

Numeracion para los exámenes.	26	XXVI.	Condiciones del equilibrio en los líquidos.—Principio de la igualdad de presion.—Determinacion de las presiones que sufre el fondo y las paredes de un vaso.—Paradoja hidrostática.	74
	27	XXVII.	Equilibrio de los líquidos en vasos comunicantes.—Aplicaciones de esta propiedad.—Circunstancias que presentan los sólidos sumergidos en los líquidos.—Principio de Arquimedes.	78
	28	XXVIII.	Aplicacion del principio de Arquimedes á la determinacion de las densidades de los cuerpos.—Procedimientos diversos sin el empleo de los areómetros.	80
	29	XXIX.	Teoría y aplicacion de los areómetros, sean de volúmen constante ó de volúmen variable.	82
	30	XXX.	Movimiento de los líquidos.—Salida por orificios practicados en pared delgada.—Reaccion que produce la salida.—Determinacion del gasto ó cantidad de líquido derramado.	87
	31	XXXI.	Salida por tubos adicionales de diferentes formas.—Salida por tubos largos.	90
	32	XXXII.	Determinacion del peso y elasticidad del aire.—Pruebas de la presion atmosférica en todos sentidos.	92
	33	XXXIII.	Medios de medir la presion de la atmósfera.—Barómetros de diversas formas.	94
	34	XXXIV.	Aplicaciones mas importantes del barómetro.—Constitucion física de la atmósfera.	97
	35	XXXV.	Máquina neumática, su fundamento y aplicaciones.—Medios de conocer el vacío hecho.—Probeta	99
	36	XXXVI.	Bombas para la elevacion de las aguas, su teoría y mecanismo.—Fuente de com-	

	presion.—Idem de Heron.—Pipeta.—Fuente intermitente.	102
37	XXXVII. Ariete hidráulico.—Prensa hidráulica.—Sifones.	106
38	XXXVIII. Movimiento de los gases.—Medios de regularizar la salida.—Gasómetros.—Cuerpos flotantes en la atmósfera.	108

ACCIONES MOLECULARES.

39	XXXIX. Capilaridad.—Efectos que produce y exposicion general de su teoría.—Endosmose.	112
40	XL. Acústica.—Produccion y propagacion del sonido en los diferentes intermedios.	116
41	XLI. Velocidad del sonido.—Variaciones de la intensidad.—Formacion de las ondas.—Modos de vibrar de los diferentes cuerpos.	119

DEL CALOR.

Numeracion para los exámenes.

42	XLII. Idea general de los flúidos imponderables, y mas principalmente del calor.—Aparatos empleados para su medida.	122
43	XLIII. Construccion de las diferentes clases de termómetros.	124
44	XLIV. Calor radiante.—Influencia del estado de las superficies, y esperimentos relativos á esta propiedad.	127
45	XLV. Reflexion del calor.—Reflexion aparente del frio.—Aplicaciones de la radiacion.	130
46	XLVI. Transmision del calor radiante.—Aparato de Melloni, considerado únicamente como un termómetro de gran sensibilidad.	132
47	XLVII. Dilatacion de los sólidos por el calor.—Coeficiente de dilatacion en los sólidos.—Dilatacion cúbica.	134
48	XLVIII. Coeficiente de dilatacion en los flúidos.—Aplicaciones de las dilataciones en general.—Péndulos de compensacion.—Termómetro de Breguet.	136

	49 XLIX.	Conductibilidad de los cuerpos sólidos, líquidos y aeriformes.	159
	50 L.	Capacidad de los cuerpos para el calor.—Medios de medirla.—Consideraciones á que da lugar.	142
	51 LI.	Cambio de estado de los cuerpos.—Tránsito de sólido á líquido y vice versa.—Calor latente.—Medios de apreciarle.	145
	52 LII.	Tránsito de líquido á vapor y regreso de este al estado líquido.—Calor latente del vapor de agua.	147
	53 LIII.	Ebullicion.—Vaporizacion.—Evaporacion.	149
	54 LIV.	Tensiones de los vapores.—Medida de sus fuerzas elásticas.	152
	55 LV.	Fenómenos meteorológicos dependientes del calor.—Rocto.—Escarcha.—Nubes.—Nieblas.—Lluvia.—Nieve.	155
	56 LVI.	Higrometria.—Descripcion y usos de los higrómetros mas usados.	158
	57 LVII.	Máquinas de vapor.	160
	DE LA LUZ.		
	58 LVIII.	Consideraciones generales acerca de la luz.—Medios empleados para medir su velocidad.	163
	59 LIX.	Sombra y penumbra determinadas gráfica y experimentalmente.	165
	60 LX.	Leyes de la reflexion de la luz.—Aplicacion á los espejos planos.	168
	61 LXI.	Reflexion de la luz sobre superficies curvas.—Determinacion gráfica y experimental de los focos.	170
	62 LXII.	Ley de la refraccion de la luz.—Consideraciones y aplicaciones á los medios terminados por superficies planas.	174
	63 LXIII.	Refraccion al través de los cuerpos terminados por superficies curvas.—Lentes.—Determinacion gráfica y experimental de los focos.	177
	64 LXIV.	Determinacion del indice de refraccion	

Numeracion para los exámenes.

- en los cuerpos solidos, liquidos y gases.—
Reflexion total.—Espejismo. 179
- 65 LXXV. Descomposicion y recomposicion de la
luz.—Colores complementarios.—Diversi-
dad de espectros en la descomposicion. 183
- 66 LXXVI. Acromatismo presentado experimental-
mente.—Aplicaciones.—Arco iris. 186
- 67 LXXVII. Ideas generales acerca de la doble re-
fraccion, y polarizacion de la luz. 188
- 68 LXXVIII. De la vision.—Descripcion del ojo hu-
mano.—Aplicacion de las lentes para los
miopes y presbitas. 191
- 69 LXXIX. Instrumentos de óptica.—Cámara oscu-
ra.—Daguerreotipo.—Cámara lucida. 193
- 70 LXXX. Microscopios.—Anteojo astronómico.—
Idem terrestre.—Telescopios. 195

DEL MAGNETISMO.

- 71 LXXXI. Magnetismo.—Flúido boreal y austral.—
Polo norte y polo sur.—Atracciones y re-
pulsiones.—Verificacion de sus leyes. 199
- 72 LXXXII. Propiedades del iman.—Atraccion.—
Repulsion.—Direccion.—Declinacion.—In-
clinacion.—Esplicacion de estas dos últimas
circunstancias.—Medios de apreciarlas. 204
- 73 LXXXIII. Variaciones y perturbaciones de la agu-
ja imantada.—Accion de los imanes sobre
los demás cuerpos.—Medios de imantar. 208

DE LA ELECTRICIDAD.

- 74 LXXXIV. Idea general de la electricidad.—Mo-
do de escitarla por frotamiento. 213
- 75 LXXXV. Electricidad positiva y negativa.—Atrac-
ciones y repulsiones.—Determinacion de sus
leyes. 217
- 76 LXXXVI. Electricidad por influencia.—Máquina
eléctrica.—Esplicacion de su carga.—Elec-
tróscopo de panes de oro. 221
- 77 LXXXVII. Electricidad latente.—Medios de ha-

	cer constar su presencia.	228
78	LXXVIII. Condensadores.—Botella de Leyden.	232
79	LXXIX. Influencia de los cuerpos terminados en punta.—Aplicacion á los pararrayos.	237
80	LXXX. Electricidad atmosférica; sus orígenes.—Fenómenos que produce.—Granizo.	241
81	LXXXI. Electricidad desenvuelta por calor y por presion.	246
82	LXXXII. Electricidad voltáica.—Diferentes especies de pilas.	251
83	LXXXIII. Aplicaciones de la pila voltáica.—Descomposicion del agua.—Pilas de corriente constante.	258
84	LXXXIV. Accion de las corrientes sobre los imanes y vice versa.—Electro-magnetismo.—Galvanómetro.	264
85	LXXXV. Accion de las corrientes unas sobre otras.—Corrientes por induccion.	267
86	LXXXVI. Electro-dinámica.—Su importancia y aplicaciones mas notables.—Esplicacion del magnetismo por medio de las corrientes eléctricas.	270
87	LXXXVII. Corrientes termo-eléctricas.—Descripcion del termo-multiplicador de Melloni.	275
88	LXXXVIII. Medios de producir magnetismo por medio de la electricidad, y reciprocamente producir electricidad por medio del magnetismo.	275

Numeracion para los exámenes.

QUIMICA.



NOCIONES PRELIMINARES.

89	I. Definicion.—Cuerpos simples y compuestos.—Número de los primeros.—Moléculas integrantes y constituyentes.—Enumeracion y clasificacion de los cuerpos simples.—Nomenclatura.	281
90	II. Continuacion de la nomenclatura.—Signos	

	y fórmulas químicas.—Caractéres físicos y organolépticos para distinguir los cuerpos.	288
91	III. Fuerza de agregacion ó de cohesion.—Cristalización.—Dimorfismo y polimorfismo.—Isomorfismo	296
92	IV. Fuerza de combinacion.—Causas modificantes.—Teoría electro-química.—Análisis y síntesis.	301
93	V. Proporciones múltiples y equivalentes.—Teoría atomística.—Isomería.—Alotropía.	307

**DE LOS METALOIDES Y SUS PRINCIPALES
COMBINACIONES.**

Numeracion para los exámenes.	94	VI. Oxígeno.—Combustion.—Llama.—Respiracion.	313
	95	VII. Hidrógeno.—Carbono.	318
	96	VIII. Carburo tetrahídrico.—Carburo dihidrico.	326
	97	IX. Fósforo.—Fosfuro de hidrógeno.	330
	98	X. Azufre.—Iodo.—Bromo.	334
	99	XI. Cloro.—Fluor.—Nitrógeno.	339
100	XII. Amoniaco.—Aire atmosférico.	344	

OXIDOS Y ACIDOS METALOIDEOS.

101	XIII. Diferencia entre óxidos y ácidos metaloides.—Protóxido de hidrógeno.	353
102	XIV. Oxido de carbono.—Acido carbónico.	358
103	XV. Acido sulfuroso.—Acido sulfúrico monohidratado.	362
104	XVI. Combinaciones del nitrógeno con el oxígeno.	367
105	XVII. Hidrácidos.	372

METALES Y COMPUESTOS METALICOS.

106	XVIII. Generalidades de los metales y de las aleaciones.	376
107	XIX. Generalidades de los óxidos metálicos.	381
108	XX. Generalidades de las sales.—Caractéres de los géneros á que corresponden las de	

	mayor uso.	385
109	XXI. Potasio.—Hidrato de protóxido de potasio.—Caractéres distintivos de las sales de potasa.—Nitrato y carbonato de potasa.	395
110	XXII. Sódio.—Hidrato de protóxido de sódio.—Cloruro, carbonato y borato de sosa.	398
111	XXIII. Calcio.—Protóxido de calcio.—Caractéres distintivos de las sales de cal.—Hipoclorito, sulfato y carbonato de cal.	403
112	XXIV. Aluminio.—Oxido de aluminio.—Caractéres distintivos de las sales de alúmina.—Sulfato de alúmina y potasa.—Vidrio.—Cristal.	408
113	XXV. Hierro.—Fundiciones.—Acero.—Hoja de lata.—Moire metálico.—Oxidos ferroso y férrico.—Caractéres distintivos de las sales ferrosas y férricas.—Sulfato de protóxido de hierro.	413
114	XXVI. Zinc.—Protóxido de zinc.—Caractéres distintivos de las sales de zinc.—Estaño.—Protóxido de estaño. Caractéres distintivos de las sales protoxidadas de estaño.—Bisulfuro de estaño.	420
115	XXVII. Plomo.—Aleaciones de plomo y estaño.—Protóxido de plomo.—Caractéres distintivos de las sales de plomo.—Carbonato de plomo.	426
116	XXVIII. Cobre.—Aleaciones de cobre con el zinc y el estaño.—Protóxido de cobre.—Bióxido de cobre.—Caractéres distintivos de las sales de cobre.—Sulfato de bióxido de cobre.	430
117	XXIX. Mercurio.—Amalgama de estaño.—Protóxido de mercurio.—Bióxido de mercurio.—Caractéres distintivos de las sales de mercurio.—Bisulfuro de mercurio.	435
118	XXX. Plata.—Aleaciones de plata y cobre.—Plaqué.—Amalgama de plata.—Protóxido de plata.—Caractéres distintivos de las sales de plata.—Nitrato de plata.—Fulminato de plata.	439

Numeracion para los exámenes.

Num. para los exámenes.	119	XXXI.	Oro.—Aleaciones de oro y cobre.—Protóxido de oro.—Caractéres distintivos de las sales de oro.—Bicloruro de oro.—Platino.—Bióxido de platino.—Caractéres distintivos de las sales de bióxido de platino.—Bicloruro de platino.	444
	120	XXXII.	Galvanoplástica.—Aplicacion de los metales nobles al dorado, plateado y platinado galvánicos.	449



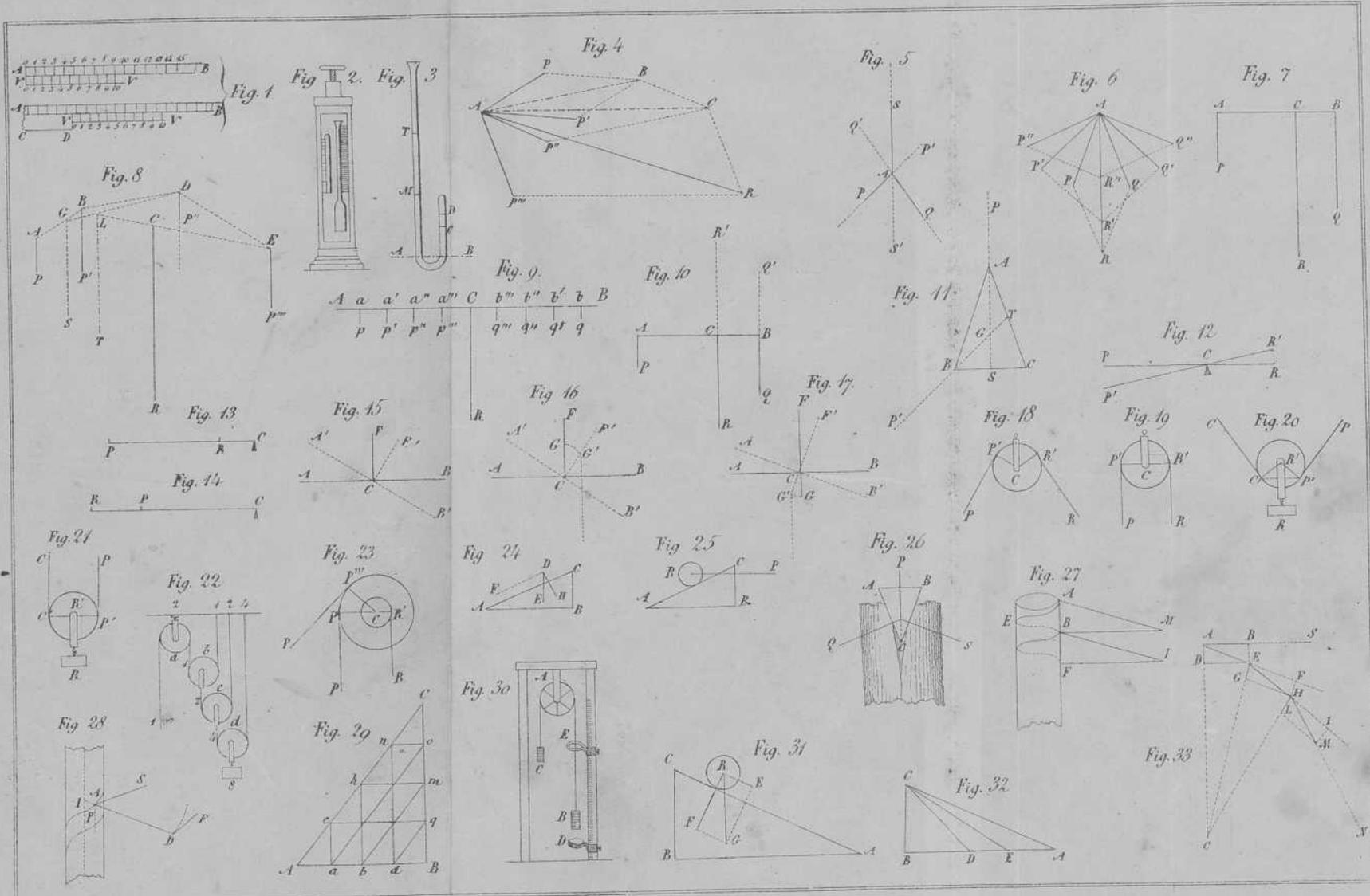
ERRATAS.

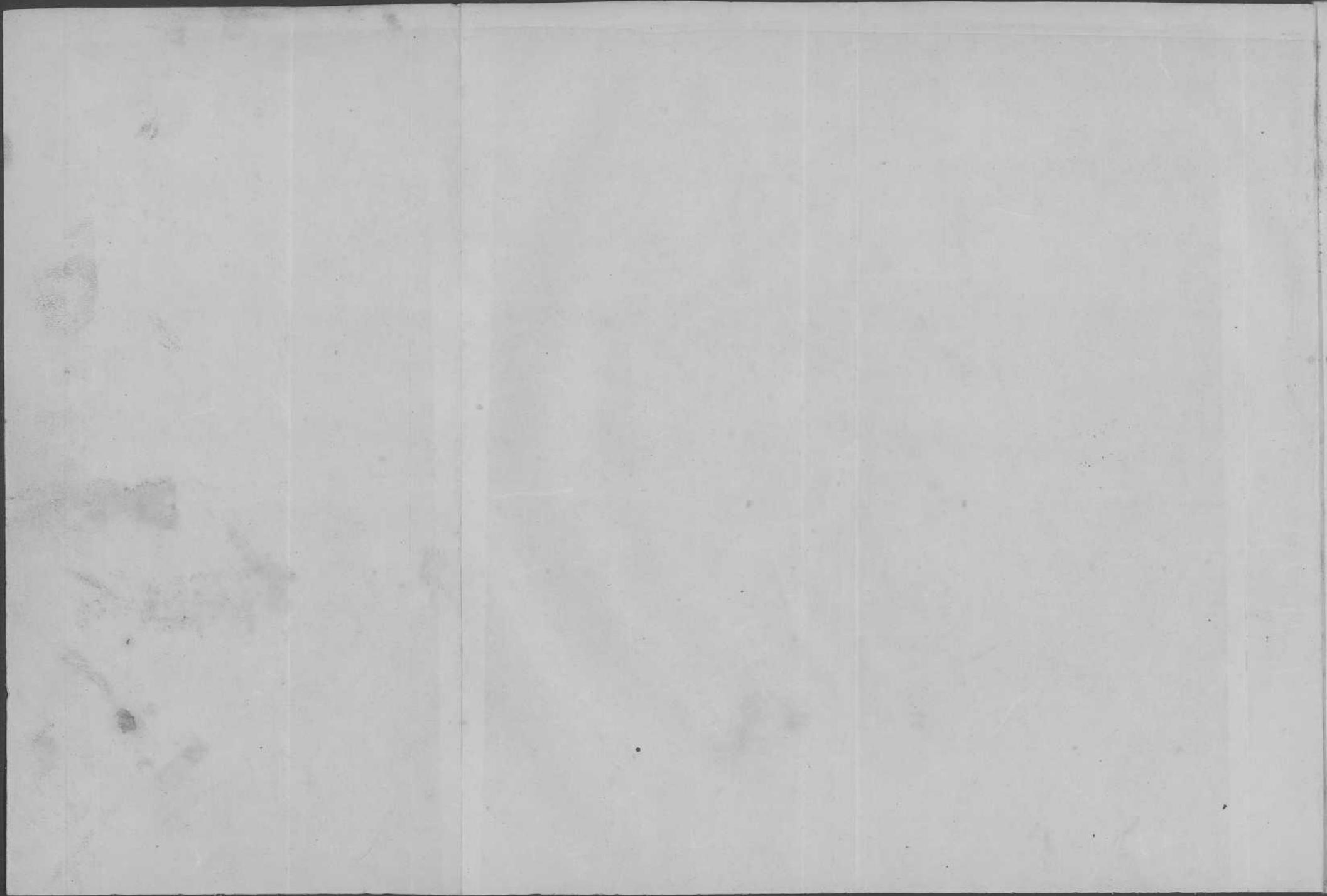
PAGINA.	LINEA.	DICE.	LEASE.
75	11	descenció.....	descendió
78	12	sólidos.....	líquidos
111	30	En.....	El
153	39	la fuerza.....	de fuerza
182	6	contemplar.....	completar
213	21	de primera.....	la primera
263	25	carton.....	carbon
289	17	proposicion.....	proporecion
450	8	protóxito.....	protóxido

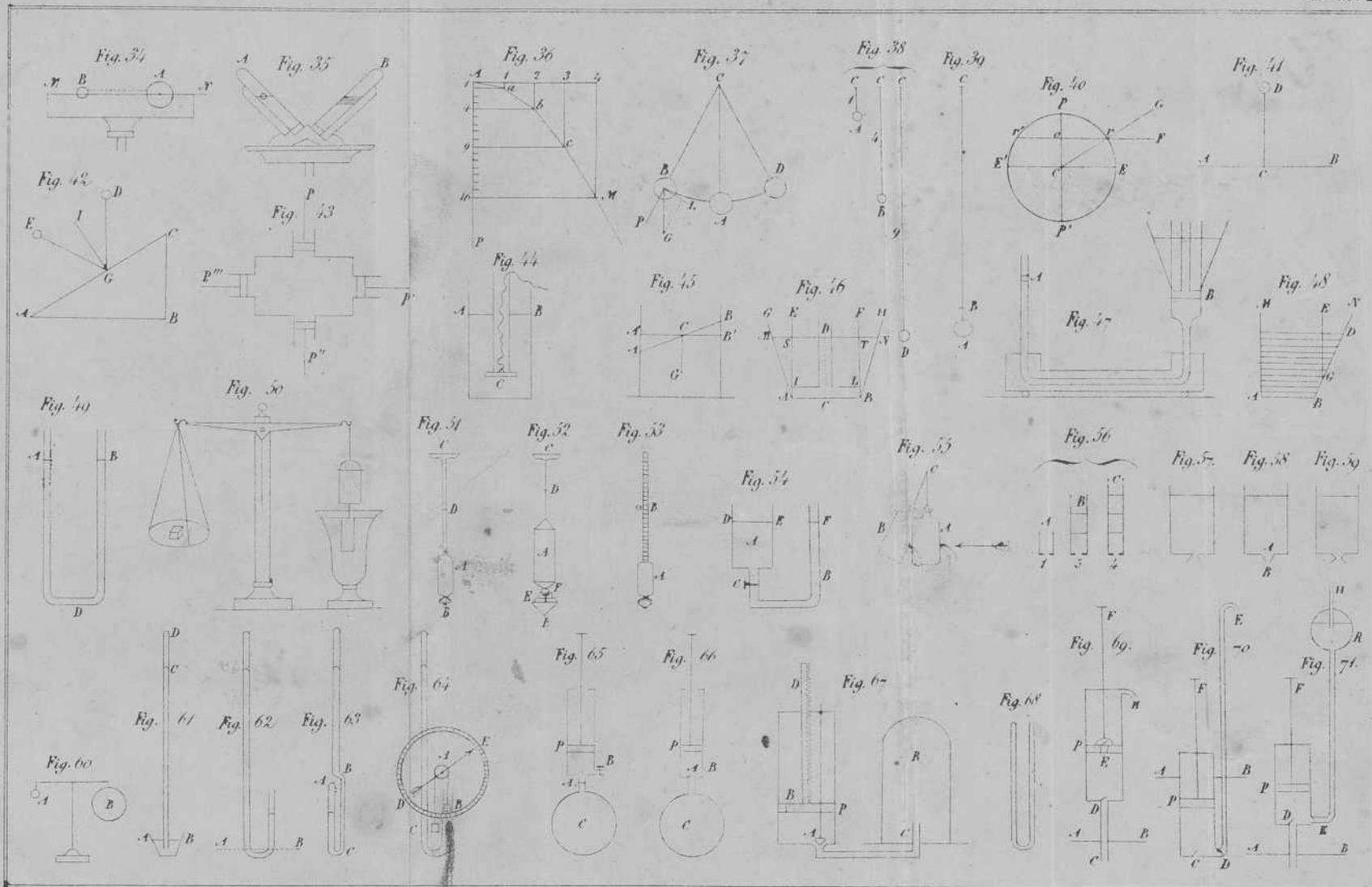
1. The first part of the paper is devoted to a general survey of the subject. It is shown that the theory of the subject is not yet fully developed, and that there is a need for further research.

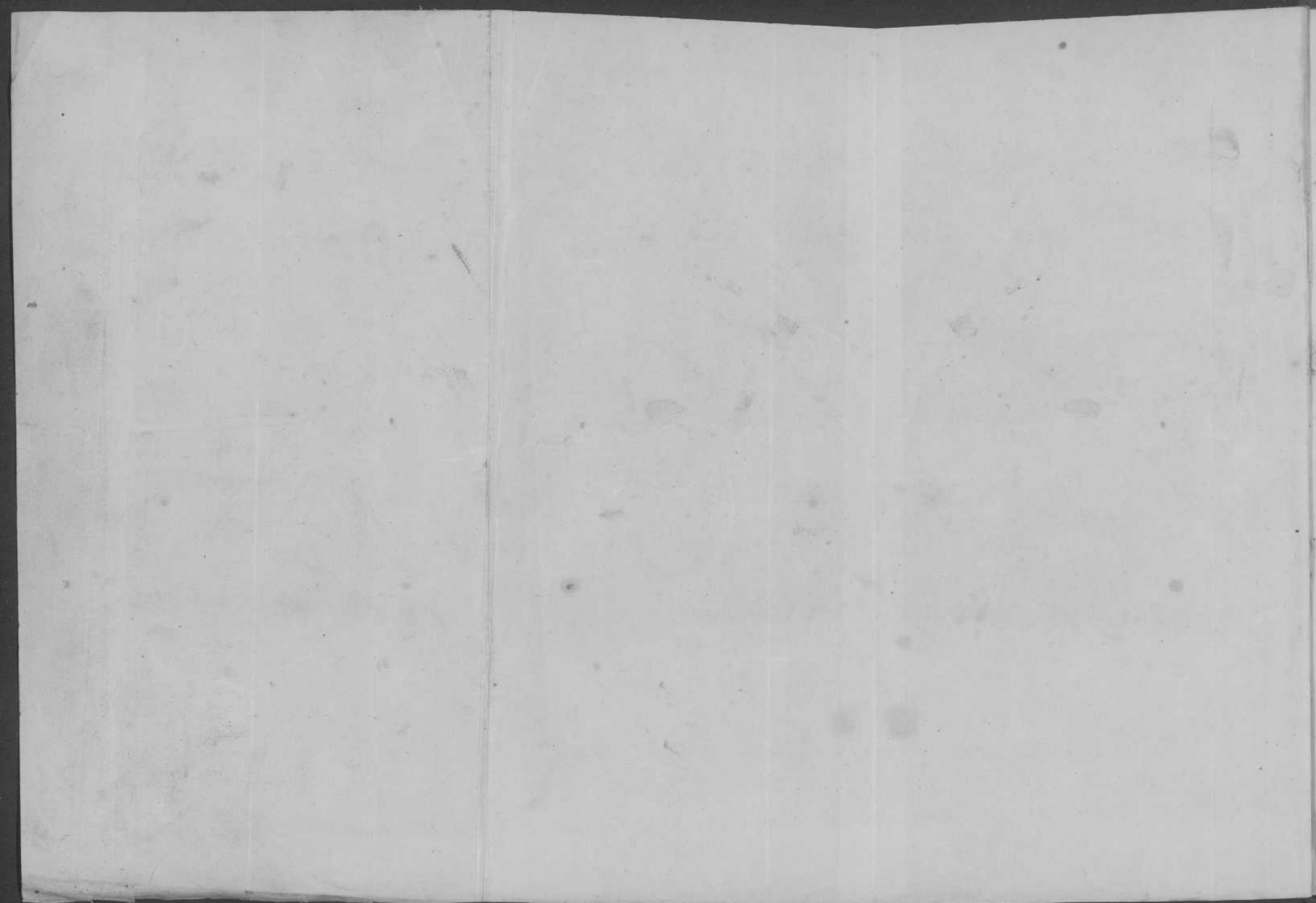
TABLE

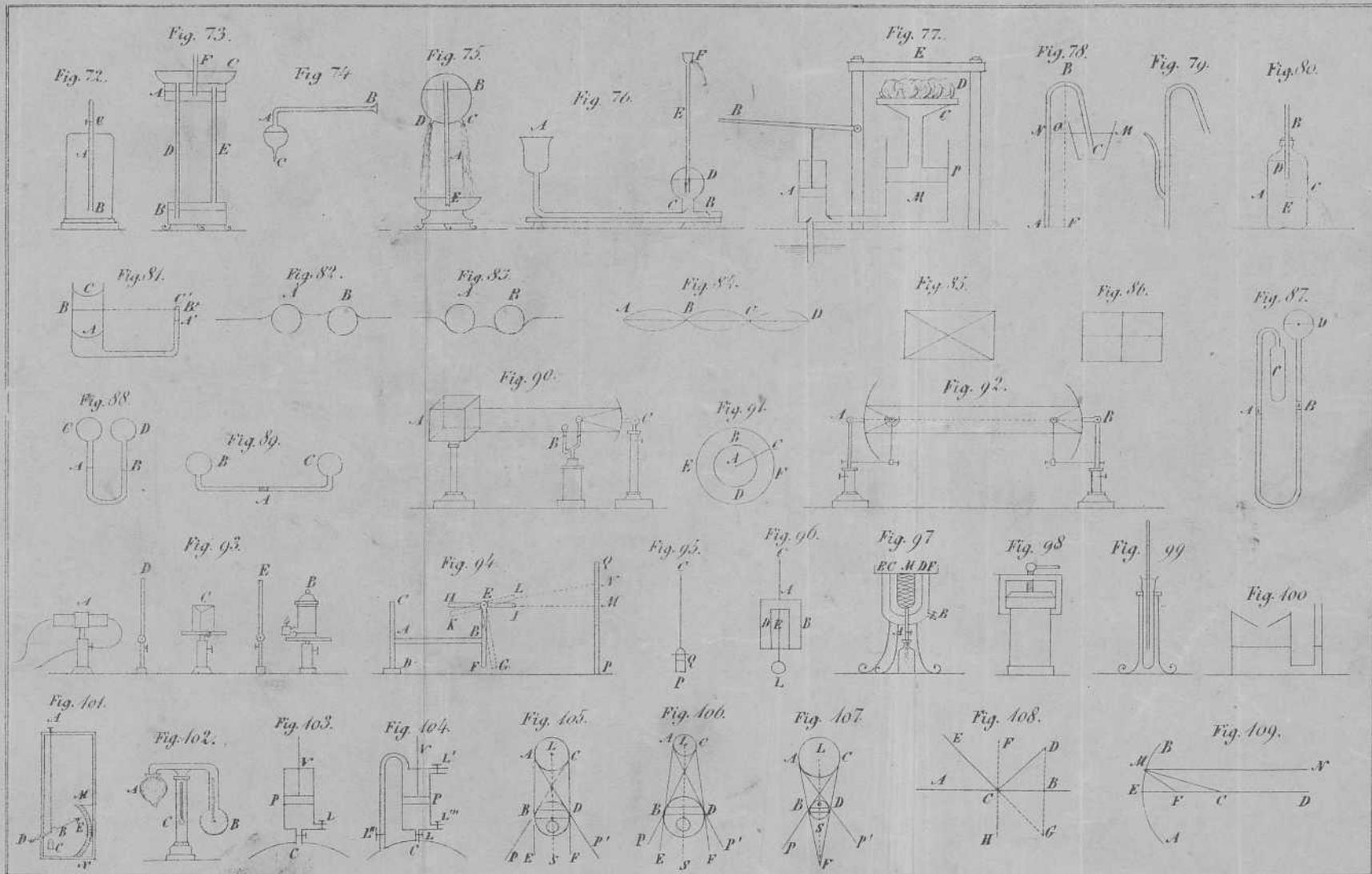
Year	Per cent	Value	Percentage
1911	11	100	100
1912	12	100	100
1913	13	100	100
1914	14	100	100
1915	15	100	100
1916	16	100	100
1917	17	100	100
1918	18	100	100
1919	19	100	100
1920	20	100	100
1921	21	100	100
1922	22	100	100
1923	23	100	100
1924	24	100	100
1925	25	100	100
1926	26	100	100
1927	27	100	100
1928	28	100	100
1929	29	100	100
1930	30	100	100

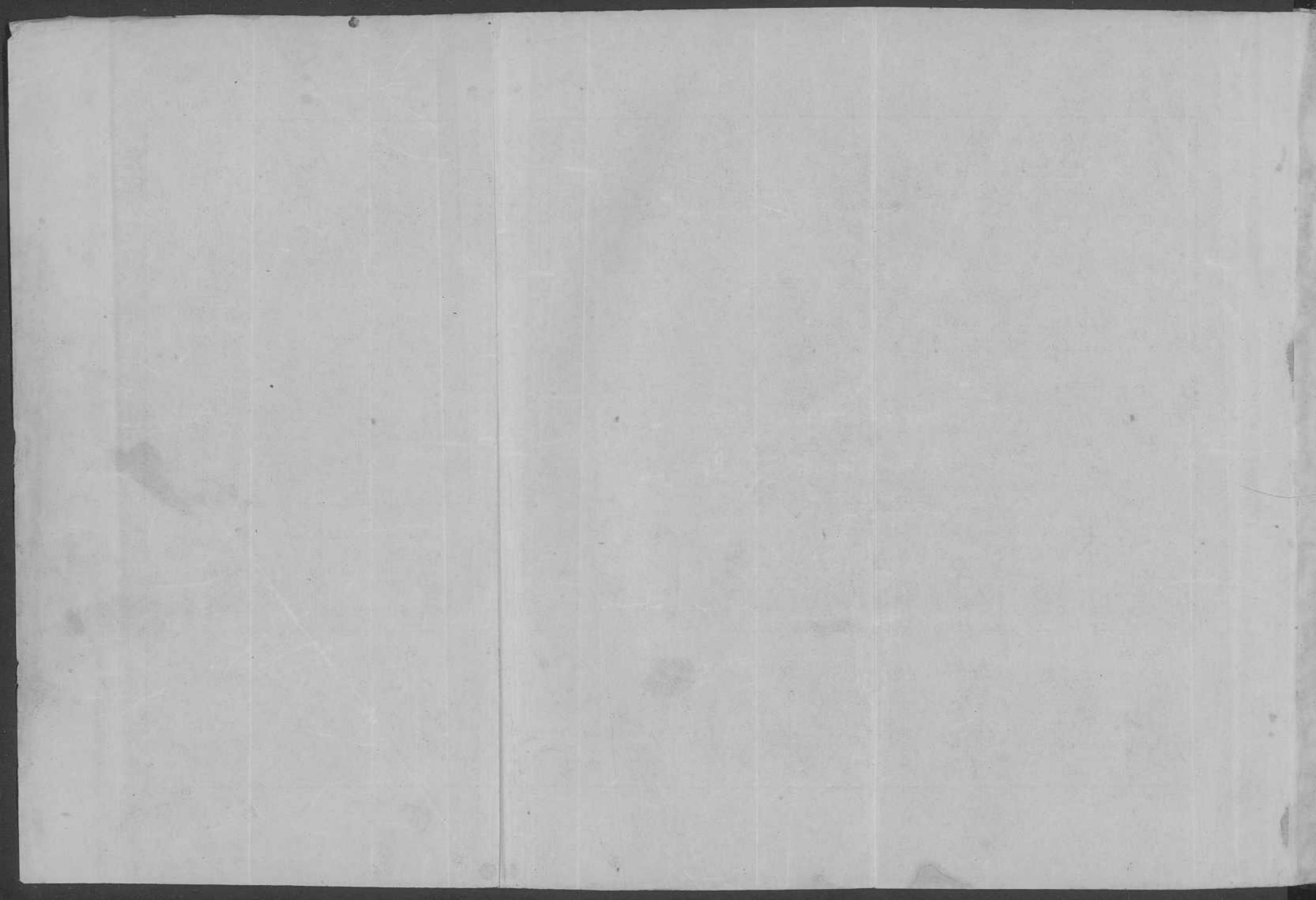


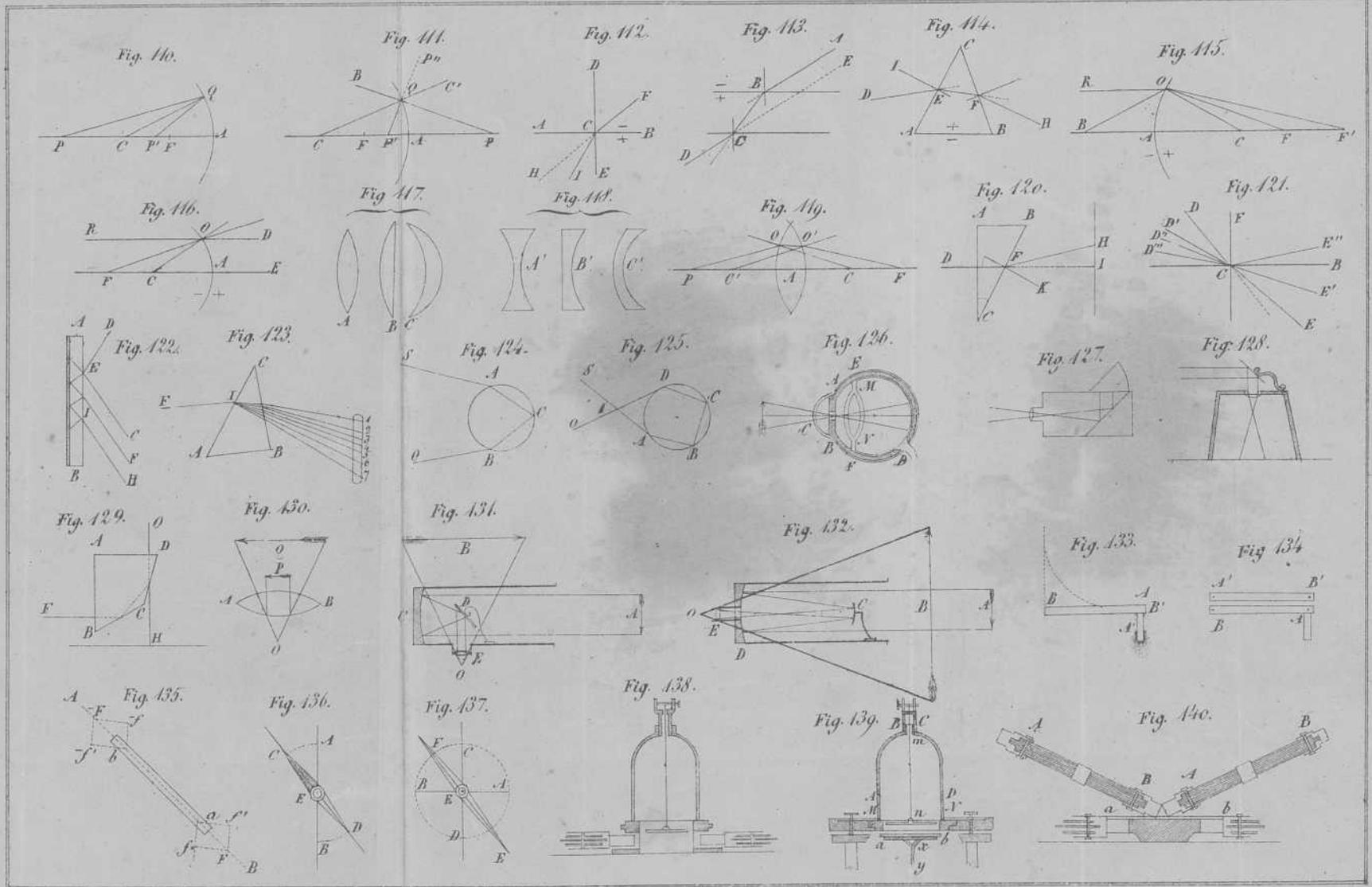


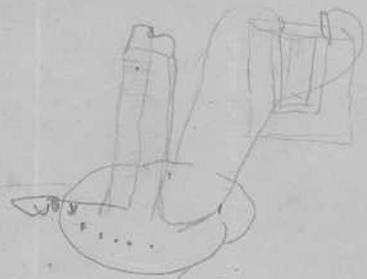


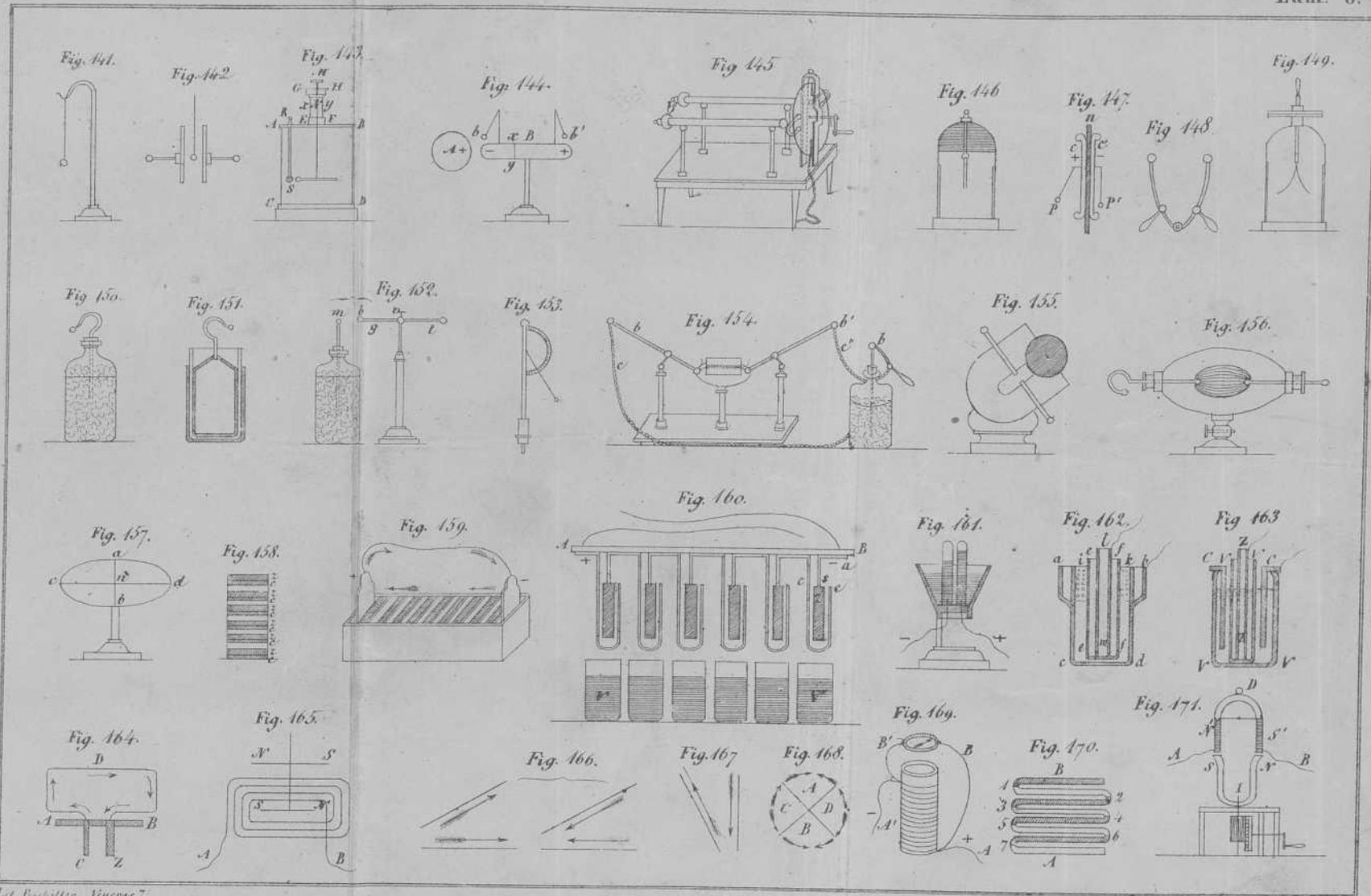


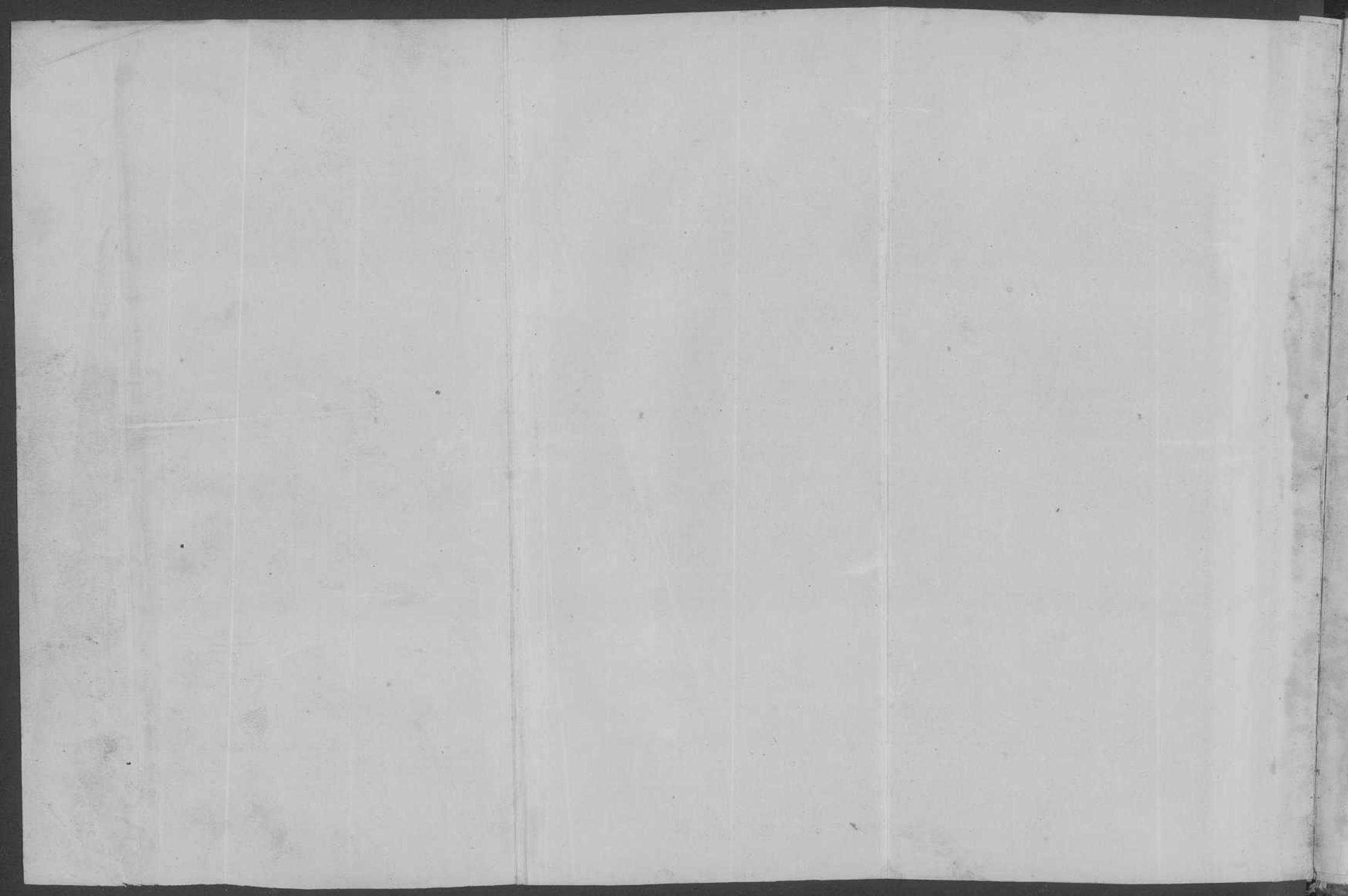


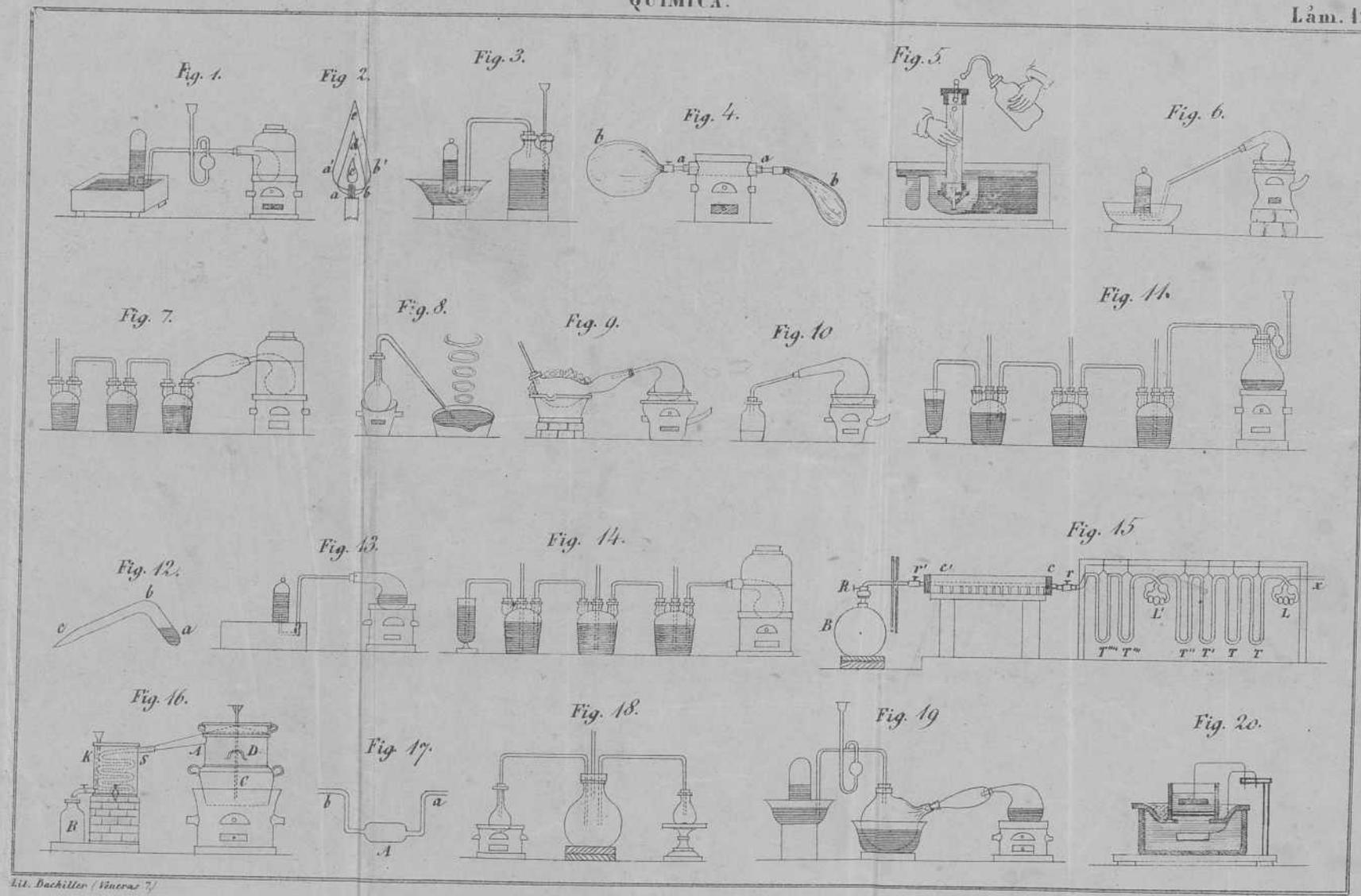




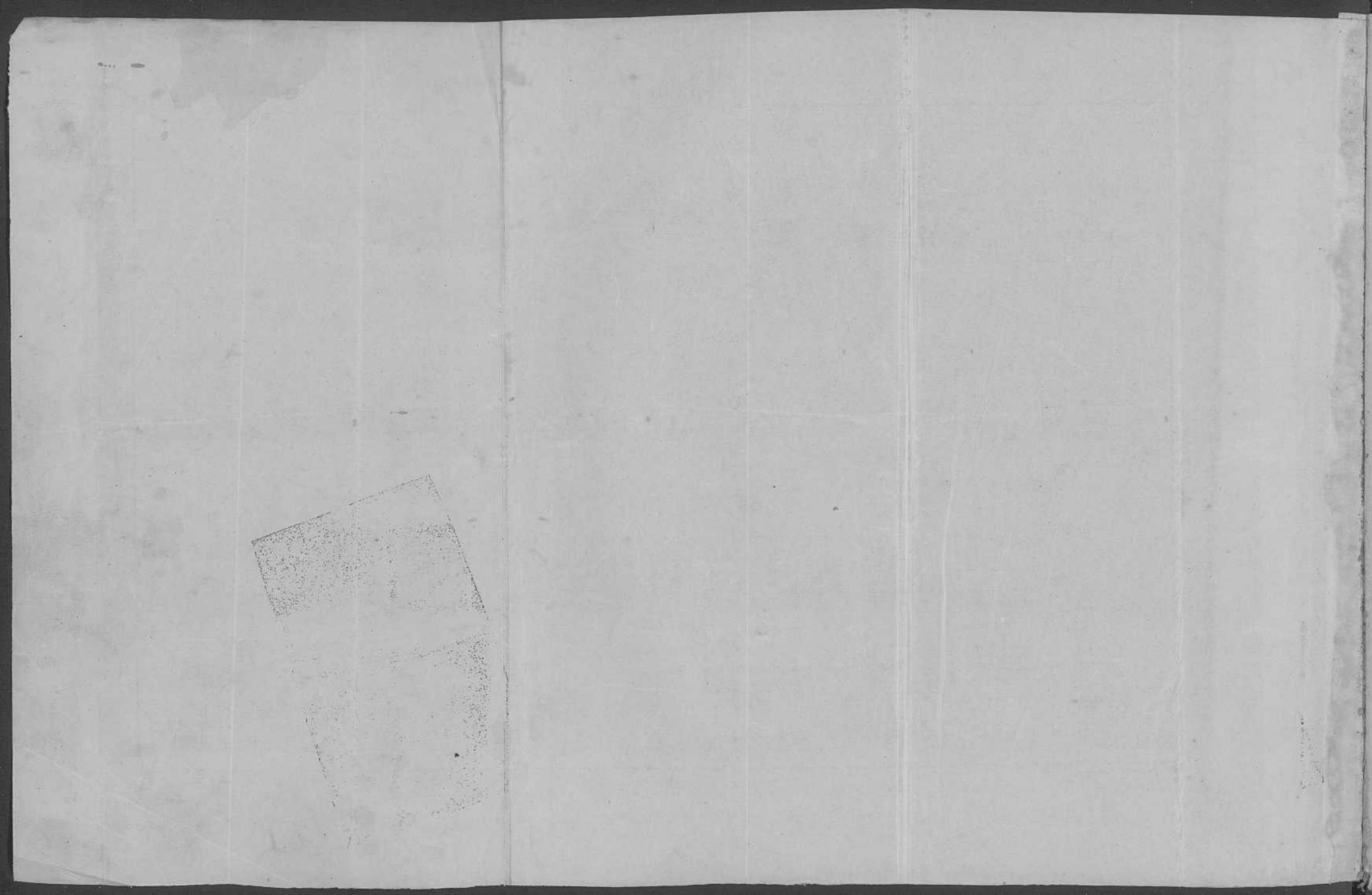






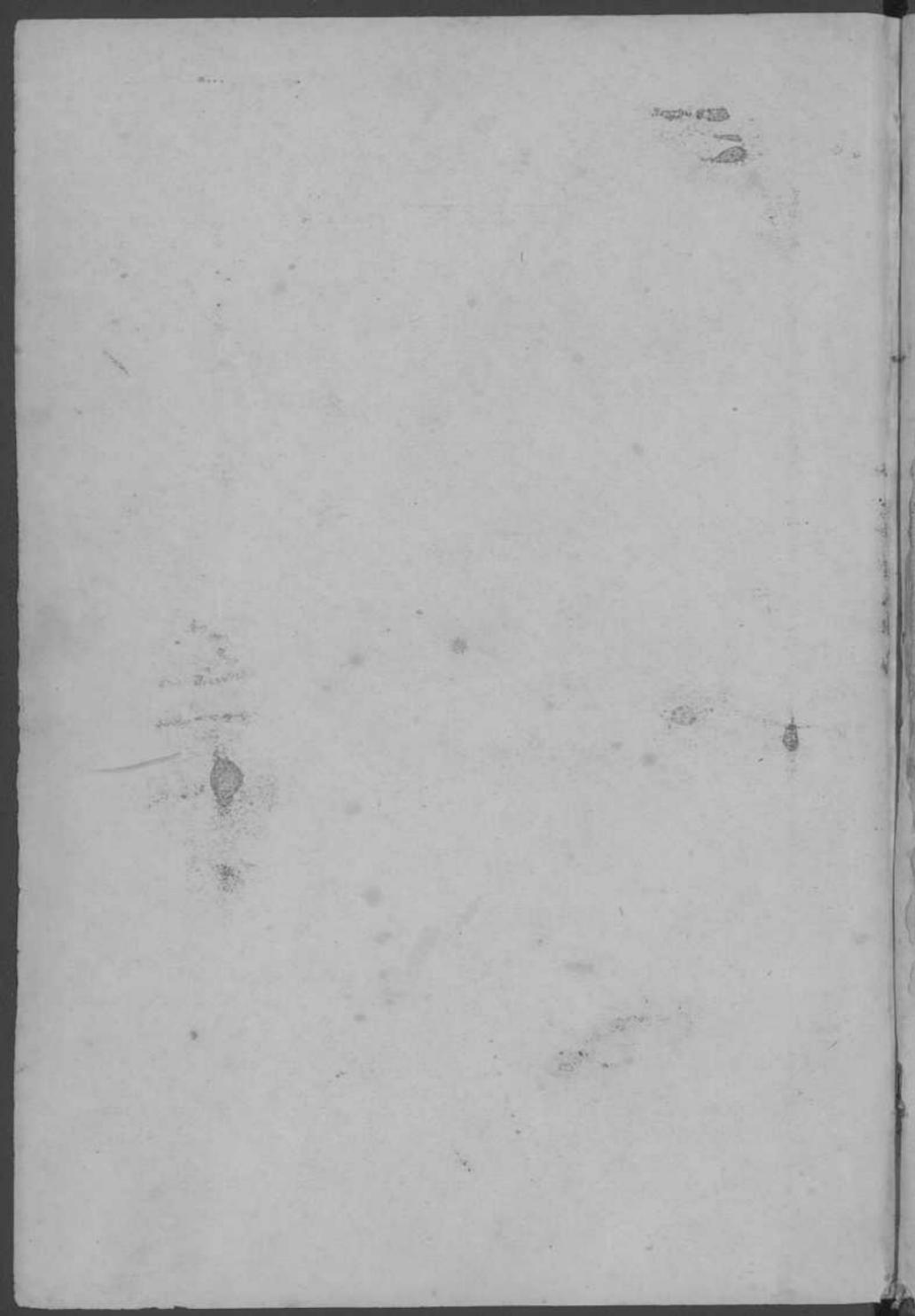


Lit. Buchillon (Vincennes ?)



19











17.871