





DD / 10

DD / 10

3348

ELEMENTOS

DE

QUÍMICA

DESIGNADOS PARA SERVIR DE TEXTO

EN LA

ACADEMIA GENERAL MILITAR

en el Certamen celebrado con este objeto,

POR

D. ENRIQUE SERRANO FATIGATI

Catedrático de Química en el Instituto de Cisneros, Vocal del Consejo Superior de Agricultura, Industria y Comercio, etc.

A mi querido maestro D.ⁿ Manuel M.^e de Baldo

El Autor



MADRID

1884

IMPRESA Y LITOGRAFÍA DE "LA GUIRNALDA"
calle de las Pozas, núm. 12

3339

ADVERTENCIA

Van impresas en letra pequeña las listas de cuerpos simples y otros datos que no es necesario retener en la memoria.

Con el signo * se han señalado los párrafos que son simplemente aclaratorios.

Se han intercalado diferentes párrafos sobre determinación del peso atómico, descripción breve de algunas maderas y estudio de las sustancias explosivas, etc., defiriendo á las indicaciones de la Dirección de Instrucción Militar.

El resto de la obra, tiene la extensión reglamentaria, descontado lo anterior, el espacio ocupado por los grabados y las páginas en blanco.



ELEMENTOS DE QUIMICA

NOCIONES PRELIMINARES

Con la intervención de diferentes fuerzas pueden reunirse *dos cuerpos*, originando *un tercero* que no se parezca á los primeros ni en aspecto, ni en color, ni en las demás propiedades.

Es posible también que mediante la influencia de las mismas acciones *un solo cuerpo* se desdoble *en dos* de muy distintos caracteres.

Ocurre á veces que *una sustancia* cualquiera experimenta profundísimas transformaciones en su modo de ser cambiándose su forma, su calórico específico, su densidad y sus cualidades, *sin reunirse á otra*.

Todos estos hechos se conocen comunmente con el nombre de *fenómenos químicos*, y en consonancia con él se llama *Química* á la ciencia donde se estudian.

* Mezclando azufre con limaduras de cobre y calentando fuertemente la mezcla se produce un cuerpo de color oscuro, nada semejante al azufre ni al cobre, homogéneo en sus diferentes partículas, y en el cual es imposible reconocer por separado la existencia de las dos sustancias precitadas.

* Haciendo pasar una corriente eléctrica por la masa de agua, colocada en un *voltámetro*, se resuelve este líquido en dos gases de propiedades muy distintas.

* Fundiendo *azufre* en una vasija á propósito para realizar en ella este cambio de estado y vertiendo rápidamente el líquido que así se obtiene en el agua fría, se le transforma en una sustancia negruzca, blanda, algo semejante al caoutchouc.

* Estos tres fenómenos pueden servir respectivamente de ejemplos particulares á cada uno de los tres órdenes de hechos que hemos indicado antes en general.

Los cuerpos conocidos se dividen: en cuerpos que pueden des-

doblarse en dos ó más sustancias diferentes y cuerpos que *hasta hoy* no han sufrido nunca dicha transformación. Los primeros se llaman *cuerpos compuestos*, los segundos se denominan *simples*. Fácil es deducir de esto que por la reunión de los segundos se engendran todos los primeros.

Para explicar los diferentes hechos que hemos enumerado, es preciso admitir que existe una fuerza, ya estudiada en la Física, que mantiene unidas las partículas homogéneas de un mismo cuerpo, sea éste simple ó compuesto, denominada *cohesión*, y que hay otra llamada *afinidad*, que reúne entre sí los elementos simples y heterogéneos que forman una sustancia compuesta. El estudio de la afinidad, mediante el de los fenómenos que á su intervención se atribuyen, cae completamente dentro del dominio de la Química: por eso se ha definido también á la ciencia que nos ocupa diciendo que es *la ciencia de la afinidad*.

Necesita muchas veces el químico averiguar el número y condiciones de los cuerpos simples, que forman un compuesto, ó el de los cuerpos compuestos, que constituyen á otro más complejo, y para llegar á este conocimiento descompone las sustancias que en cada caso son objeto de su estudio; la operación ó serie de operaciones, mediante las cuales llega á realizar su propósito, recibe el nombre de *análisis*.

Para que sea perfecto su conocimiento de los diferentes cuerpos químicos, debe engendrar los compuestos, por la reunión de los simples, cuya existencia reconoció en ellos; esta operación ó serie de operaciones, inversa de las anteriores, se denomina *síntesis*.

El número de las sustancias químicas conocidas es inmenso é imposible la designación de cada una de ellas por un nombre particular, más ó menos racional ó caprichoso. Para denominarlas ha sido necesario someterlas á una clasificación por las propiedades comunes que presentan y adoptar una serie de principios, á la vez científicos y gramaticales, sobre los cuales sea fácil fundar las reglas necesarias para crear estos nombres. Hé aquí los propuestos por Guyton de Morveau en 1782, y completadas luego por Lavoisier, Berthollet y Fourcroy en 1767, que rigen hoy todavía á la nomenclatura general, salvo algunas adiciones introducidas por nuevos descubrimientos:

1.º Todo cuerpo químico está formado por dos cuerpos simples ó por dos compuestos más sencillos, pudiendo decirse, por lo tanto, que todos son binarios de primero, segundo ó tercer orden. La doc-

trina, fundada en esto, es la llamada teoría dualista: ha sido modificada luego y sustituida por otras doctrinas, pero la influencia profunda que ejerció en la Química ha quedado viva en su lenguaje.

2.º Los nombres de los cuerpos simples deben ser, no una frase, sino una sola palabra: pertenecer en lo posible al género neutro, y prestarse á fáciles derivaciones, como sucede en los términos nitrógeno, sulfur (azufre), yodo, cloro, etc.

3.º Los cuerpos compuestos deben ser designados por dos palabras, una que corresponda al género y otra á la especie. Aquella se tomará del simple ó del compuesto más electro negativo que éntre en la combinación, ésta del más electro positivo.

Sentadas las bases, resta sólo citar los nombres de los simples y clasificar los demás para que sea fácil formar el nombre de todos.

Los cuerpos simples, hasta hoy enunciados como tales, son los siguientes:

Actinio?	Cesio.	Fluor.	Magnesio.	Paladio.	Tántalo.
Aluminio.	Cloro.	Fósforo.	Manganeso.	Plata.	Teluro.
Antimonio.	Cobalto.	Galio.	Mercurio.	Platino.	Terbio.
Arsénico.	Cobre.	Glucinio	Molibdeno.	Plomo.	Titano.
Azufre.	Cromo.	Hidrógeno.	Mosandrio?	Potasio.	Torio.
Bario.	Davio.	Hierro.	Neptunio.	Rodio.	Tulio?
Bismuto.	Decipio?	Holmio?	Niobio.	Rubidio.	Tungsteno.
Boro.	Didimio.	Ilmenio.	Niquel.	Rutenio.	Urano.
Bromo.	Erbio.	Indio.	Nitrógeno.	Samario?	Vanadio.
Cadmio.	Escandio.	Iridio.	Norio?	Selenio.	Yodo.
Calcio.	Estaño.	Itrio.	Oro.	Silicio.	Yterbio?
Carbono.	Estroncio.	Lantano.	Osmio.	Sodio.	Zinc.
Cerio.	Filipio?	Litio.	Oxígeno.	Talio.	Zirconio.

Las sustancias, cuyos nombres hemos señalado con un interrogante, no están bastante estudiadas, ni pueden admitirse más que provisionalmente como tales cuerpos simples. Las citamos para que la lista comprenda todas las que hasta hoy han sido anunciadas como tales, por químicos autorizados y ante respetables cuerpos científicos.

Todos estos cuerpos simples se dividen en dos grupos, muy desiguales por el número de los que en cada uno de ellos se hallan incluidos, que reciben los nombres de *metaloides* y *metales*. En la lista anterior aparecen diez y seis metaloides y sesenta y dos metales. Al comenzar el estudio de las sustancias de cada uno de estos dos grupos, fijaremos los caracteres que entre sí los separan.

Los cuerpos compuestos pueden dividirse en cuerpos compuestos por dos elementos, llamados *binarios*; cuerpos compuestos por tres

ternarios; y cuerpos compuestos por más de tres y muy complejos.

En los cuerpos *binarios*, deben distinguirse aquellos en que entra el *oxígeno*, que son los denominados *óxidos de metaloides*, de *metales* y *anhídridos*, de aquellos en que no entra el *oxígeno* y pueden estar formados por dos *metaloides*, por un *metal* y un *metaloides*, ó por dos *metales*.

En los *ternarios* se hallan comprendidos los que reciben los nombres de *ácidos propiamente tales*, *bases* y *sales*.

COMPUESTOS BINARIOS

Oxigenados.— Los cuerpos formados por la unión del *oxígeno* con un *metaloides* ó un *metal* reciben el nombre, para todos común, de *óxidos* y el específico del *metaloides* ó *metal* que se une al *oxígeno* para constituirlos; así se dice *óxido de nitrógeno*, *óxido de estroncio*, *óxido de cromo*, *óxido de mercurio*, etc.

Muy comunmente el *oxígeno* se combina en distintas proporciones con un mismo *metaloides*, dando lugar á diferentes *óxidos*: para distinguirlos unos de otros, se llama *protóxido* al que tiene menos *oxígeno*, *bióxido* al que tiene doble cantidad de *oxígeno* que éste primero, *trioxido* al que tiene triple, y así sucesivamente; los que tienen triple *oxígeno* que el primero y doble cantidad del *metaloides*, se denominan *sesquióxidos*, así se dice *protóxido de manganeso*, *bióxido de manganeso*, *sesquióxido de manganeso*, etc.

Algunos de los anteriores, tienen la propiedad de poderse unir al *agua*, engendrando los que luego estudiaremos con el nombre de *ácidos*; los que presentan tal caracter se llaman *anhídridos* y se nombran con esta palabra, y el nombre del *ácido* que engendran del modo indicado: se llama *anhídrido sulfúrico*, *anhídrido nítrico*, etc., á los cuerpos correspondientes á los que denominaremos *ácido sulfúrico* y *ácido nítrico*.

Esta misma nomenclatura, puede aplicarse á los *óxidos* semejantes á los de *calcio* y *potasio* ú otros, que reuniéndose con el *agua* forman las llamadas *bases*; pero en este caso se le aplica menos, ajustándose los nombres de los citados cuerpos á las reglas generales dadas en el primer párrafo.

No oxigenados.— Cuando los cuerpos simples que se reúnen son dos *metaloides* ó un *metaloides* y un *metal*, se hace terminar en *uro* el nombre del más electro-negativo, y se pronuncia á continuación, precedido de la preposición *de*, el nombre del otro. Sirvan de ejem-

plo las frases *cloruro de aluminio, yoduro de nitrógeno, sulfuro de hierro, bromuro de potasio, fluoruro de calcio.*

La reunión de dos metales pudiera designarse con arreglo á estos mismos principios; pero se la llama más comunmente *aleación*, pronunciando luego sus nombres, y *amalgama* cuando uno de ellos es el mercurio, que no necesita, por lo tanto, pronunciarse después de nombrar la palabra prescrita. El *cobre* y el *estaño* forman una *aleación de cobre y estaño*; el *mercurio* y la *plata* una *amalgama de plata*. Aquí debe advertirse que los compuestos *ternarios* y *cuaternarios*, etc., de este carácter, se nombran del mismo modo que los binarios.

COMPUESTOS TERNARIOS

Ácidos propiamente tales.—Tal como hoy se les considera es imposible dar una definición exacta de estos cuerpos, antes de exponer algunas doctrinas y principios que estudiaremos á continuación de la nomenclatura. Provisionalmente puede señalarse en ellos el carácter de poseer un sabor más ó menos agrio y el de trasformar en rojo los colores azules de los vegetales, propiedad que sólo es comprobable en los que son solubles.

Se admite hoy que los ácidos contienen todos *hidrógeno*, por más que algunos no hayan podido descomponerse todavía, ni por tanto analizarse, y se dividen en dos grupos: uno el de los que contienen *oxígeno* (*oxácidos*), y otro el de los que no le contienen, á los que se les puede dar la denominación de (*hidrácidos*) que antes se aplicaba á muy pocos.

Las frases con que se distingue á los *oxácidos*, constan de la genérica *ácido* y una específica que se obtiene añadiendo al nombre del cuerpo que se une al *oxígeno* é *hidrógeno* las terminaciones *ico* y *oso*, según que tenga *más* ó *menos* oxígeno. Cuando un mismo cuerpo, ó como se dice en este caso, *un mismo radical*, forma más de dos ácidos, se designan los demás, anteponiendo las partículas *hiper* (sobre) ó *per*, é *hipo* (debajo) á los nombres formados por la regla antes indicada. El *azufre* forma cinco ácidos, y sus nombres derivados del latino *sulfur* son los siguientes en el orden de menor á mayor cantidad de oxígeno: *ácido hiposulfuroso, ácido sulfuroso, ácido hiposulfúrico, ácido sulfúrico, ácido persulfúrico*. Hoy conocemos ya cuatro ácidos formados con el oxígeno é hidrógeno por el cloro, cuyos nombres en el mismo orden son: *ácido hipocloroso, ácido cloroso, ácido clórico, ácido perclórico*.

Debiéramos haber estudiado los *hidradicos* en la sección anterior, porque en su mayor parte son compuestos *binarios*; pero como bajo el punto de vista químico son bastante semejantes á los cuerpos que ahora nos ocupan y se forma su nombre de un modo parecido, hay que prescindir en este punto de la clasificación, y estudiar aquí su nomenclatura. Del mismo modo que los anteriores llevan todos el nombre genérico de ácidos; pero en el específico al nombre del radical, se une la terminación *hídrico* diciéndose *ácido clorhídrico*, *ácido bromídrico*, *ácido yodídrico*, *ácido fluorhídrico*, etc.

Bases.—Las mismas dificultades tenemos en este momento para fijar bien el caracter de las bases que tuvimos antes para el de los ácidos; sólo en términos generales, como en el caso de aquellos, puede decirse que las bases solubles poseen un sabor cáustico, devuelven el color rojo á las tinturas azules vegetales que han sido tratadas antes por ácidos, y las enverdecen obrando directamente sobre ellas.

Hoy se consideran como verdaderas bases á las combinaciones del agua con los que llamamos antes *anhidridos de base*, y se las designa con cualquiera de los dos nombres genéricos *hidrato* ó *hidróxido* y el nombre del cuerpo que se une al *oxígeno* y al *hidrógeno* para formar la base; así, cuando este es el *calcio* se puede decir *hidrato de calcio* ó *hidróxido de calcio*; cuando es el *sodio*, *hidrato* ó *hidróxido de sodio*.

Sales.—Son cuerpos resultantes de la acción de los *ácidos* sobre las *bases*, bien se admita con los dualistas que los primeros se reunen directamente á las *segundas*, ó bien con los partidarios de doctrinas más modernas que una parte del *ácido* se *sustituye* á una parte de la *base* para engendrar la *sal*, cuerpo ternario como los de ambos grupos.

Los nombres de las sales responden mejor que los demás á la doctrina dualista que presidió á la adopción de la nomenclatura química. Constan siempre del nombre del ácido en el cual se ha cambiado la terminación *oso* por la *ito*, y la *ico* por la *ato*, y del nombre del metal que entraba en la base, tal como él se pronuncia ó adjetivado. La sal formada por la acción del ácido *nítrico* sobre el *hidrato* de *cobalto* se denomina *nitrato de cobalto* ó *nittrato cobáltico*; la formada por el *hiposulfuroso* y la *base de sodio*, *hiposulfito de sodio* ó *sódico*; con el ácido *hipoclorico* y el *hidrato de calcio* el *hipoclorato de calcio* ó *cálcico*.

Estos son los principios y estas las reglas más generales sobre las cuales se haya fundada la nomenclatura química; en algunos nombres de compuestos se indican además cualidades que podremos comprender mejor después de conocer lo que son los *equivalentes químicos* y los *pesos atómicos*; muchos nombres antes no citados responden á teorías que indicaremos luego, siquiera sea á la ligera; otros todavía usados se conservan por tradición y no responden á sistema alguno. Nada de esto añade, sin embargo, grandes dificultades á la nomenclatura química, y en el estudio particular de los cuerpos se completan estas nociones sin mucho trabajo.

Hay también una escritura química que es tan importante de conocer como la nomenclatura, y cuya teoría se comprenderá muy fácilmente después de estudiar, según lo haremos, las leyes fundamentales de esta ciencia.

Combinación y disociación química.—Leyes fundamentales.— Los fenómenos fundamentales que el químico estudia son: la reunión de dos cuerpos simples ó de dos compuestos para dar origen respectivamente ó á un compuesto ó á otro compuesto más complejo que difiera de los que le engendran en todos, ó al menos en muchos de sus caracteres; el desdoblamiento de un compuesto en otros compuestos más sencillos ó en los simples que le forman. Cuando las primeras condiciones se cumplen, se dice que se ha realizado una *combinación*, cosa muy distinta de la *simple mezcla*; cuando se realizan las segundas, se ha efectuado una *disociación*.

En el estudio de las *combinaciones* deben distinguirse: las condiciones para que se realice; los fenómenos que se observan en el momento de efectuarse; sus resultados, y la proporción en que entran los elementos componentes para formar el compuesto que en ella se engendra.

1.º Los cuerpos no obran unos sobre otros más que cuando uno al menos se encuentra en el estado líquido ó gaseoso, y dos sustancias sólidas pueden permanecer largo tiempo en contacto una con otra, sin que den lugar á un nuevo cuerpo, á menos que una elevación de temperatura determine su fusión ó que la presencia de un líquido permita que una se disuelva para obrar sobre la otra. Esto es lo que ocurre en los casos que parecen excepciones al principio general que acabamos de enunciar, según acontece, por ejemplo, en la formación del *yoduro ferroso* por acción del *yodo*, cuerpo sólido sobre el *hierro* en igual estado; pero en presencia del agua,

donde el primero se disuelve, aunque en pequeñas proporciones.

2.º En el momento de verificarse la *combinación* se producen cambios de temperatura, muchas veces desprendimiento de luz y casi siempre desarrollo de electricidad, bien apreciables, es decir, en suma, desplegamiento de todas las fuerzas naturales.

3.º La materia química resultante tiene propiedades muy distintas y á veces diametralmente opuestas á las de sus componentes, según ya hemos dicho.

4.º Por último, las proporciones en que entran las diversas sustancias simples para formar los compuestos, ó los compuestos sencillos para formar los más complejos, son siempre las mismas en cada caso, de tal modo que si en una ocasión se ha comprobado que entran ocho gramos de azufre y veinte de un metal para constituir su sulfuro, esta relación de dos á cinco se mantendrá siempre, necesitándose *sesenta* gramos del segundo para reunirse á *veinte y cuatro* del primero, y *ochenta* para combinarse con *treinta y dos*.

Esta ley, una de las más fundamentales de la química, recibe el nombre de *ley de las proporciones definidas*, y se enuncia diciendo: *los cuerpos se combinan siempre en proporciones fijas é invariables que no dependen de los agentes y circunstancias que influyen en la combinación.*

Ocurre también muchas veces que un mismo cuerpo se combina con otro en dos ó más proporciones distintas, pero para originar también dos ó más sustancias diferentes. En cada uno de estos casos se cumple siempre por separado la ley anterior, y además se observa que las cantidades de uno de los cuerpos que se unen al otro para engendrar las diversas materias citadas, guardan entre sí relaciones muy sencillas. El cloro se une con el manganeso para formar dos cloruros; el oxígeno se une con el azufre, conforme ya hemos indicado, para formar cinco ácidos. Si en cualquiera de estos casos consideramos la cantidad de uno de los cuerpos que se une al otro para engendrar el compuesto más sencillo, veremos que son dobles y triples, etc., las cantidades que de uno de ellos se unen á la misma del otro para engendrar los compuestos más complejos.

Catorce partes de *nitrógeno* se unen con *ocho* de *oxígeno* para formar el *óxido nitroso*, que es el menos oxigenado de los compuestos del *nitrógeno* que hasta hoy conocemos; las mismas *catorce* de *nitrógeno* se unen con *diez y seis* de *oxígeno*, ó lo que es lo mismo, con *doble cantidad* de éste, para formar el *óxido nítrico*, las mismas

catorce del primero con *veinticuatro* del segundo para formar el *anhidrido nítrico*, las mismas *catorce* con *treinta y dos* de oxígeno para constituir el *peróxido de nítrógeno* ó *ácido hiponítrico*, según se le denominaba antes, y así sucesivamente. Esta ley tan importante como la anterior, es la que recibe el nombre de *ley de las proporciones múltiples*.

Queda establecido, con lo que acabamos de decir, que las relaciones de los pesos en que dos cuerpos se combinan pueden fijarse siempre por las relaciones abstractas de dos números para uno de los compuestos que aquellos formen, y por las de los números múltiples y submúltiplos de estos primeros números, para los demás compuestos.

Estas relaciones serían tantas cuantas fueran las combinaciones dos á dos de todos los cuerpos simples y compuestos conocidos, y se haría, por tanto, imposible recordarlas bajo esta forma: pero si suponemos que se toma uno de ellos por unidad, bastará fijar en este caso cuál es el número de cada cuerpo que expresa con la unidad la relación que se desea conocer, para que inmediatamente se comprendan en todos los demás, cuáles son las relaciones entre cada dos; si ocho partes de oxígeno se combinan con una de hidrógeno para formar el compuesto que se tome como tipo y *catorce* de nítrógeno se combinan también con uno de hidrógeno para formar el compuesto tipo, ocho de oxígeno se combinarán con *catorce* de nítrógeno. Estos números *ocho de oxígeno, catorce de nítrógeno, treinta y cinco y cinco décimas de cloro*, que pueden combinarse con uno de hidrógeno, expresan las *proporciones* en que todos estos cuerpos se combinan, y al mismo tiempo parecen indicar las cantidades en que unos pueden sustituir á otros, representando en cierto modo algo de semejante; de aquí los nombres de *números proporcionales* ó de *equivalentes* con que se les conoce.

Estas son, brevemente indicadas, las leyes más fundamentales de la Química clásica. El exámen de las *disociaciones* ó descomposiciones parciales de los cuerpos, el más atento de las combinaciones, que se ha realizado en estos últimos tiempos, el estudio concienzudo de las influencias de calor, de luz, de las fuerzas de gravitación y moleculares, de la electricidad, y la consideración novísima de que no son inertes, ni dejan de ejercer poderosa influencia las masas de los dos cuerpos que se ponen en contacto para obtener un producto, y de las que quedan en exceso sin haber entrado en la combinación; todas estas observaciones, han abierto nuevas vías

á la Química, y han llevado á un conocimiento más racional de los fenómenos químicos, y á una consideración menos material y más dinámica de los mismos.

Hoy se sabe que ninguna de las reacciones que observamos es simple: al mismo tiempo que dos cuerpos se combinan en parte, se verifican también disociaciones, y el resultado obtenido debe considerarse únicamente como el establecimiento de un equilibrio que depende de las cien fuerzas semejantes á las antes indicadas que en él han intervenido, y que cualquier cambio de circunstancias puede á cada paso cambiar de un modo más ó menos profundo, según se observa todos los días en los laboratorios.

El conocimiento de muchas leyes que regulan estos fenómenos, sirve de base para la nueva rama de la ciencia; ó mejor dicho, para el nuevo modo de mirarla, que se denomina *Mecánica Química* (*).

Teoría Atómica.—Todos los cuerpos son divisibles. Un pedazo de papel, un trozo de madera, un alambre de hierro pueden separarse en dos ó más partes, y éstas á su vez en tantas cuantas permita la delicadeza de los instrumentos que se empleen para ello. Este es el límite que tiene en cada tiempo la divisibilidad considerada bajo el punto de vista industrial.

Bajo el punto de vista *matemático*, la divisibilidad es ilimitada. Cualquiera puede concebir la mitad, la cuarta parte, la décima, la milésima, la millonésima, etc. de la cosa más pequeña. En la naturaleza, ¿tiene ó no tiene límite la divisibilidad? ¿Se llega ó no á elementos de los cuerpos que es imposible separar en partes?

Estas leyes de las proporciones definidas y múltiples y la existencia de los equivalentes, han sido interpretadas por la generalidad de los químicos en el sentido de que la divisibilidad natural es limitada, pensando en su virtud que al dividir los cuerpos se llega siempre á unos elementos imposibles de dividir, á los que se da el nombre de *átomos*. Estos *átomos* se reúnen unos á otros, constituyendo otra unidad más compleja denominada *molécula*, que se halla formada por *átomos homogéneos* en los cuerpos simples, y heterogéneos en los compuestos.

(*) Los que deseen conocer el estado en que se hallan las investigaciones tan á la ligera indicadas, deben consultar las memorias de los profesores de Cristianía, *Guldberg* y *Waage*, tituladas: *La afinidad química*, que se han publicado en alemán en el *Diario de Química práctica*; las de *Wilhelm, Ostwald* de la Universidad de Dorpat: *Estudios volumétrico-químicos*, (en alemán); los interesantísimos trabajos de *Thomsen*, de Copenhague; las memorias de *E. J. de Mills*: *Principios fundamentales de la Química* y *Las ideas estática y dinámica en Química*, (ambas en inglés), y la obra clásica de *Berthelot*: *Mecánica Química*.

Las proporciones en que se combinan los cuerpos son siempre definidas, según esta teoría, porque toda reacción tiene que efectuarse entre un número fijo de átomos de una sustancia, y otro número también fijo de los átomos de la que á ella se une. Tales son las bases de la llamada *teoría atómica*.

La teoría atómica, tal como Dalton la ha expuesto, puede formularse en una serie de proposiciones sencillas y fáciles de recordar.

La combinación química consiste en la aproximación de unos átomos á otros.

Los átomos de cada cuerpo simple son idénticos entre sí ú homogéneos, reuniéndose dos ó más para formar su molécula; los de los distintos cuerpos simples son diferentes; los que forman la molécula de un compuesto son heterogéneos.

Los átomos no se pueden reunir para formar una molécula, ni separarse los que componen una de éstas, ni ordenarse de otro modo, sin que se realice un *fenómeno químico* y se modifiquen en mayor ó menor extensión las *afinidades* que en ellos juegan. Las moléculas pueden alejarse unas de otras, ó acercarse, ó disponerse de distintos modos bajo la acción de las *fuerzas físicas*.

Según esta doctrina, se deben los *fenómenos químicos* á modificaciones de la molécula, y los *físicos* son todos los cambios en que la constitución de ésta no se altera.

Las relaciones entre los *pesos de combinación* son las relaciones que existen entre los *pesos de los átomos*, y si se cumple la ley de las proporciones múltiples, es porque un átomo de un cuerpo no puede combinarse más que con *uno, dos, tres* del otro, y de ningún modo con *uno y tres décimas, dos y cinco, tres y dos, etc., etc.*

PESO ATÓMICO. — No es posible determinar el peso de un átomo en gramos, decigramos, etc.; pero sí lo es, y hasta relativamente fácil, hallar el de cada cuerpo simple con relación al de uno que se toma por unidad, al del *hidrógeno*, por ejemplo, que es el que se elige de ordinario.

Ha permitido efectuar esta medida el descubrimiento de algunas leyes químicas y la aceptación de una hipótesis fundada en razonamientos lógicos y confirmada luego en sus aplicaciones.

Se recordará que todos los gases tienen próximamente el mismo coeficiente de dilatación.

Se comprimen lo mismo bajo la acción de idénticas presiones.

Ninguna de estas dos leyes es exacta; pero los errores á que

puede conducir el admitirla, cuando se trata de determinar el *peso atómico*, tienen que resultar pequeñísimos y despreciables.

Añadamos á las dos anteriores la siguiente, descubierta por Gay-Lussac: *es siempre muy sencilla la relación entre los volúmenes de dos gases que se combinan, y entre la suma de éstos y el del compuesto que resulta si éste es gaseoso. Dos volúmenes de hidrógeno se unen á uno de oxígeno para formar dos de agua; un volumen de nitrógeno se reúne con tres de hidrógeno para formar dos de amoníaco y uno de cloro con uno de hidrógeno, dando dos de ácido clorhídrico.*

Sentado todo esto, se pueden ya exponer: la hipótesis debida á Avogadro y Ampere, y las dos leyes indicadas.

La hipótesis es que, en igualdad de presión y temperatura, todos los gases simples contienen el mismo número de átomos en un mismo volumen.

Las leyes se formulan diciendo:

1.^a Las densidades de los cuerpos simples en el estado gaseoso son idénticas á los pesos atómicos, siempre que aquéllas y éstos se determinen con relación al mismo gas, y que las de los cuerpos compuestos, en el mismo estado, representan la mitad de su peso molecular.

2.^a Que cuando se multiplica el *calórico específico de cada cuerpo* por el peso atómico del mismo, se obtiene siempre el mismo producto expresado por el número 6'4, salvo los pequeños y necesarios errores de toda determinación experimental.

Esta ley, que va unida á los nombres de Dulong y Petit, dice, expresada de otro modo, *que el calor específico de todos los átomos es el mismo*, y que las diferencias de los calóricos específicos de los cuerpos se deben á la agrupación de los átomos, no á la naturaleza de estos.

Fundándose en los indicados principios, es ya facil determinar el peso atómico de un cuerpo.

Supongamos primero que éste es gaseoso: tomemos el hidrógeno por unidad, si la densidad del primero con relación al segundo es por ejemplo 14-01, como sucede en el nitrógeno, este mismo número expresará el peso atómico; si se eleva á 35'37, según acontece en el caso del cloro, 35'37 será su peso atómico.

Admitamos que se trata de un metal y que su calórico específico sea una cifra cualquiera, la del hierro, 0'1138 por ejemplo, dividiendo el número 6'4 por ésta se obtendría el cociente 55'9, que es

el peso atómico del metal citado; dividiendo 6'4 por 0'0324, que es el calórico específico del oro, resultará como cociente 196'2, que es el peso atómico de la misma sustancia.

Para hallar el peso molecular de un gas compuesto, basta sumar los pesos atómicos de los distintos elementos que le constituyen, teniendo cuidado de doblar y triplicar los de aquellos que entren en la fórmula por dos, tres... átomos y en la suma total se obtendrá lo que se busca.

El peso molecular del agua H_2O se obtiene sumando el peso del átomo de oxígeno 15'96 con dos veces el del átomo del hidrógeno que es 1: la suma 17'96, es el peso buscado.

Atomicidad.—Además, cuando se considera bajo el punto de vista atómico la capacidad de combinación de los cuerpos, se observa que *hay átomos de sustancias* que necesitan para formar un compuesto estable, mayor número de átomos de la sustancia que se toma como tipo, que los que necesitan otras. Sea esta sustancia tipo el *hidrógeno*: un *átomo de cloro* se reúne con otro de *hidrógeno* para formar el denominado *ácido clorhídrico*, y un átomo de oxígeno necesita dos de *hidrógeno* para constituir *agua*. La capacidad de combinación del oxígeno es doble que la del *cloro*. Estas mismas diferencias se observan en otros casos.

No todos los átomos tienen, por lo tanto, la misma fuerza: hay algunos cuyas energías se neutralizan muy fácilmente, y existen otros que necesitan mayores fuerzas en oposición, si han de llegar á un equilibrio químico: estas distintas condiciones se llaman *dinamicidades* ó *atomicidades*, y son las cualidades más fundamentales que deben tenerse en cuenta al estudiar cada cuerpo. En los ejemplos citados podemos decir que el *cloro* es *monoatómico* y que el *oxígeno* es *diatómico*. El *bromo*, el *yodo*, la *plata*, el *sodio* son *monoatómicos*; el *azufre*, el *selenio*, el *calcio*, el *estroncio*, *diatómicos*; el *nitrógeno*, el *fósforo*, el *incio*, *triatómicos*; el *carbono*, el *silicio*, el *estaño*, *tetraatómicos*, etc.

Notación Química y Fórmulas.—En la escritura química se representa por la primer letra del nombre latino de cada cuerpo simple el equivalente de éste ó el peso de su átomo: esta letra se escribe siempre como mayúscula. Si dos ó más cuerpos simples comienzan por una misma letra, se designa de este modo á aquel cuyo conocimiento es más antiguo, y se añade al otro la segunda letra, en minúscula, ó la tercera, ó la cuarta, etc., cuando son más de dos los cuerpos simples que comienzan por una misma letra.

Así, se representan: el oxígeno, por *O*; el hidrógeno, por *H*; el azufre, por *S*, del nombre latino sulfur; el *carbono*, por *C*; el *calcio*, por *Ca*; el *chromo*, por *Cr*; el *cobalto*, por *Co*; el *manganeso*, por *Mn*, etc., etc.

Los cuerpos compuestos pueden representarse de dos modos: ó se ponen unas á continuación de otras las letras que representan los simples que los forman, desde el más electro-positivo al más electro-negativo, indicando además por exponentes el número de los equivalentes ó de los átomos de cada uno de éstos que entran en aquel (CO_2 ácido carbónico, KSO_4 sulfato de potasa, CaN_2O_6 nitrato de cal, etc.); ó se escriben de este modo los compuestos más sencillos y se representan los más complejos escribiendo unos á continuación de otros, y en el mismo orden indicado, los compuestos por cuya reunión se supone formado el que se va á designar (KO, SO^3 sulfato de potasa, CaO, CO^2 carbonato de cal, etc., etc.)

Cuando con estas fórmulas se trata de representar una reacción, se las dispone en una forma parecida á la de las ecuaciones algebraicas, colocando en el primer miembro la representación de las sustancias tales como se encuentran antes de empezada la reacción, y en el segundo su representación tales como quedan al llegarse al equilibrio químico en que suponemos por el momento terminadas las operaciones.

Estas fórmulas son de lo más defectuoso que posee hoy la Química, bastando considerar, para convencerse de ello, que no tienen comunmente representación en ellas ni el calor, ni la electricidad, ni el peso de masa, ni la luz, ni las acciones moleculares, ni muchas fuerzas más que tanto deciden del resultado. En algunas obras alemanas, se pretende remediar esta imperfección con expedientes parecidos al de escribir en ellas la letra *W*, inicial de la palabra *warme*, calor; pero aun así no es mucha la exactitud que se las da.

Manipulaciones químicas. — Son variadísimas y consisten en la disposición de aparatos que iremos estudiando al tratar de cada cuerpo, en la calefacción de muchos cuerpos para ponerlos en mejores condiciones de obrar, en *destilaciones* para separar por este medio los cuerpos que hierven á diferentes temperaturas, en *filtraciones* que permiten recoger por separado los cuerpos sólidos y los líquidos que se hallan mezclados, y en otra porción de operaciones que se conocerán luego.

Para realizarlas, disponen los químicos de un rico material consistente en las denominadas retortas, representadas con la letra *a*

en la fig. 1.^a, de los matraces, A fig. 2.^a, de los crisoles, vasijas de forma cónica ó cónico-truncada, que pueden ser de barro, de cal viva, de grafito, de plata, de platino ó de porcelana de Berlín, de tubos de cristal á los que se encorva de mil modos, de hornillos ordinarios y de gas del alumbrado, de los picos de gas denominados picos Bunsen, de cápsulas, de tenazas, pinzas, cristalizadores, probetas, etc., etc., sin contar los preciosísimos aparatos de uso especial en esta ciencia, descritos en la Física con los nombres de Espectroscopios, Balanzas, Microscopios, Sacarímetros, Eudiómetros y otros destinados á tan diferentes objetos.

Con el fin de evitar las proyecciones de líquidos, acompañan á los aparatos algunos tubos denominados de seguridad, donde pueden elevarse, en caso de proyección, los contenidos en retortas y matraces, en vez de derramarse.

Ácidos, bases, sales.— Á la altura á que nos encontramos, es ya más fácil dar una definición racional de estos cuerpos que nombramos al tratar de la nomenclatura.

Se denominan *ácidos* los cuerpos formados por el hidrógeno cuando éste puede ser sustituido total ó parcialmente por un metal resultando *sales*.

Dáse el nombre de *bases* á las combinaciones del agua con los óxidos metálicos, cuando una parte de sus elementos puede sustituir al hidrógeno de los ácidos para formar sales.

Las *sales* son los cuerpos que resultan de estas sustituciones.

Divisiones de la Química.— La Química se ha dividido: en pura y aplicada, según que estudia la afinidad, las combinaciones y los hechos por sí mismos ó los examina en vista de las principales ventajas que puede sacar la humanidad de su conocimiento: en *general* y *particular*, ocupándose la primera en las leyes fundamentales de la afinidad y de las reacciones, y la segunda en las propiedades de cada una de las materias que hoy se conocen: en *inorgánica* y *orgánica*, según el reino natural de donde proceden los objetos de su estudio.

Estas divisiones, necesarias para el estudio, son todas bastante artificiosas.

METALOIDES.

Hemos dicho ya que los cuerpos simples se dividen en *metaloides* y *metales*.

Constituyen los primeros un grupo, cuyos diferentes miembros

presentan pocos caracteres en común, y la mayor parte de las propiedades que pueden de ellos citarse, en términos generales, son negativas. No tienen el brillo llamado metálico que ofrecen los segundos; no son, como estos, buenos conductores del calor y de la electricidad; en su presencia funcionan como electro-negativos. Se conocen, sin embargo, algunas de carácter más positivo, como la de unirse al oxígeno para formar los denominados *anhídridos* de ácidos y óxidos que no son básicos; pero en último término, debe decirse, que en la sección que nos ocupa se hallan incluidas sustancias gaseosas, líquidas y sólidas poco semejantes entre sí, que no caben lógicamente en el grupo de los metales. Esta separación de las especies químicas en *metaloides* y *metales*, está llamada á desaparecer de la ciencia en un breve plazo.

Los metaloides han sido clasificados por Dumas en las cinco familias siguientes:

Primera.—Hidrógeno, que casi todo el mundo considera ya como un metal gaseoso.

Segunda.—Cloro, Bromo, Yodo, Fluor llamada de los *halógenos*.

Tercera.—Oxígeno, Azufre, Selenio, Teluro (anfígenos.)

Cuarta.—Nitrógeno, Fósforo, Arsénico (nitrogenóideos.)

Quinta.—Carbono, Boro, Silicio (carbonóideos.)

Pueden distribuirse también en grupos por su atomicidad quedando entonces repartidos del modo siguiente:

I.—Metaloides monoatómicos

Hidrógeno, Cloro, Bromo, Yodo, y Fluor, que no se ha aislado todavía.

II.—Metaloides diatómicos

Oxígeno, Azufre, Selenio, Teluro.

III.—Metaloides triatómicos

Nitrógeno, Fósforo, Arsénico, Boro.

IV.—Metaloides tetratómicos

Carbono, silicio.

Metaloides monoatómicos.

Hidrógeno.—Símbolo H. — Densidad I. — Peso atómico I.

Es un gas incoloro, insípido é inodoro. Es 14.47 más ligero que el aire y el cuerpo de menor densidad de los conocidos.

Aparece algunas veces libre en los gases que acompañan á las erupciones volcánicas y en las masas de hierro meteórico. Ambos hechos se han demostrado ya satisfactoriamente.

Unido al oxígeno forma el agua, en la cual entra por una novena parte de su peso.

El hidrógeno arde en el aire con una llama azulada de pequeña intensidad luminosa.

El hidrógeno es absorbido en grandes cantidades por algunos metales que forman con él verdaderas aleaciones. El llamado *Paladio* absorbe *novecientas veces su volumen* de hidrógeno, haciéndose bastante mayor, al mismo tiempo, el volumen de la combinación, perdiendo el paladio brillo metálico, conductibilidad eléctrica, densidad y tenacidad, pero adquiriendo al mismo tiempo la propiedad *magnética*. El químico inglés Graham, que descubrió este fenómeno, le ha descrito detenidamente dándole el nombre de *oclusión* del hidrógeno.

El hidrógeno ha sido liquidado el año de 1877 por M. Pictet á la temperatura de 140° bajo cero y presión de 650 atmósferas. Posee en el estado líquido un color semejante al del acero y choca contra las paredes de la vasija, produciendo un ruido semejante al de las granallas metálicas. La rápida evaporación de este líquido solidifica durante algunos minutos una parte de la misma masa.

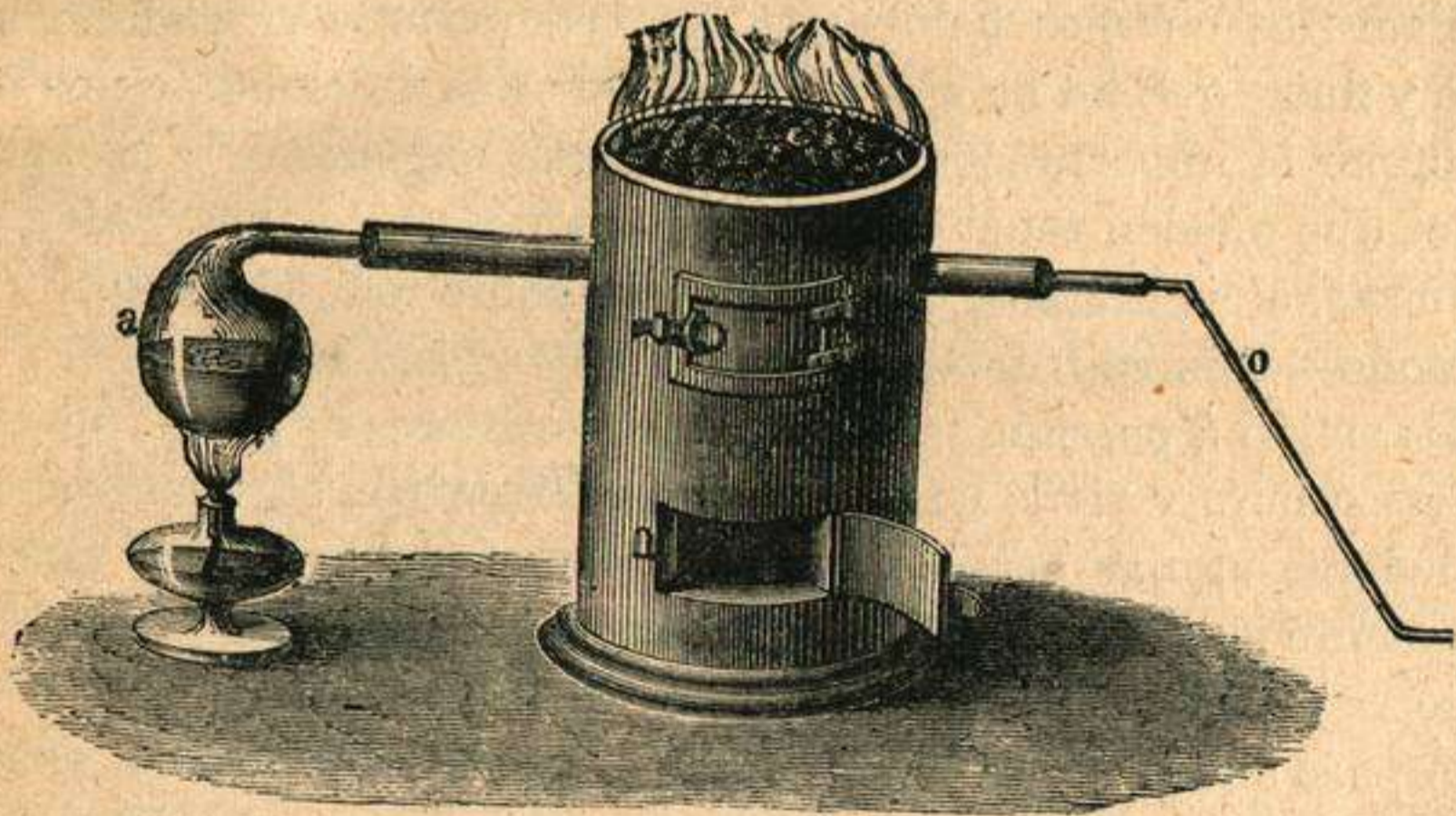


Fig. 1.^a

El hidrógeno es, entre los gases, el que mejor conduce el calor y la electricidad.

En todos estos hechos se han fundado los químicos para considerarle como un metal gaseoso, según indicamos al exponer la clasificación de los metaloides.

Se le puede preparar haciendo pasar vapor de agua por alambre

de hierro calentado al rojo en el aparato representado en la figura 1.^a, *a* es la retorta desde donde se desprende el vapor de agua por la acción de una lamparilla de alcohol: éste atraviesa un tubo de porcelana, donde se encuentra el alambre de hierro, hallándose tubo y alambre enrojecidos por el fuego de un hornillo: el oxígeno se fija, y el hidrógeno se desprende por el tubo *o*.

Se le obtiene más comunmente en los laboratorios, y las clases, tratando las limaduras de hierro, por el ácido sulfúrico diluido en agua. Adaptando al frasco en que se le prepara un tapón y un tubo de cristal con punta afilada, puede inflamarse el gas que sale por ella, mostrando así algunas de sus propiedades; pero debe aguardarse á que el cuerpo llene ya todo el frasco, porque las mezclas del hidrógeno con el aire son detonantes.

La mayor parte de las aplicaciones que tenía antes el hidrógeno no lo son ya hoy por haberse sustituido este cuerpo por el gas del alumbrado; conserva, sin embargo, una gran importancia como agente reductor en los laboratorios.

Cuerpos halógenos.—Los verdaderos metaloides monoatómicos, es decir, aquellos sobre cuya naturaleza no se formulan las dudas que existen respecto á la del hidrógeno, constituyen la familia de los llamados cuerpos halógenos, que comprende al yodo, bromo, cloro y fluor, que no ha sido aislado. De estos únicamente nos interesan, por la importancia de las sales que engendran y las aplicaciones que pueden tener como desinfectantes en los hospitales, ambulancias, alojamientos, etc., el yodo y sobre todo el cloro.

Yodo — Símbolo. *I* — Densidad 4,946 — Peso atómico 127.

Es sólido á presión y temperatura ordinarias. Posee un color pizarra oscuro y tiene lustre metálico. Cristaliza algunas veces en verdaderas agujas octaédricas del sistema romboidal, y más comunmente en escamas del mismo sistema. Presenta olor característico.

Á poco que se eleve la temperatura, y antes de fundirse, se le ve desprender vapores de un color violeta bien marcado. El agua le disuelve en pequeña proporción. El alcohol y el eter son mucho mejores disolventes de este cuerpo.

El yodo forma con el almidón un compuesto de hermoso color azul, mediante el cual puede reconocerse la existencia del último.

Se aplica mucho en medicina.

Cloro — Símbolo *Cl* — Densidad 35,46 — Peso atómico 35,46.

Es gaseoso en las condiciones normales de presión y tempera-

tura. Comprimido á cuatro atmósferas ó enfriado á cuarenta grados bajo cero, pasa al estado líquido. No se conocen todavía los medios que deben emplearse para solidificarle.

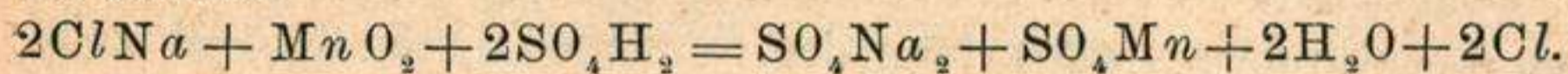
Su color es amarillo verdoso; su olor característico; su sabor acre. Ejerce una acción sofocante cuando se le respira.

Un volumen de agua puede disolver tres de cloro formándose el agua clorurada que se emplea como desinfectante.

Expuesto algún tiempo á los rayos solares, adquiere la propiedad de unirse directamente á diversos cuerpos: en esta condición recibe el nombre de cloro soleado.

El fósforo, el arsénico, el bismuto y el antimonio, arden en atmósferas de cloro.

Se prepara el cloro tratando una mezcla de cloruro de sodio y peróxido de manganeso por el ácido sulfúrico: la reacción se verifica entre dos moléculas del primer cuerpo, una del segundo y dos del tercero.



Se forma: sulfato sódico, sulfato de manganeso, agua y cloro que se desprende.

Se le utiliza en la forma dicha como desinfectante y decolorante.

El compuesto más importante á que da lugar uniéndose con otros cuerpos, es el *ácido clorhídrico*.

Ácido clorhídrico — Símbolo HCl — Densidad 18'23 — peso molecular 36,46.

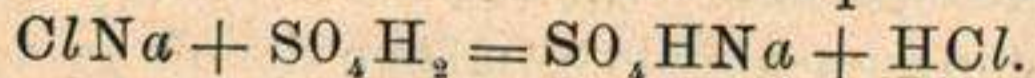
Es gaseoso á la presión y temperatura ordinarias. Á la de 10° y 4 atmósferas de presión aparece líquido. No se le conoce todavía en el estado sólido.

Un volumen de agua puede disolver hasta cuatrocientos ochenta de ácido clorhídrico.

Es incoloro; de olor fuerte y característico; de sabor muy ácido.

Es un veneno activo pudiéndole servir de antídoto el agua con ceniza.

Se le prepara tratando el cloruro de sodio por el ácido sulfúrico.



Tiene numerosas aplicaciones á la medicina y la industria, y en las fábricas de armas se le utiliza en los templos cuando los objetos han de quedar con un color gris mate.

Metales diatómicos.

Oxígeno. Símbolo O — Densidad 15,96 — Peso atómico 15,96.

Es un cuerpo gaseoso á la temperatura y presión ordinaria, incólora, inódora é insípida.

Existe en estado libre en la atmósfera constituyendo próximamente una quinta parte de su volumen. En combinación con otros elementos forma una mitad del peso de la corteza sólida de la tierra y ocho novenas partes del peso del agua.

El oxígeno es el gas comburente por excelencia; una yesca ó un pedazo de carbón que conserven un sólo punto luminoso, después de encendidos, arden con una llama vivísima al ser sumergidos en una probeta llena de este fluido.

El oxígeno es absorbido sin combustión aparente por diferentes cuerpos que estudiaremos luego, señalando en ellos la indicada propiedad.

Fué descubierto en 1774 por Priestley y en 1775 por Scheele, que no tenía noticia de los trabajos realizados por el primero. Lavoisier señaló en 1778, el verdadero papel que jugaba el oxígeno en la naturaleza y sus principales propiedades, pudiéndose decir, que desde este momento comienza la Química como una ciencia sistemática y seria.

El oxígeno ha podido ser considerado como un gas permanente, es decir, como un cuerpo que resistía á enérgicas presiones é intensos fríos, sin cambiar de estado hasta fines del año 1877, en que consiguió liquidarle el físico *Pictet de Ginebra*, mediante la acción combinada de una temperatura de *ciento treinta grados bajo cero* y una presión de *cuatrocientas setenta atmósferas*. Al salir del aparato apareció bajo la forma de un penacho brillante y blanco con una aureola azulada.

El oxígeno se presenta á veces en un estado particular que recibe el nombre de *ozono*. Este cuerpo es gaseoso é incólora como él, pero posee un cierto sabor á marisco y un olor especial. Cambiase el oxígeno en este cuerpo, sin perder ni ganar sustancia, siempre que se electriza enérgicamente. Vuelve el *ozono* á su condición normal de oxígeno, cuando se calienta entre 250 á 300 grados; pero sufre este cambio aumentando al mismo tiempo en un tercio su volumen.

El ozono se encuentra siempre en una pequeña y variable proporción entre el oxígeno del aire; su aumento ó disminución en la atmósfera, no parece ser indiferente para la salud humana, afirmandose por muchos, como hechos concomitantes, su desaparición total y el desarrollo de muchas epidemias; es más enérgico que el

oxígeno combinándose directamente con diversas sustancias, á las cuales éste no se une más que de un modo indirecto; fundándose en una de estas reacciones, se puede determinar su presencia en una masa gaseosa cualquiera.

Estas transformaciones de un cuerpo en otro diferente sin composición ni descomposición de materia química, reciben el nombre de *estados alotrópicos*: ya tendremos ocasión de citar otros ejemplos, mereciendo desde luego indicarse los que luego observaremos en el *azufre* y el *fósforo*.

Lavoisier definió la *combustión* diciendo que era el acto de unirse los cuerpos combustibles con el oxígeno, apareciendo al mismo tiempo fenómenos de calor y luz: hoy se sabe que pueden arder las sustancias en otros gases, como el antimonio en el cloro, y que hay diferentes materias que no arden en el oxígeno: es necesario, por lo tanto, modificar la idea de la combustión y afirmar que se verifica siempre que se desprende luz al combinarse dos cuerpos. Las combustiones que de ordinario observamos y que se verifican en las condiciones normales de hallarse el combustible en contacto con el aire de la atmósfera, son todas, sí, alimentadas por el oxígeno.

Los principales combustibles que cabe examinar, aunque algo impropriamente, dentro de la química llamada inorgánica, serán estudiados al tratar del *carbono*.

Se puede preparar fácilmente el oxígeno, colocando una mezcla de clorato potásico y peróxido de manganeso, en una retorta ó en un matríz como el señalado con la letra A en la fig. 2.^a y calen-

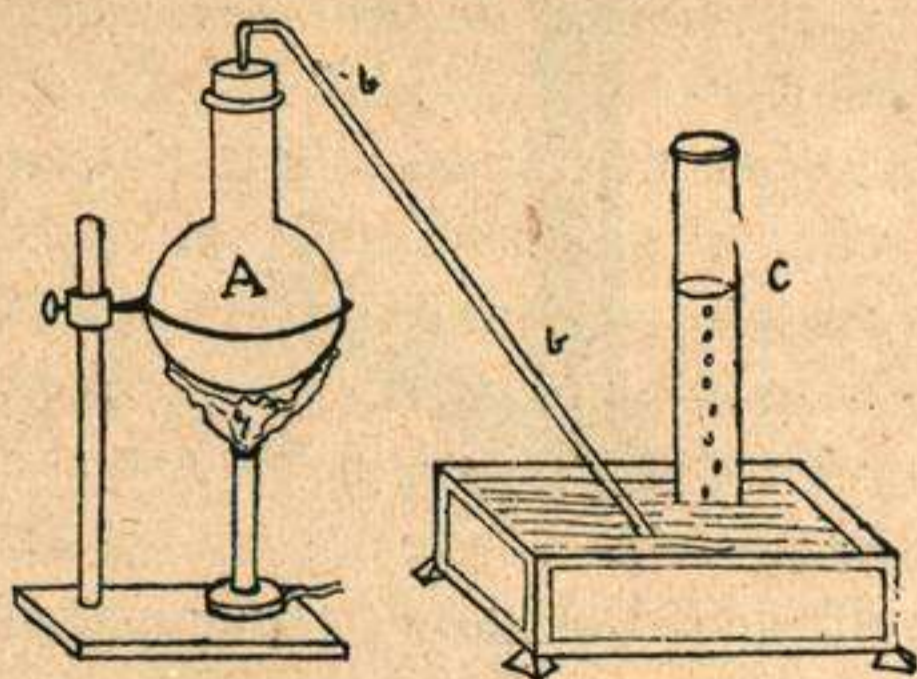


Fig. 2.^a

tando la masa con un pico de Bunsen ó una lamparilla de alcohol: el gas pasa por el tubo y puede ser recogido en una campana C colocada sobre la cuba hidroneumática.

El oxígeno puede obtenerse desde otros cuerpos y por distintos

procedimientos, pero el descrito es el más usado en los laboratorios.

El oxígeno se emplea: en la obtención de la luz denominada oxídrica ó luz *Drumond*; para favorecer la respiración en las ascensiones aereostáticas, como fué aplicado por Croché-Spinelli, Siebel y Tissandier en la famosa cuanto desgraciada ascensión del *Zenith*; en inhalaciones por medio de los aparatos Waldemberg y otros, que producen buenos resultados en Medicina. Tiene gran importancia también en los laboratorios por los cambios que produce su acción en muchas sustancias.

Agua.— Símbolo H_2O .—Densidad 1 (tipo para los líquidos y sólidos).—Peso molecular 18.

Al arder el hidrógeno en el aire se obtiene este líquido tan común y conocido que no es más que la combinación de un equivalente de hidrógeno con otro de oxígeno, ó de dos átomos del primero con uno del segundo.

La composición del agua puede mostrarse por análisis y por síntesis.

Para descomponer el agua se emplea el aparato descrito en la Física con el nombre de voltámetro.

En una vasija de cristal se coloca agua con una pequeña can-

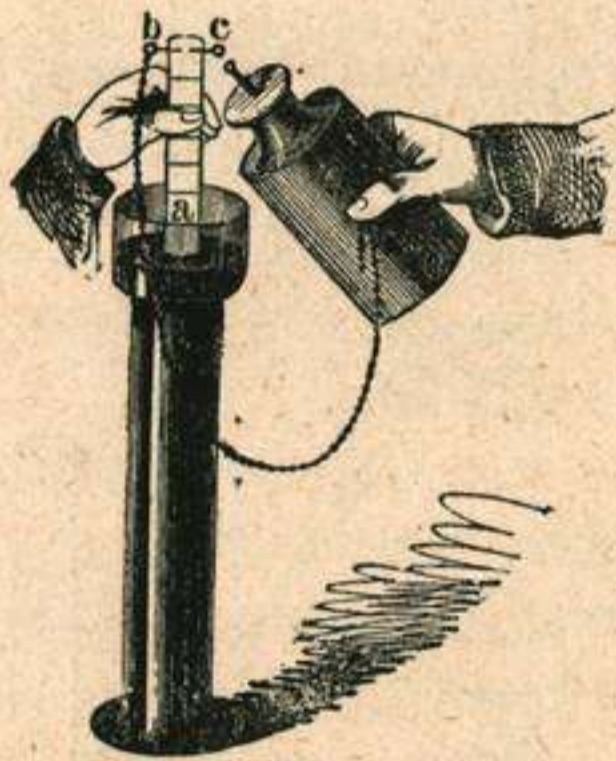


Fig. 3.

tividad de ácido sulfúrico destinado á favorecer la conductibilidad eléctrica; las dos probetas se llenan también de agua y se invierten sobre las laminillas de platino que están en comunicación con las muñequitas, á donde vienen á parar los dos reóforos de la pila. Cuando pasa la corriente eléctrica, ambas probetas se llenan por gases que examinados resultan ser: hidrógeno y oxígeno; el volumen del primero es siempre, en todas las fases de la operación, doble

que el del segundo. Este experimento demuestra que el agua se compone de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno.

Pasemos ahora á la síntesis del mismo líquido. El físico inglés Cavendish, fué el primero que la realizó en 1781, empleando un procedimiento que se sigue todavía en los laboratorios. En un tubo de cristal, muy resistente, denominado *eudiómetro* a fig. 3.^a, hay soldados dos alambres de platino que le atraviesan en todo su espesor, y terminan por dos botones metálicos en la parte interna y por dos anillas ó ganchos *c* y *b* en la externa; el tubo está cerrado por uno de sus extremos, y presenta en toda su longitud una multitud de trazos que señalan divisiones de igual capacidad. Para operar con él se le llena de mercurio y se le invierte sobre una vasija con el mismo metal, á modo de tubo barométrico.

Supongamos que se permite entonces la entrada del hidrógeno hasta que ocupe en su porción superior un volumen de cien centímetros cúbicos; que luego se dirige hacia el mismo sitio una corriente de oxígeno, y que el volumen total ocupado por ambos gases mezclados resulta ser de doscientos centímetros cúbicos. Cuando se hace saltar una chispa eléctrica entre los dos botones metálicos, obsérvase un vivo desprendimiento de luz; la columna mercurial que ocupaba parte del tubo, desciende bruscamente, por la rápida dilatación que experimentan los gases; un instante después vuelve á elevarse, dejando sólo un espacio de cincuenta centímetros cúbicos, ocupado por oxígeno que no ha entrado en la combinación. Entre el residuo gaseoso y el mercurio descansa, sobre éste, una pequeña cantidad de agua condensada.

Resumiendo ahora los hechos é interpretándolos del único modo que es posible interpretarlos, resulta: que cincuenta centímetros cúbicos de oxígeno se han combinado con cien de hidrógeno; que mediante la reunión de ambos cuerpos se ha engendrado una cierta cantidad de agua, y que este líquido se halla compuesto por los dos gases citados en la proporción indicada; toda cantidad que se ponga en exceso de cualquiera de aquellos queda como resto bajo su misma forma gaseosa.

El agua es por lo tanto un cuerpo compuesto y un cuerpo compuesto de fórmula definida, que debe representarse por el símbolo complejo H_2O .

El agua se presenta en la naturaleza sólida, líquida y gaseosa, y es sabido que la temperatura en que pasa de sólido á líquido ha sido elegida para el punto *cero* de las escalas termométricas de

Reaumur y Centígrada, y la de su ebullición para el punto ochenta de la primera y ciento de la segunda.

El agua no se encuentra nunca pura en la naturaleza; contiene diferentes materias sólidas y gaseosas en disolución que conviene separar de ella en algunas ocasiones y determinar en cualidad y cantidad otras veces.

Para obtener *agua químicamente pura ó agua destilada*, basta hacerla hervir y recoger su vapor después de condensado. Esto puede obtenerse con dos aparatos diferentes: 1.º el alambique, figura 4.^a, compuesto de una caldera A, donde el agua se somete á la

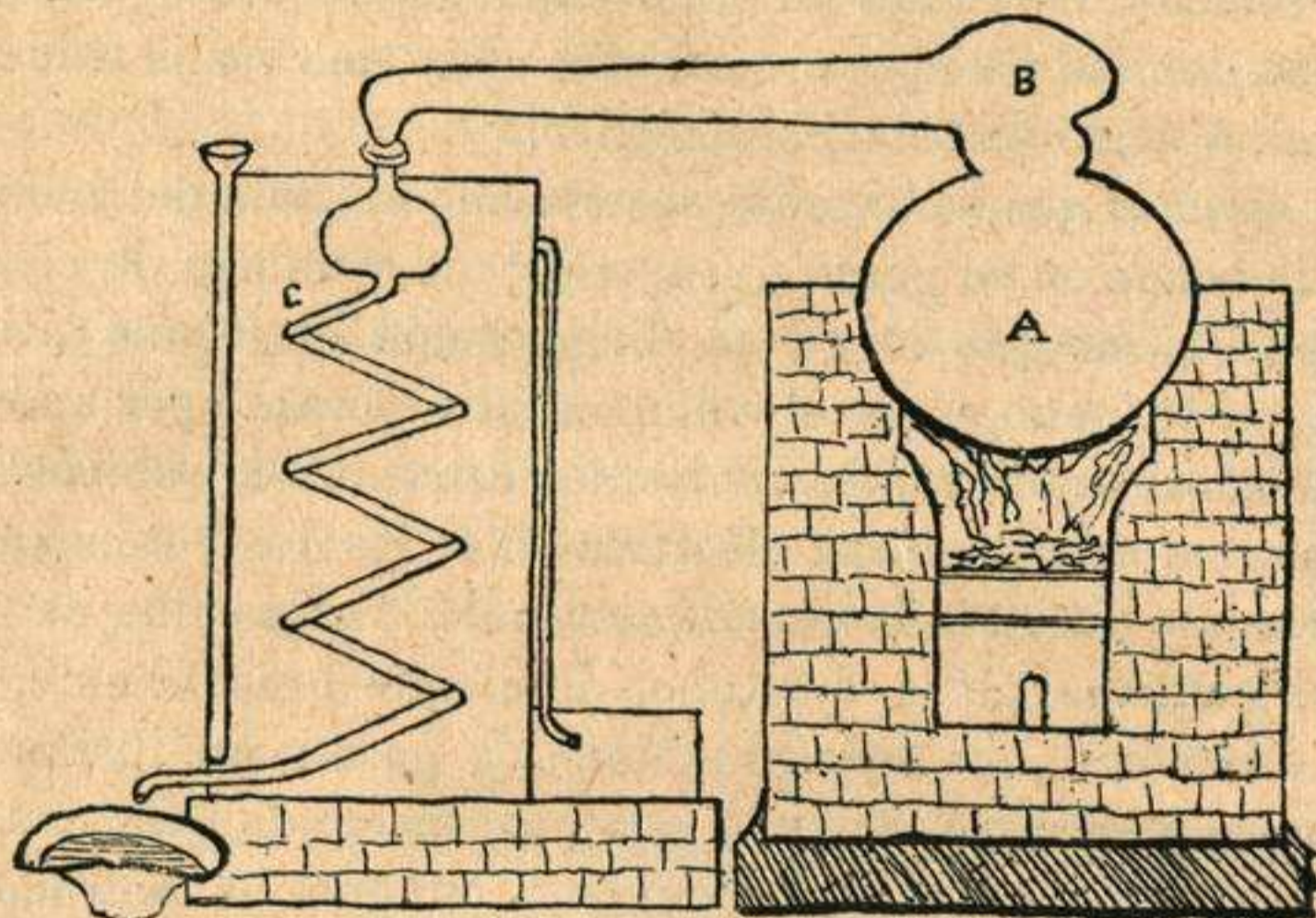


Fig. 4.ª

acción del calor, de una *cucúrbita* B para alojar el vapor desprendido y de un serpentín *c*, donde éste vuelve al estado líquido; 2.º el

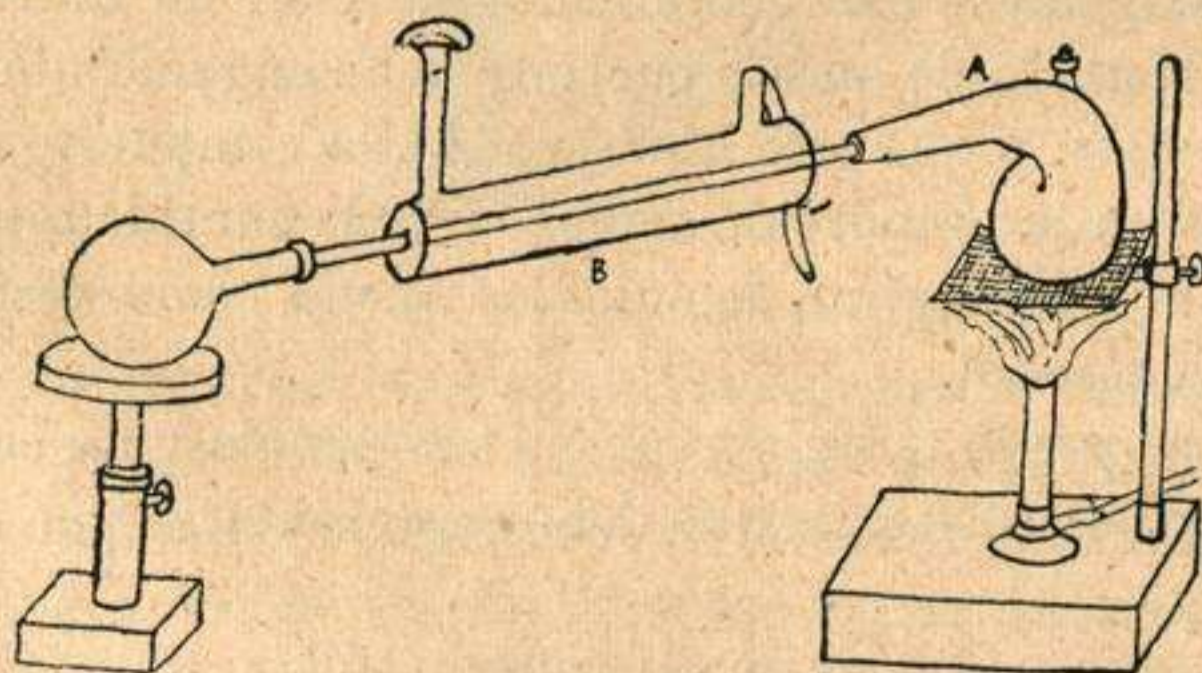


Fig. 5.ª

destinado á todas las pequeñas destilaciones, fig. 5.^a, que consta de

una retorta A donde se calienta el líquido, un refrigerante B, y un matraz para recoger la materia purificada.

Para determinar en cualidad y cantidad las diferentes materias que contiene un agua, es preciso someterla á un análisis delicado, fundándose en el conocimiento de todos los cuerpos que la Química ha de suministrarnos; pero cuando en vez de esto se desea únicamente averiguar si un agua tiene buenas condiciones para la bebida y los usos domésticos, basta ejecutar la operación que se conoce por el nombre de ensayo *hidrotimétrico*.

Se funda esta en que las aguas muy cargadas de cal y de magnesia, *cortan* el jabón formando grumos y no permiten persistir la espuma. Prepárase una disolución con una cantidad conocida de *sulfato* ó de *cloruro de calcio* en un volumen de agua también conocido, y otra disolución de jabón en el alcohol, averiguando cuantos volúmenes de ésta puede precipitar la cal en aquella, llegando á formar luego espuma persistente. Conociendo así el valor de la segunda disolución, es fácil deducir la cal y la magnesia que tiene un agua cualquiera del número de centímetros cúbicos de la disolución jabonosa que es preciso mezclar á un volumen del agua dada para que se forme ya espuma persistente.

Azufre.—*Símbolo* S.—Densidad 1'956.—Peso atómico 32.

El azufre es sólido y puede presentarse *amorfo* en *octaedros* ó en *prismas oblicuos*, mereciendo por esto el nombre de *polimorfo* (muchas formas); su color es amarillo de limón; pero en algunas ocasiones presenta otros matices distintos. Para que el azufre ofrezca algún olor, es necesario frotarle. Carece de sabor.

El azufre es insoluble en el agua y se disuelve muy poco en el alcohol. Las variedades que poseen forma regular, se disuelven bien en la bencina, en el petróleo, en la esencia de trementina, en el *cloruro de azufre* y muy especialmente en el *sulfuro de carbono*.

Calentado á 114°,5 comienza á fundirse; llegando á presentar el aspecto de un líquido amarillo claro, muy flúido cuando la temperatura se eleva á 120°. Entre 200° y 250° su fluidez disminuye en vez de aumentar, hasta el punto de que se puede volcar el *crisol* ó *vasija* en que se halla sin que se vierta la masa fundida. Desde 250° á 300° vuelve á poseer mayor movilidad; pero no tanta como tenía á 120°. Cuando marca el termómetro 440° comienza su ebullición, engendrándose vapores de color anaranjado.

No son las anteriores las únicas singularidades que se observan en el azufre. El vapor de azufre que se condensa por rápido enfria-

miento, produce un polvo amarillo, llamado *flores de azufre*, acompañado por unas vejigas que tienen en su interior azufre líquido. Cuando se le deja enfriar, hasta que forme en su superficie costra sólida, se rompe ésta y se vierte el líquido interior, queda tapizada la cavidad de la vasija por unas *agujas de forma prismática*; cuando se precipita de la disolución en el sulfuro de carbono, aparece en forma de *octaedros*; si las disoluciones han estado sometidas á los rayos solares, el azufre se deposita *amorfo*. Las temperaturas distintas á que se le somete, los disolventes, la luz y diversas condiciones naturales influyen en sus aspectos.

El azufre que ha sufrido una elevada temperatura, se solidifica al descender ésta á $111^{\circ},5$; el que ha pasado poco de 120° , vuelve al estado sólido desde que la temperatura desciende á los *ciento veinte grados* en que era claro y flúido.

Cuando se vierte en agua fría el azufre fundido, se transforma en una masa parda, muy blanda, de aspecto y condiciones semejantes á la goma elástica, que se puede extender en hilos y en láminas delgadas; pero al poco tiempo vuelve á su dureza, fragilidad y color normales, pareciendo que todos los estados son en él transitorios, excepto aquel en que presenta los caracteres con que le describimos al principio.

Químicamente considerado es el azufre un cuerpo de grandísima importancia: desempeña tan pronto las funciones de cuerpo electro-negativo como de electro-positivo, y es á la vez combustible y comburente.

Arde con una llama azulada, produciendo el cuerpo denominado *anhídrido sulfuroso*, siempre que se le calienta á más de 200° en contacto del aire. En su vapor arden los metales despidiendo luces rojas las limaduras de hierro ó de cobre que se arrojan en una vasija, desde donde se está desprendiendo.

Se extrae en grande escala el azufre de tierras que le contienen mezclado con otros materiales, pero en proporciones respetables. Hé aquí las dos operaciones que dan: una el azufre en bruto y otra el azufre refinado y á la vez las flores de azufre.

La primera se practica en las vasijas de barro representadas dentro y fuera del horno en la figura 6.^a A y B. Las interiores se cargan de la tierra azufrosa; el calor del hogar funde primero y vaporiza luego el cuerpo que se desea extraer y éste pasa á condensarse en las vasijas del exterior, desde donde se le extrae para exportarle.

La segunda exige un cilindro de hierro G, fig. 7.^a donde se volatiliza el azufre procedente de la anterior, y una gran cámara A, construida con ladrillos y con una válvula en la parte superior

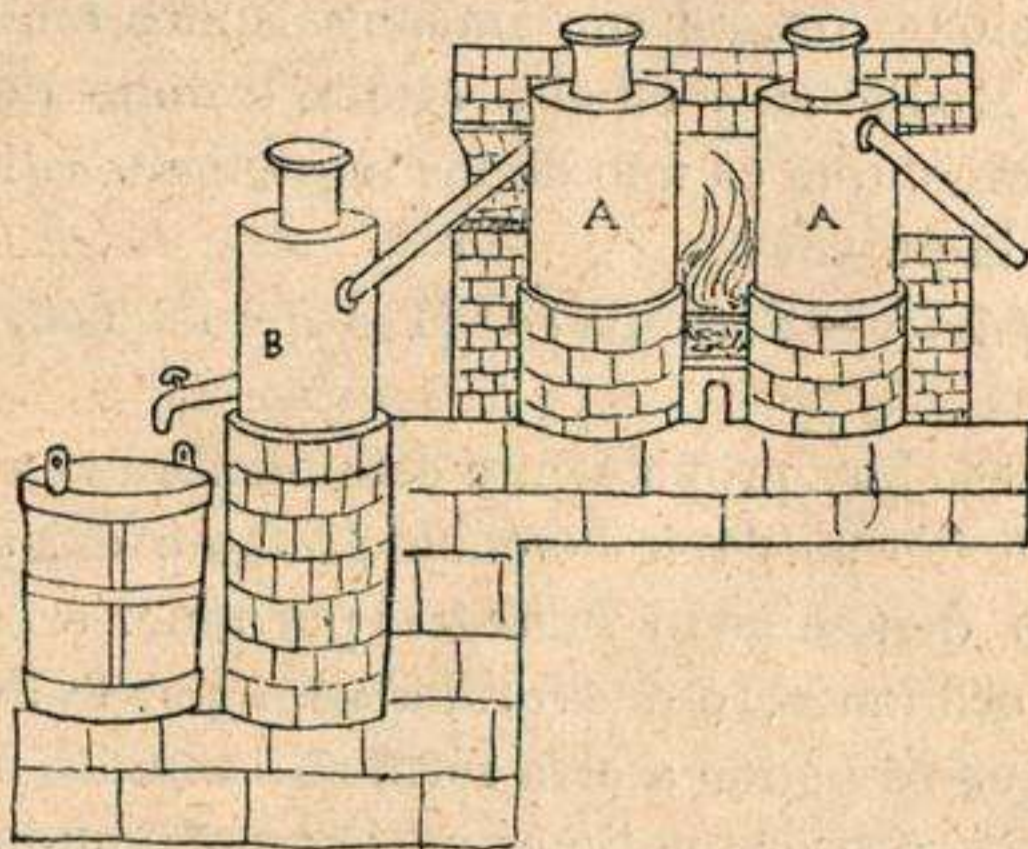


Fig. 6.^a

como precaución de seguridad, á donde llega el vapor de azufre. Las primeras porciones encuentran muy fría la cámara y pasan en seguida al estado sólido, engendrando las *flores de azufre*; el calor

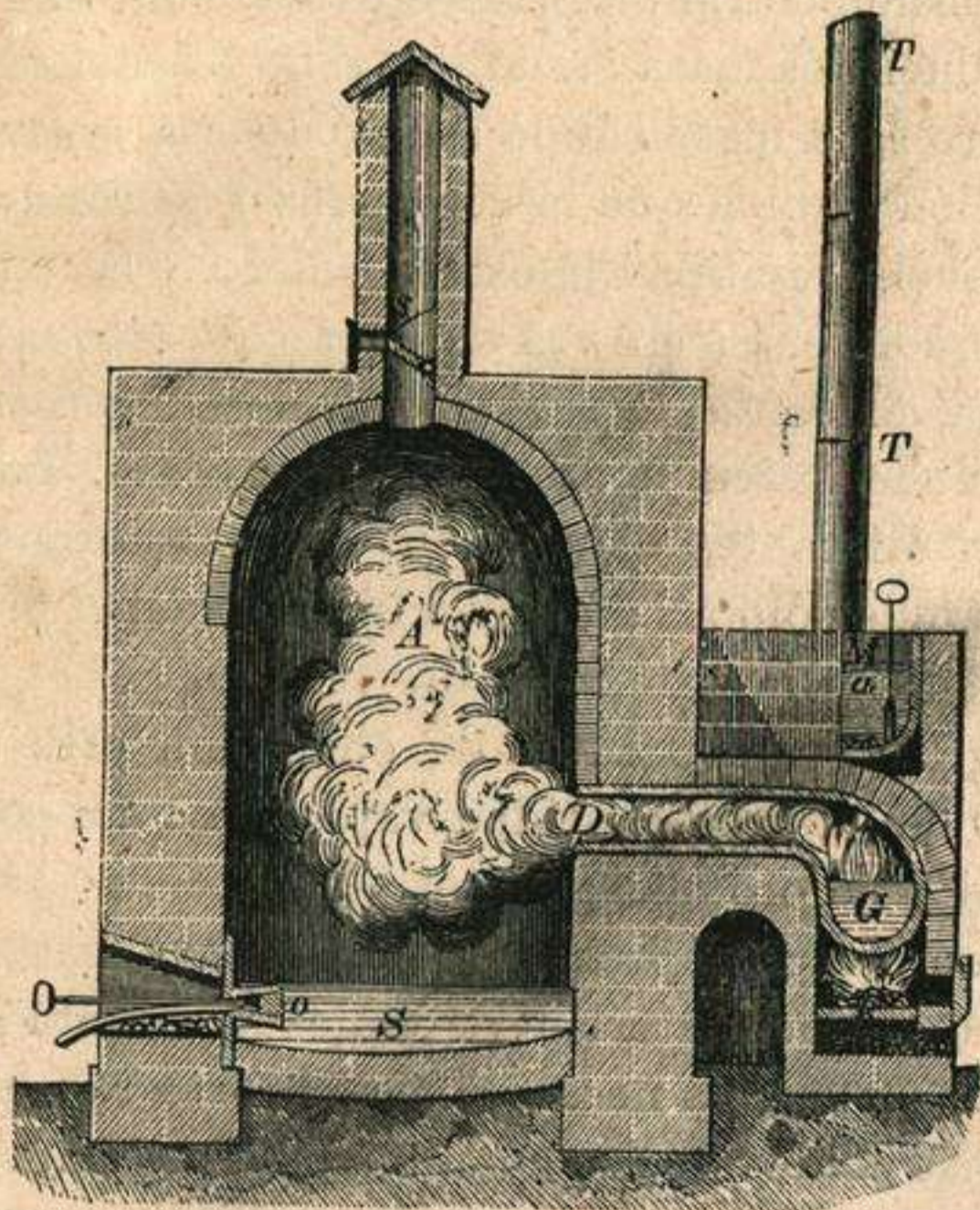


Fig. 7.^a

latente desprendido en este cambio la calienta bastante y las segundas porciones regresan sólo al estado líquido y caen al fondo;

de éste puede retirarse la masa fundida ó dirigirse á moldes, donde se solidifica, tomando al mismo tiempo esa forma de gruesos cilindros ó bastones bajo la cual se le encuentra en el comercio.

Sus aplicaciones ó usos son numerosísimos en la industria, la Farmacia y la Medicina, y en el presente tratado debe recordarse, en primer término, que es uno de los ingredientes que entran en la fabricación de la pólvora.

Acido sulfúrico—Fórmula SO_4H .—Peso molecular; 98.—Densidad, 1,842.

El que merece hoy propiamente este nombre es el que se denominaba antes *ácido sulfúrico monohidratado*; existe además otro *ácido sulfúrico* denominado fumante, por tener esta propiedad de que carece el ordinario, ó de *Nordhausen*, por la localidad donde se le fabrica, que responde a otra fórmula bastante distinta.

El *ácido sulfúrico* ordinario es un cuerpo líquido á la temperatura y presión normales, incoloro é inodoro cuando está puro, y de consistencia oleaginosa.

La temperatura á que se solidifica no es fija, porque en este cambio de estado, el ácido sulfúrico corriente cambia al mismo tiempo de composición. En un primer experimento no se consigue congelarle y reducirle á masa cristalina si no desciende la temperatura á -34° ; pero si la masa sólida así producida se separa con cuidado de la porción líquida que la acompaña y se funde, pasa luego de nuevo con mucha facilidad al estado sólido, á la temperatura de diez grados sobre cero. Si en vez de operar de este modo se añade un poco de agua, el *ácido sulfúrico ordinario* permanece líquido hasta que desciende la temperatura á -80 grados. Parece indicar esto que existen diferentes *ácidos* con el mismo nombre, y según *Marignac*, responde sólo á la fórmula indicada en el primer párrafo el que se solidifica á diez grados sobre cero.

Entre 325 grados y 330 entra en ebullición este cuerpo; pero desde la de 260 da en gran cantidad vapores de un color blanquecino: su ebullición se produce á saltos.

Este ácido enrojece enérgicamente las tinturas azules de los vegetales; desorganiza las materias vegetales y animales, apropiándose de éstas los elementos necesarios para formar el agua, desaloja á todos los demás ácidos de sus combinaciones, siempre que obra á temperaturas más bajas que su punto de ebullición; cuando las temperaturas exceden de 325 grados, es desalojado, por el contrario, de algunos compuestos bajo la influencia de los ácidos fijos. Una rá-

aida é intensa elevación de temperatura acompaña siempre á su mezcla con el agua.

El ácido sulfúrico es un enérgico veneno.

El *ácido sulfúrico ordinario* se prepara en grande escala dentro de las llamadas cámaras de plomo, por la reacción del *anhídrido*

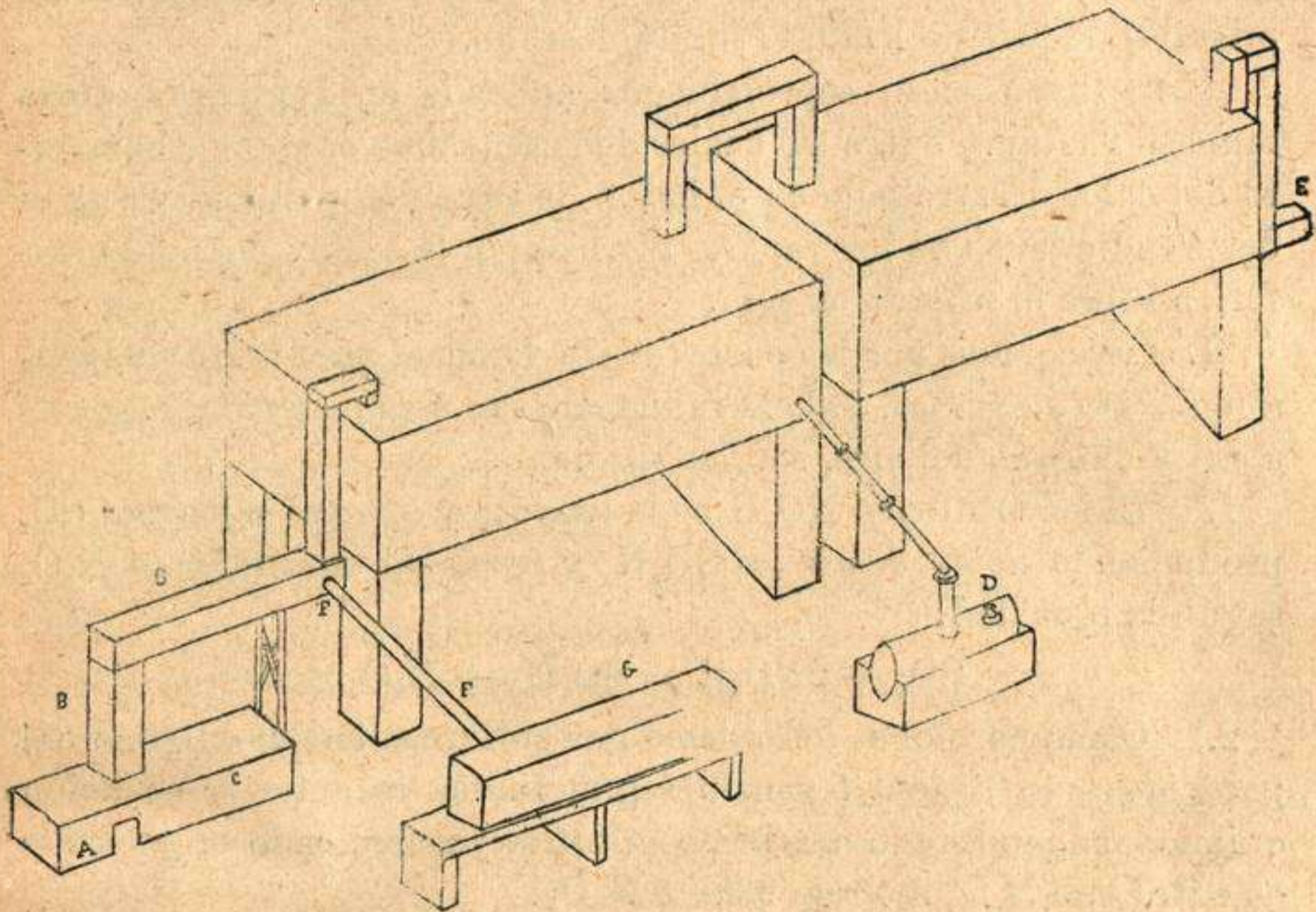


Fig. 8.^a

sulfuroso sobre el *ácido nítrico*. La fig. 8.^a representa la vista en conjunto de dos de estas cámaras y alguno de sus detalles.

Se produce el anhídrido sulfuroso quemando azufre ó tostando los sulfuros de hierro denominados *piritas* dentro del horno representado en A: los gases producidos pasan por el conducto BB á la primera cámara. Encima del horno existe un espacio c que se carga con *nitrate de sosa*, y esta sal, atacada por el *ácido sulfúrico*, da *ácido nítrico*, cuyos vapores penetran también en la primera cámara mezclados con los del anhídrido sulfuroso.

A diferentes puntos de las cámaras se dirige una corriente de vapor de agua que procede de la caldera D, con el fin de favorecer la reacción y precipitar, disueltos en el agua que se condensa, los vapores ácidos engendrados en el interior del aparato. La circulación por todo el espacio interno es mantenida por el tiro de una chimenea que se halla á continuación del conducto E en que termina la segunda cámara.

El ácido sulfúrico formado, muy acuoso é impuro, que corre por el suelo de las cámaras, pasa por el conducto FF á grandes vasijas G recubiertas con plomo, donde se le concentra hasta hacerle marcar una densidad de *un entero setenta y dos centésimas*: no es posible llevar en ellas la concentración á más alto grado, porque el *ácido sulfúrico* atacaría el plomo; pero se continúa en retortas de cristal ó de platino hasta el límite deseado.

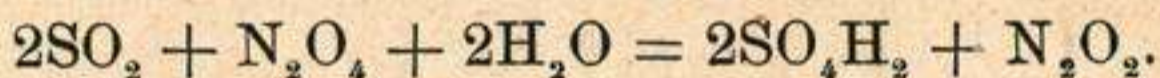
Esta disposición, especialmente aplicada en Inglaterra, tiene muchas ventajas, entre las cuales debe señalarse el aprovechamiento del calor desarrollado en el horno de tostación para favorecer el desprendimiento de los vapores nítricos por la acción del ácido sulfúrico sobre el *nittrato de sosa*.

Las reacciones por las cuales se trasforma el *anhídrido sulfuroso* en *ácido sulfúrico*, bajo la influencia del *ácido nítrico*, vapor de agua y oxígeno del aire, son las siguientes:

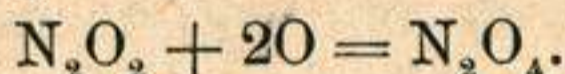
1.^a El ácido nítrico NO_5H cede *oxígeno* y *agua* al *sulfuroso* SO_2 produciendo *ácido sulfúrico* SO_4H_2 y *peróxido de nitrógeno* N_2O_4 según la igualdad:



2.^a Otras porciones del mismo gas sulfuroso toman oxígeno del *peróxido de nitrógeno*, formado según indica la anterior ecuación química, engendrando más ácido sulfúrico y reduciendo el *peróxido de nitrógeno* N_2O_4 á *óxido nítrico* N_2O_2 :



3.^a El *óxido nítrico* absorbe el oxígeno del aire y engendra de nuevo el *peróxido nitrógeno* por la reacción



Engendrado así de nuevo el peróxido de nitrógeno, puede engendrar más ácido sulfúrico y óxido en presencia del gas sulfuroso, repitiéndose alternadamente las reacciones segunda y tercera, y resultando en último término que la transformación del *gas sulfuroso* en *ácido sulfúrico* se verifica á expensas del oxígeno del aire, sirviendo sólo de órgano intermediario los vapores nitrosos. En la práctica no resulta indefinida esta transformación, porque poco á poco se van perdiendo vapores nitrosos.

Fijándose en estas reacciones, se comprenderán también dos cosas que á primera vista parecen extrañas: 1.^a, que intervenga el *ácido sulfúrico* en su propia fabricación, y 2.^a, que este ácido se obtenga á expensas de otro ácido más caro; que es el *nítrico*.

Se le aplica en multitud de industrias, como la clarificación de aceites, fabricación de bujías, obtención de los ácidos clorhídrico y nítrico, del sulfato sódico, etc., etc. Es en los laboratorios el cuerpo que se consume en mayor cantidad, y se le usa mucho en la Medicina.

Metalóides triatómicos

Nitrógeno.—Símbolo N.—Densidad, 14.—Peso atómico, 14.

El nitrógeno es un gas incoloro, insípido é inodoro que se señala por el número de sus caracteres negativos, por no ser comburente como el oxígeno, ni combustible como el hidrógeno.

En Diciembre de 1877 se le ha visto por primera vez en el estado líquido, habiendo sido necesario someterle á una presión de *doscientas atmósferas* y al intenso frío producido por la rápida expansión del mismo gas sometido al experimento. Débese este descubrimiento al físico *Caillietet*.

El *nitrógeno* no se combina directamente más que con el metalóide *boro* y los metales *magnesio* y *titano*, siendo enfrente de las demás sustancias un cuerpo de caracter indiferente bajo el punto de vista químico.

Puede prepararse el *nitrógeno* calentando en la retorta del aparato representado en la fig. 9.^a *nitrito amónico*, que se descompone

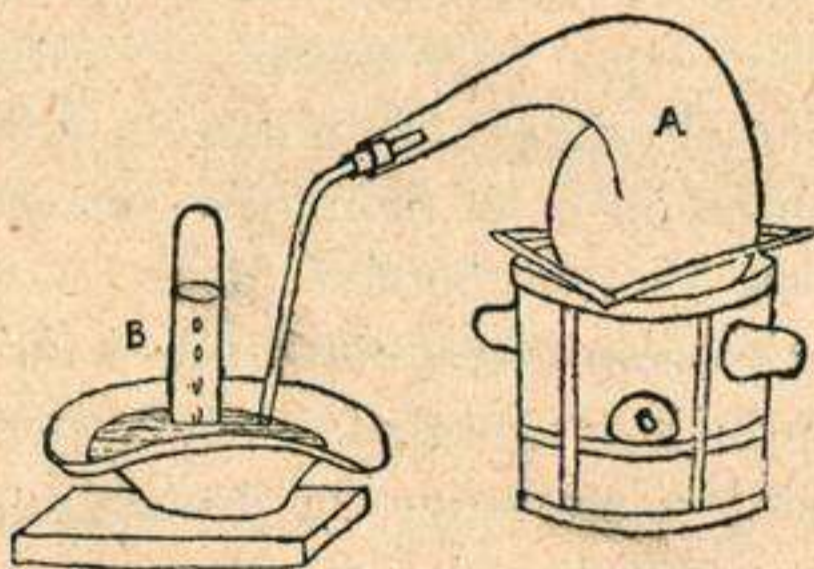
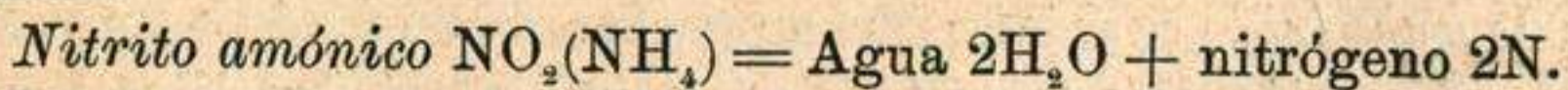


Fig. 9.^a

en agua y en nitrógeno por la reacción representada en la siguiente fórmula:



El gas que se desprende se recoge en la campana B indicada en la misma figura.

En vez de emplear el *nitrito de amoniaco*, puede mezclarse esta sal con el cloruro amónico ClNH_4 , se forma agua, cloruro potásico

KCl y nitrógeno. El aparato es bastante semejante al anterior; pero entre la retorta y la campana debe colocarse un frasco lavador de tres bocas, para que el gas no resulte muy impuro.

Aire atmosférico.—Es una mezcla de *veintiun volúmenes de oxígeno, setenta y nueve de nitrógeno* y cantidades mayores ó menores, pero siempre muy pequeñas con relación á las de los cuerpos indicados, de *vapor acuoso, anhídrido carbónico, amoniaco, un carburo de hidrógeno, granillos de arena, fragmentos microscópicos de diferentes sales, corpúsculos orgánicos de procedencia vegetal, y séres de naturaleza mal definida* que se encuentran á veces á millares en un centímetro cúbico.

El aire es el cuerpo que envuelve por todas partes la tierra que habitamos, formando su atmósfera; el que entretiene la combustión y la vida de todos los séres que la pueblan, y la misma sustancia que, disuelta en el agua, hace posible la respiración de los animales que existen en los ríos, lagos y los mares.

Es un gas inodoro é insípido, diáfano en pequeños espesores, y azulado en los grandes. Se liquida á *doscientas* atmósferas de presión, afirmando algunos que se solidifica á más de trescientas cuando se le enfría mucho al mismo tiempo. Al disolverse sus componentes en el agua, resulta allí en mayor proporción el oxígeno, no pudiendo, por lo tanto, decirse que es el aire atmosférico el que se disuelve, sino otra mezcla distinta. No tiene, de por sí, más propiedades que las que resultan á la vez de la suma y de la neutralización, en parte, de las de los cuerpos cuya mezcla le forma. Es comburente en menor grado que el oxígeno, y lo es sólo por contener este gas: el oxígeno es también en él el principio activo de la respiración, sirviendo sólo el *nitrógeno* de moderador.

Fenómenos que pueden alterar la pureza del aire.—La respiración animal, siempre; la vegetal, las combustiones, los gases desprendidos de los ríos y pantanos, la descomposición cadavérica y una porción de cuerpos desecho de diferentes industrias, son los agentes y fenómenos que obran de consuno, unos con mayor y otros con menor intensidad, para alterar el aire.

En la respiración y la combustión se producen grandes cantidades de *anhídrido carbónico* que aumentan de un modo inconveniente la proporción de esta sustancia: en una atmósfera libre tienden á neutralizarse entre sí algunas de estas influencias; pero en una habitación ó en cualquier recinto cerrado no existen compensaciones y debe tenerse cuidado de renovar el aire.

Los gases procedentes de ríos estancados ó pantanos son todavía menos convenientes, y arrastran además cien gérmenes de enfermedades, y en los que se desprenden durante la descomposición cadavérica, ha reconocido muy recientemente el químico Mr. Le Bonn la existencia de dos sustancias de las denominadas alcaloides, que son mortales para todos los que respiren el aire donde se hayan llegado á acumular en un *diez y ocho mil avo*.

Estas brevísimas indicaciones dicen elocuentemente cuán importante es evitar, por los medios que la higiene enseña, la alteración de la pureza del aire.

Llama.—Al estudiar el aire, conviene hacer algunas indicaciones sobre las *llamas* que se hallan formadas por corrientes de gases en un alto estado de combustión. Los poderes térmico y de iluminación no se desarrollan paralelamente en las llamas, existiendo unas de gran intensidad lumínica y poco calor, y otras que producen elevadísimas temperaturas y apenas son visibles.

En la llama de una bujía es fácil distinguir las siguientes zonas: la central que rodea al pábilo, oscura y formada por el gas que no ha entrado en combustión; la que rodea á ésta, brillante y muy luminosa, formada por gases que sufren sólo una combustión incompleta; la exterior, donde la combustión es completa, poco luminosa y á elevada temperatura.

Empléanse ahora en los laboratorios sencillas lámparas de gas denominadas *picos Bunsen*: el gas del alumbrado marcha en ellos por un tubo que puede ser puesto en comunicación con el aire, mediante unos agujeros colocados en su parte inferior. Cuando los agujeros se hallan abiertos y la comunicación establecida, la llama resulta de pequeña intensidad luminosa y gran poder calorífico; la combustión es entonces completa.

Aplicaciones del aire.—Entre otras muchas pueden citarse hoy: su compresión hasta dos atmósferas dentro de cámaras de palastro para los llamados baños de aire, y esta misma compresión en espacios contruidos de igual modo; pero mayores, para practicar en su interior algunas operaciones químicas. En su utilización se hallan fundadas las máquinas denominadas de *aire comprimido*.

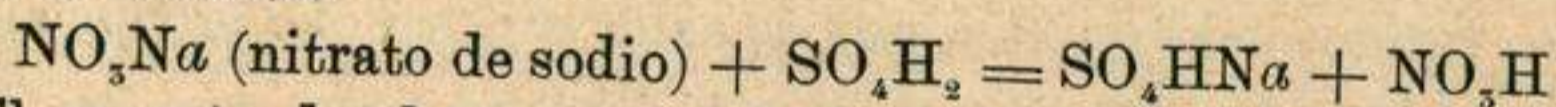
Ácido nítrico.—Símbolo NO_3H — Densidad 1,53 — Peso molecular 63.

Se denomina así, según la nomenclatura moderna, una combinación de *anhídrido nítrico* con un equivalente de agua: recibe tam-

bién el nombre de *ácido nítrico monohidratado* y el común de *agua fuerte*.

El *ácido nítrico* es un cuerpo líquido á la temperatura y presión ordinarias, trasparente é incoloro, cuando está puro, da humos en el aire húmedo, su olor es irritante, hierve á 86° y se solidifica á —50 tomando un aspecto mantecoso; es uno de los ácidos más enérgicos que se conocen; enrojece fuertemente las tinturas azules de los vegetales, destruye todas las sustancias orgánicas con que se pone en contacto, y ataca en frío á muchos metales (cobre, hierro), desprendiéndose unos vapores rojos en los que domina el cuerpo llamado *ácido hiponítrico ó peróxido de nitrógeno*.

Se le puede preparar tratando un nitrato cualquiera por el ácido sulfúrico; pero lo común es no emplear en esta operación más que el de *potasio* ó mejor aún el de *sodio*. La siguiente fórmula representa la reacción:



El aparato donde se practica, fig. 10, consta de la retorta en

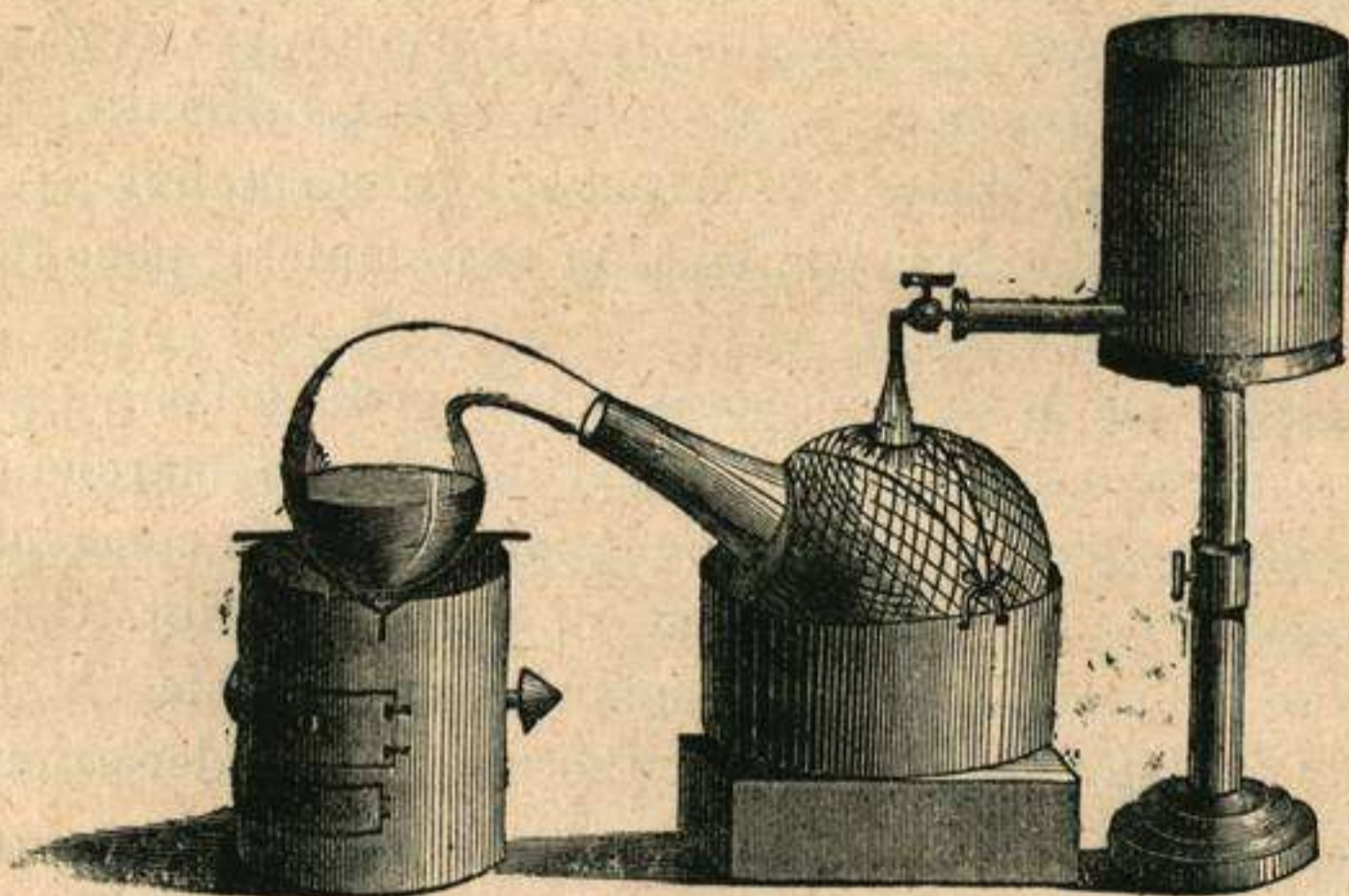


Fig. 10.

que se calienta la mezcla, y un matraz para recoger el ácido producido de la operación: sobre este segundo se coloca un paño mojado que se mantiene húmedo por el agua que cae desde un frasco: de este modo se facilita la condensación del ácido nítrico producido.

Al principio de la operación se observa un gran desprendimiento de vapores rojos procedentes de una parte del ácido nítrico que se descompone al mismo tiempo que se engendra; desaparecen éstos durante el período medio, y vuelven á aparecer anunciando el término del trabajo.

De este modo, se obtiene un líquido algo amarillo que hay que someter á nuevas destilaciones para que resulte más puro.

El *ácido nítrico* tiene importantes aplicaciones bajo los diferentes puntos de vista científico, médico é industrial; se le emplea en grande escala en la fabricación del *ácido sulfúrico*.

Fósforo.—Símbolo Ph.—Densidad, 1,82 á 1,84.—Peso atómico, 31.

Es un cuerpo sólido á la temperatura y presión ordinarias, algo corneo en su aspecto, amarillento blanquecino de ordinario, es incoloro cuando está puro, dotado de un olor característico, que se reconoce fácilmente si se ha sentido una vez.

No se puede conservar al aire sin peligro de inflamación, y esto obliga á guardarle en el seno del agua; comunica á este líquido la propiedad de emitir una luz tibia, ó como se dice por lo común, *de fosforecer*; no se disuelve en él: es muy poco soluble en el alcohol, el eter y las esencias; se disuelve algo más en otros líquidos muy especialmente en el *sulfuro de carbono*.

Si se moja un papel ó una madera con la disolución de fósforo en el sulfuro de carbono, este líquido se evapora rápidamente, el fósforo se precipita muy dividido, ardiendo espontáneamente, y el fuego se comunica á los objetos indicados.

El fósforo se presenta amorfo ó bajo dos formas geométricas distintas, siendo semejante en esto al azufre. Si ha estado disuelto en el sulfuro de carbono, afectan sus masas la forma de *octaedros*; si se precipita desde los demás disolventes, la de *dodecaedros*.

El calor hace sufrir al fósforo modificaciones tan extrañas como las del azufre. Se funde entre 44 y 45 grados, resultando un líquido trasparente y oleaginoso, que no se solidifica luego al volver á la misma temperatura de fusión; es preciso que ésta descienda varios grados. Este líquido no *fosforece* ni se oxida en contacto del aire; al solidificarse toma un aspecto cristalino y opaco.

Envuelto por una atmósfera de nitrógeno ó anhídrido carbónico y sometido á temperaturas de 230°, 240° y 250° engendra el llamado *fósforo amorfo*, dotado de un color semejante al del chocolate, menos inflamable que el ordinario é insoluble en el *sulfuro de carbono*. Al pasar la temperatura de los 250° á los 260°, el fósforo amorfo vuelve al estado de *fósforo ordinario*.

Cuando se vierte en el agua á 0° fósforo fundido á 290°, aparece el denominado *fósforo negro*; es elástico y vuelve al tipo normal después de volatilizado.

Por último, el estado alotrópico del fósforo que presenta caracteres más extraños es el que recibe el nombre de *fósforo metálico*. Aparece en él bajo la forma de unos romboedros transparentes que, mirados por refracción, son rojos y por reflexión presentan brillo metálico. Se le obtiene siempre que se funde plomo en una vasija y se calienta en ella el fósforo aislándole del aire. El metal disuelve al fósforo, y al solidificarse luego, abandona en su superficie los indicados romboedros.

La capa blanquecina que recubre los cilindros de fósforo conservados en el agua, es otro estado alotrópico producido bajo la influencia de la luz. El fósforo se resuelve en vapor incoloro, bastante denso, cuando sufre una temperatura superior á 290°.

El fósforo arde con llama brillantísima; es venenoso en las condiciones normales, pero no en las del fósforo amorfo; se combina directamente con los cuerpos halógenos, y por medios indirectos con muchos cuerpos, engendrando compuestos importantes.

Se prepara el fósforo reduciendo á *fosfato ácido de cal* el fosfato básico de los huesos animales, mediante la acción del ácido sulfúrico diluido, y reduciendo luego este *fosfato ácido* por el *carbón*, operación final que permite obtener libre el *fósforo*. La primera se practica en unas grandes vasijas, y la segunda en retortas de barro, prolongadas con un tubo metálico que las pone en comunicación con recipientes llenos de agua, donde se recoge el fósforo.

El fósforo es la primer materia y sustancia principal en la industria de las cajas de cerilla. Tiene también algunas aplicaciones en Medicina. Sus compuestos las tienen muy importantes.

Arsénico:—*Símbolo* As.—*Peso atómico*, 65.—*Densidad*, 5,63 á 5,9.

Es sólido á la temperatura y presión ordinaria, presentándose en romboedros; posee un brillo comparable al de los metales; su color varía del gris al blanco, y es facil de pulverizar por su fragilidad, que comunica á los metales en donde se encuentra.

Este cuerpo es uno de los que tienen la propiedad de pasar al estado de vapor sin fundirse antes, y sus vapores tienen un olor á *ajo* mejor marcado que el del fósforo. Es bien apreciable esta transformación desde que la temperatura se eleva á 18°. Su vapor es incoloro.

Para observarle líquido es preciso calentarlo dentro de un tubo de vidrio resistente y herméticamente cerrado; los primeros vapores producidos aumentan mucho la presión que se ejerce sobre el cuerpo, é impiden que se volatilice el resto; en estas condiciones se transforma en un líquido incoloro.

El arsénico puede adquirir un aspecto algo semejante al del estaño cuando se le calienta entre 400 y 500 grados. Este es el único indicio de estados alotrópicos.

Calentado al rojo, en presencia del aire, arde el arsénico con una llama azul poco intensa, produciéndose al mismo tiempo el *anhídrido arsénico* en forma de un vapor blanco.

El arsénico muy dividido arde en una atmósfera de cloro; igual fenómeno tiene lugar en las formadas por los vapores de bromo ó de yodo.

Se prepara el arsénico calentando al rojo algunos sulfoarseniuros. Se obtienen con él los llamados *fuegos indianos* y se le utiliza en la fabricación de los perdigones.

Metaloides tetraatómicos

Carbono.—SÍMBOLO C.—*Densidad* desde 2.08 (*grafito*) á 3.55 (*diamante*)—*Peso atómico*, 12.

Es un cuerpo sólido que ha resistido hasta el día las más elevadas temperaturas sin cambiar de estado. Posee color negro cuando se presenta amorfo, y es de una diafanidad perfecta en el estado cristalino. Es insípido é inodoro. Se disuelve sólo en la *fundición de hierro*. Tiene la propiedad curiosa de poder absorber no sólo gran cantidad de gases, sino muchas sustancias líquidas y sólidas.

Estas son las propiedades generales que pueden citarse del carbono; para tener un conocimiento más profundo del cuerpo que nos ocupa, es necesario ir estudiando uno á uno sus diversos estados alotrópicos y las mezclas denominadas *carbones*.

Diamante.—Es el carbono puro cristalizado en *octaedros* ó en otros poliedros, cuyo número de caras puede elevarse desde *doce á treinta y seis*: una de las particularidades de estas formas es presentar curvas todas sus aristas. Carece de color; pero generalmente hay ejemplares teñidos por matices amarillos, pardos, azules ó negros.

Posee gran dureza y gran fragilidad á la vez, de modo que lo mismo raya á todos los cuerpos, sin que ninguno pueda rayarle, que se reduce á menudo polvo bajo los golpes de un martillo. Se tallan en facetas y se pulimentan los diamantes buenos con el polvo de otros diamantes.

Bajo la influencia de elevadísimas temperaturas pierde su diafanidad, adquiere color negruzco, pierde también parte de su dureza,

y la piedra fina, antes de tanto valor, se convierte en un pedazo de carbono amorfo y ordinario.

Entre las muchas tentativas infructuosas para obtenerle artificialmente, merece citarse la de los físicos ingleses *Hannay* y *Hogarth*, porque los resultados por ellos alcanzados no ha mucho, dieron lugar á varias discusiones antes de probarse que los cuerpos duros y cristalinos descritos como diamantes, no poseían los caracteres de éstos.

Es mal conductor del calor y de la electricidad; se electriza por frotamiento; tiene un índice de refracción muy elevado y un gran poder dispersivo.

Arde calentado al rojo, produciendo anhídrido carbónico CO^2 .

Grafito.—Este cuerpo recibe también los nombres de *lápiz plomo* y *plombagina*.

Cristaliza en láminas exagonales y puede presentarse lo mismo compacto que granujiento ó escamoso. Es de un color pizarroso, y mancha los dedos y el papel. Es blando hasta dejarse rayar por la uña, y produce en el tacto impresión semejante á la de los cuerpos ligeramente engrasados.

Las demás propiedades son también opuestas á las del diamante; conduce bien el calor y la electricidad. Arde difícilmente al rojo, y resiste sin ablandarse á elevadas temperaturas.

Engendra el llamado ácido grafitico, cuya fórmula es $\text{C}_{11}\text{H}_4\text{O}_3$, cuando se le somete á la acción de una mezcla de *ácido nítrico* y *clorato de potasa*.

Se encuentra el grafito en la isla de Ceylan, en Cumberland y en algunos puntos de Siberia. Á nosotros nos han mostrado algunos ejemplares, procedentes de los montes de Ciudad-Real.

El grafito se aplica á la fabricación de lápices y crisoles.

Carbones minerales — *Antracita* — *Hulla* — *Lignito* — *Turba*.—

Todos estos carbones parecen formados por el mismo procedimiento natural, aunque en muy distintas fases de desarrollo: como confirmación de esta sospecha, debe indicarse que proceden de distintos terrenos geológicos. El primero se encuentra en los llamados de transición, el segundo caracteriza al que recibe el nombre especial de carbonífero, el tercero yace en los *terciarios*, y masas en las que se anuncia la constitución del último se están formando, aquí mismo en España, poco menos que á nuestra vista. Bueno es sin embargo, recordar, para explicarse algunas excepciones á lo dicho en general, que diversas circunstancias particulares pueden hacer

que las fases de transformación se retarden, y que muchos carbones muy antiguos tengan el aspecto de otros más modernos.

La *antracita* es un carbón muy compacto, negro, brillante, que necesita para arder la influencia combinada de una corriente rápida de aire y una elevada temperatura; pero que dá en cambio mucho calor. La *antracita* tiene ya un 9 ó un 10 por 100 de materias no combustibles mezcladas al *carbón*.

La *hulla* es densa, dura y quebradiza al mismo tiempo; negra; unas veces brillante, si pertenece á la categoría de las llamadas grasas, otras mate, y se la incluye entre las denominadas *secas*. Cuando se la calienta en vasos cerrados desprenden diversos productos gaseosos, y deja el residuo que estudiaremos luego con el nombre de *cok*. Tiene este carbón de 12 á 25 por 100 de materias extrañas; pero algunas de estas son de tanta utilidad como el *carbón* mismo. En España existen numerosas formaciones hulleras ya reconocidas y la mayor parte en explotación. Citaremos las de Asturias y las situadas en diferentes puntos de la *cordillera Mariánica* (Belmez, Espiel, Peñarrolla, Puerto Llano, etc.) Las últimas, colocadas en territorio de diferentes provincias (Córdoba, Ciudad Real, etc.), presentan en común los caracteres de hallarse en afluentes del Guadalquivir (Guadiato, Ojailén, etc.) y en valles, cuyos ejes tienen todos igual inclinación sobre la línea meridiana. Debe recordarse esta particularidad, porque pudiera aplicársela para apreciar el valor de nuevas indicaciones de *hulla*.

La *hulla* es el carbón que recibe más especialmente el nombre de mineral y que tiene más importantes aplicaciones como combustible, para la preparación del gas del alumbrado, y para la de muchísimos cuerpos como la bencina, anilina, etc., de gran importancia en la industria.

Lignito.—Es negro. Conservan muchos fragmentos restos de los vegetales que les han dado origen. Posee dureza y compacidad. Se halla cargado de impurezas, y su dificultad para arder le hace desempeñar un papel secundario entre los combustibles. Algunos de sus ejemplares, de un negro puro y muy compactos, se pulimentan, tornean y utilizan para adorno; son los llamados en el comercio *azabaches naturales*.

Turba.—Tiene un color negruzco agrisado y aspecto bastante terroso. Es el carbón en que menos adelantada se halla la descomposición de los vegetales para dejar libre el *carbón*. Para utilizarla como combustible, es preciso desecarla primero.

Los restantes carbones merecen ya todos el nombre de artificiales. Unos proceden de los anteriores y otros de las transformaciones de sustancias vegetales ó animales.

Cok.—Es un carbón de color gris, brillo algo acerado, estructura compacta ó cavernosa, buen conductor del calor y de la electricidad, que arde con dificultad, y se le utiliza con preferencia al carbón de piedra en todos los sitios donde conviene reducir al mínimun el desprendimiento de los gases que produce este último.

Negro de humo.—Se presenta en polvo ténue. Posee color negro brillante ó negro mate, y dureza bastante considerable. Se produce en todas las llamas alimentadas por sustancias muy carbonosas, y de combustión incompleta. Se le prepara quemando resinas y haciendo que los humos vayan á cilindros de tela, en cuyas paredes se deposita el cuerpo. Se emplea en la tinta de imprenta.

Negro animal.—Es de un negro lustroso y muy poco compacto: se halla dotado en mayor grado que otro alguno de la propiedad de absorber muchísimas sustancias. Se le obtiene calentando al rojo los huesos y otros restos animales en vasijas cerradas; así resulta muy impuro, pero se pueden separar luego las sustancias extrañas triturándole y lavándole con ácido clorhídrico diluido. Se le emplea en la refinación de los azúcares y para decolorar los vinagres procedentes de los vinos tintos y otros líquidos.

Carbón vegetal.—Es el que se emplea más frecuentemente en España en el hogar, y sus caracteres, bien conocidos, son los de presentarse en trozos que recuerdan los de los vegetales con que se le fabrica, ser negro mate unas veces y otras negro brillante, muy comunmente poroso y mal conductor del calor y de la electricidad. Arde con facilidad en el aire.

Para obtenerle se pueden formar pilas de leña con un conducto en medio y varios laterales en la base, por donde circula el aire en el interior, cúbrese con cespéd ó tierra toda la superficie de la pila, excepto los agujeros que comunican con estos canales, y se echa fuego por el conducto central, iniciando así la combustión. Se obtiene de 15 á 18 por ciento de carbón. Es más conveniente encerrar la leña en unos aparatos destilatorios y calentarla allí fuertemente; se alcanza por este método mayor proporción de combustible y se recogen productos líquidos y gaseosos muy importantes.

Anhídrido carbónico.—Símbolo CO_2 .—Densidad 22.—Peso molecular 44.

Es un cuerpo gaseoso á la temperatura y presión ordinaria; es incoloro é inodoro; su sabor es ligeramente picante, según puede observarse en las gaseosas y otras bebidas semejantes; se disuelve en el agua tomando ésta cerca de dos volúmenes iguales al suyo á la temperatura de 0° y presión de una atmósfera, y sólo un volumen á la de 15° é igual presión. Si ésta aumenta, el *anhídrido carbónico* se disuelve en mayor proporción; esto es lo que sucede en las *gaseosas*, agua de *Seltz* artificial y demás líquidos carbónicos, que le desprenden en gran cantidad al destaparse las botellas, porque la presión desciende á una atmósfera.

El *anhídrido carbónico* ó *ácido carbónico* como se le llama impropiamente, se liquida á 0° y 36 atmósferas, resultando un cuerpo incoloro y muy movable. Á 78° bajo cero pasa al estado sólido, bien en forma de copos de un blanco brillante ó en la geométrica de cubos. Á los 1300° se disocia resolviéndose en *óxido de carbono* y *oxígeno*; las chispas eléctricas ejercen igual influencia. En presencia de la materia verde de las hojas, *clorofila*, le descompone la luz; pero permanece inalterable bajo la influencia aislada de ésta.

El *anhídrido carbónico* se desarrolla en las combustiones de los carbones en el aire, cuando es fácil el acceso de éste hasta la masa del combustible; cuando la circulación del aire se hace difícil, se origina en mayor proporción el *óxido de carbono* CO. El ácido carbónico no es combustible, ni comburente, ni sirve para entretener la respiración animal; introducida en él una luz, se apaga; respirado por un animal le produce la asfixia, según puede observarse en las grutas y lugares donde se acumula en gran cantidad, y se ha comprobado por desgracia, en muchos accidentes. Para oponerse á sus efectos, cuando aún es tiempo, basta inyectar en las vías respiratorias del asfixiado una corriente de aire puro.

El *anhídrido carbónico* disuelto en el agua, ó al menos húmedo, es decir, cuando se ha transformado en verdadero ácido carbónico, enrojece, aunque de un modo débil, el papel de tornasol, cambiando su color azul en vinoso: sobre la tintura de tornasol disuelta obra del mismo modo, aunque se le dirija en corriente gaseosa, porque el agua que contiene la tintura produce en él idéntica transformación. Cuando el papel tornasol y el *anhídrido* están perfectamente secos, no hay cambio de color.

Se prepara el *anhídrido carbónico* tratando un carbonato, el *cálcico* por ejemplo, por un ácido, el clorhídrico; se observa enseguida viva efervescencia, debida al gas carbónico que se desprende. El

aparato que se emplea, fig. 11, se compone de un frasco de dos bocas A, un tubo de seguridad *b*, otro de desprendimiento *cc*, y una campana D para recoger el gas sobre la cuba hidroneumática E. El carbonato que se emplee se coloca pulverizado en el fondo del frasco, y por el embudo en que termina el tubo *b* se echa el ácido.

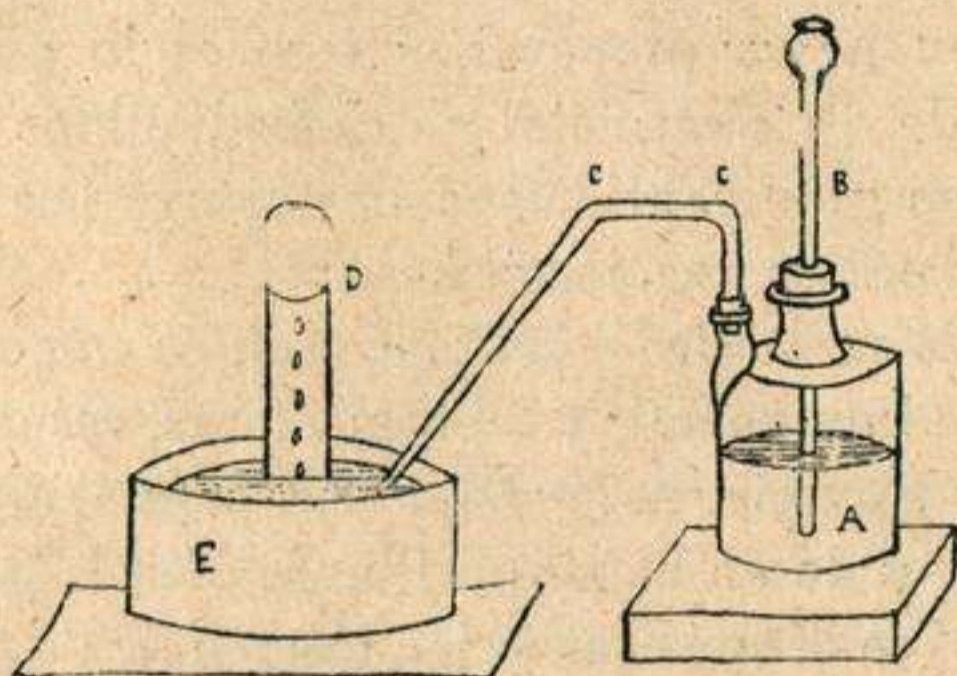


Fig. 11.

El ácido carbónico se aplica á la fabricación de un gran número de bebidas gaseosas, grog espumoso, etc., en aparatos industriales dispuestos para disolverle en el agua á gran presión. Deben á su presencia algunas de sus cualidades otras bebidas, como las cervezas, los vinos de Champagne y otros varios, las sidras, etc.

Óxido de carbono.— Símbolo, CO. — Densidad, 14. — Peso molecular, 28.

Es un gas incoloro, inodoro é insípido que se había creído permanente como el oxígeno, hidrógeno y nitrógeno, hasta el Diciembre de 1877, en que el físico Cailletet consiguió liquidarle bajo una enorme presión y un gran descenso de temperatura.

Este cuerpo es muy venenoso; se produce en todas las combustiones de carbón incompletas, y de esto procede que sean mucho más peligrosos los hornillos y braseros mal encendidos que aquellos en que el combustible arde fácilmente con libre acceso del aire.

Bajo la acción de los rayos solares se combina directamente con el cloro, engendrando el llamado *gas fotógeno* ó *cloruro de carbono*, que tiene un olor fuerte y sofocante, y la propiedad de desdoblarse en *anhídrido carbónico* y *ácido clorhídrico*, al ponerle en contacto con una cantidad suficiente de agua.

El *óxido de carbono* es combustible y arde con esa llama azulada que se observa en algunos hornillos, produciendo el *anhídrido carbónico*.

Se prepara el *óxido de carbono* haciendo pasar una corriente de

anhídrido carbónico por un tubo de porcelana ó de hierro lleno de carbón enrojecido, ó calentando el óxido de zinc con carbón á una temperatura elevada; se produce el gas deseado y zinc metálico.

Se le utiliza como agente reductor.

Gas del alumbrado.—Es una mezcla muy compleja, sin caracter químico definido, en la cual predomina el llamado *gas oleificante*, hallándose unidos á éste en proporciones variables los cuerpos denominados *acetileno*, *butileno*, *estiroleno*, *propileno*, *bencina*, *naftalina*, *acetil-naftalina*, *propilo*, *butilo*, *hidrógeno*, *óxido de carbono*, *carburo tetrahídrico*, *nitrógeno*, *amoníaco*, *anhídrido carbónico*, *sulfuros de carbono*, *carburos de hidrógeno sulfurados*, *cianógeno*, *sales de cianógeno* y otras sustancias. Se suelen separar estos cuerpos en los tres grupos: de los *iluminantes*, que comprende los *nueve* primeros; los *poco iluminantes*, en que se incluyen los *tres* siguientes, y los que impurifican el *gas*, que son todos los demás.

Durante muchos años se han atribuido las principales virtudes de iluminación al etileno y los demás hidrógenos muy carburados; pero hoy, después de realizados los experimentos que indicamos brevemente á continuación, se señala como el primer cuerpo que influye en la intensidad luminosa al vapor de *benzol*. *Berthelot* ha demostrado que en el gas de París entra éste en la proporción de un 3 á un 3,5 por 100, mientras sólo existen ligeros indicios de aquéllos. *Dittmar* ha ensayado la combustión de tres volúmenes de hidrógeno con uno de *etileno*, obteniendo una luz poco intensa, y la del hidrógeno con tres por ciento de *benzol*, que da una llama brillantísima. *Frankland* y *Thorne* han reunido un cierto volumen de *benzol* (un pié cúbico) con *hidrógeno*, *óxido de carbono* y *gas de los pantanos*, obteniendo las intensidades luminosas de 69,71 bujías con el primero, 73,38 con el segundo, y 92,45 con el tercero.

Las proporciones en que entran todos los cuerpos cuya mezcla forma el gas del alumbrado varían mucho, según las diferentes clases de gas: en el ordinario de Londres son, según el Dr. *Letheby*, 46 de hidrógeno, 39,5 de los hidrógenos ligeramente carburados, 3,8 de los hidro-carburos fácilmente liquidables, 7,5 de óxido de carbono, 0,6 de anhídrido carbónico, 2 de vapor acuoso, 0,1 de oxígeno y 0,5 de nitrógeno. En el gas superior, que se consume en algunos establecimientos oficiales de la misma ciudad, sube á 50 por 100 la proporción de los hidrógenos ligeramente carburados, y descendiendo á 27,7 la del hidrógeno.

Las principales propiedades del gas del alumbrado son bien co-

nocidas: es incoloro; de olor característico; posee densidades variables, pero es siempre más ligero que el aire, y mezclado en ciertas proporciones con éste, produce mezclas detonantes, cosa que debe tenerse muy presente. Se le emplea en unos motores especiales llamados de gas, además de utilizarle en el alumbrado.

Fabricación del gas.— Un estudio completo de los diferentes sistemas empleados para la obtención en grande de este cuerpo, exigiría un extensísimo volúmen: nos limitaremos á indicar en general las diferentes operaciones de esta industria, que son: *destilación, condensación, agotamiento, lavado, purificación, medida, acumulación en los recipientes y distribución* á los diferentes sitios en que ha de ser consumido.

El gas se obtiene por la *destilación* de las hullas en unas retortas que se construyen de materiales variados, como hierro, gres, ladrillos, dándolas formas cilíndricas, de bovedillas ú otras diversas; que se colocaron al principio verticalmente, habiendo demostrado la experiencia que es mejor para su facil limpieza disponerlas en sentido horizontal. El fuego no se aplica hoy por la parte inferior en las buenas fábricas, sino que su acción se distribuye, en lo posible, por igual sobre toda la superficie.

Desprendido en las retortas, pasa el gas por unos tubos que le llevan al *condensador*, que no es más que un gran recipiente donde se precipitan en el agua los vapores amoniacaes: esta parte del aparato se halla tambien dispuesta para evitar que el gas de unas retortas pueda escaparse á la atmósfera mientras se cargan de hulla las demás. Penetra enseguida el gas en una serie de tubos relacionados dos á dos por arcos en su parte superior, y en comunicación todos por su inferior con otro recipiente lleno hasta la mitad de su altura de agua, donde se precipitan los hidrocarburos muy densos. En el camino que recorre desde aquí va encontrando grandes obstáculos que retardan su velocidad. Se suprimen luego en él, por otros procedimientos, el gas amoniaco, el hidrógeno sulfurado, el anhídrido carbónico y muchos compuestos de *azufre* y cianógeno, consistiendo en esto la *purificación* y el *lavado*, restando sólo llevarle á los gasómetros y distribuirle á la ciudad.

Puede observarse, en virtud de lo dicho, que la operación de fabricar el gas del alumbrado, muy complicada en la práctica, se reduce en teoría á destilar las hullas y separar de los gases producidos: primero, los hidrocarburos muy densos, y luego todos los principios solubles que los impurifican.

METALES

El número de los *metales* es mucho mayor que el de los *metaloídes*, y la lista de aquéllos aumenta cada año, permaneciendo inalterable la de los segundos. Mientras se han descubierto el *cesio*, el *rubidio*, el *talio*, el *galio* y otros metales, no se ha señalado la existencia de un solo metaloide nuevo; estúdiense, sí, estados alotrópicos de los ya conocidos.

Los metales poseen brillo especial; conducen bien el calor y la electricidad, y son electro-positivos respecto de los metaloides. Se hallan todos en el estado sólido, con una excepción segura y otras dos probables: el *mercurio* y el *cesio* líquidos, y el *hidrógeno* gaseoso. Domina en ellos el color blanco ó agrisado de la plata, platino, magnesio, aluminio, zinc, hierro, etc.: entre los conocidos son pocos los amarillos como el oro y el calcio; los rojizos como el cobre, ó los de otros matices.

Su sabor es estíptico y desagradable, existiendo entre unos y otros las diferencias bien marcadas que pueden apreciarse desde el cobre al estaño y al hierro. La generalidad son inodoros; pero algunos despiden un olor singular cuando se les frota. Todos son insolubles en el agua, en el alcohol y en los demás líquidos neutros.

Su densidad varía entre límites muy separados: para unos es poco más de la mitad que la del agua; para otros veintiuna vez y media lo que la de este líquido. El peso específico del *litio* es 0,52; el del *potasio* 0,865, y el del *sodio* 0,985. Los demás son todos más densos que el agua. Poco se puede decir en términos generales sobre su dureza, su tenacidad, su ductilidad y su maleabilidad, porque hay metales que rayan al vidrio como el *romo*, y otros que se pueden rayar facilísimamente como el *sodio*; unos se deforman muy poco por la acción del martillo, *hierro*, *níquel*, y otros ceden al más débil golpe, *plomo*; con unos se forman hilos finísimos, *plata*, *platino*; á otros no se les puede extender en alambres; por último, hay metales que se reducen á láminas delgadas, como el *oro*, y otros que sólo se pueden presentar en planchas.

Se funden á temperaturas que se hallan comprendidas entre 39 grados bajo cero para el mercurio, que es líquido á la temperatura ordinaria, y 2800° para el *iridio*. Un solo metal, el *osmio*, se volatiliza sin fundirse. Muchos hierven á temperaturas elevadas.

Algunos pueden dar una llama vivísima; las cintas de *magnesio* arden facilmente; el *calcio* se inflama en cuanto se eleva su tempe-

ratura; el *zinc* desprende brillante luz blanca al rojo. Muchos son venenosos; pero debe notarse que se debe esto al caracter de los compuestos que forman en el organismo animal.

Acción del oxígeno.—Los metales alcalinos *potasio*, *sodio*, etcétera, y los alcalino-terreos, *calcio*, *estroncio* y *bario* sufren una rápida oxidación en el oxígeno húmedo; para que este cuerpo obre sobre otros, es necesaria la presencia de un ácido y del agua; algunos metales permanecen completamente inalterables en su presencia, oro. De la acción del oxígeno sobre los metales resultan *óxidos* é *hidratos metálicos* dotados de propiedades muy diversas.

Azufre.—Este cuerpo obra de un modo algo semejante al anterior. Algunas de las combinaciones del azufre con distintos metales, se realizan con verdaderas explosiones. El platino y otros metales resisten por completo á la acción del azufre.

Aire.—El aire obra sólo por el oxígeno, por el anhídrido carbónico ó por el vapor de agua que contiene.

Agua.—Los metales llamados alcalinos descomponen este líquido á la temperatura ordinaria, apropiándose el oxígeno y dejando en libertad el hidrógeno. Otros metales como el hierro, no la descomponen más que á temperaturas muy elevadas. Por último, hay metales como el mismo hierro y el zinc que la descomponen á la temperatura ordinaria, con tal que se halle además presente algún ácido enérgico.

Calor.—Cuando en las aleaciones entra algún metal volátil, éste se reduce á vapor al elevarse la temperatura, y queda disociada la aleación. Si no entra metal volátil sufren de ordinario el fenómeno llamado *delicuaación*, debido á la formación de un nuevo compuesto que se liquida.

Las temperaturas á que se funden las diversas aleaciones, no son nunca superiores á la temperatura á que se funde el metal más resistente: pero sí algunas veces más bajas que la del metal más fusible. Sirvan de ejemplo: la denominada de Arcet, que se funde á 94°,5 y se halla compuesta por estaño, bismuto y plomo de entre los cuales el más fusible se liquida 228°; la de Wood, que se liquida desde 66 á 71°, formada por los mismos metales citados y el cadmio; varias que son líquidas á la temperatura ordinaria aunque formadas por metales sólidos.

Estado en la naturaleza.—La mayor parte se encuentran en el seno de las rocas combinados con otras sustancias, constituyendo minerales que pueden tener, ó aspecto metálico, como muchos de

los que encierran plomo, cobre, hierro, etc., ó consistencia terrosa, como los de calcio, bario, estroncio, etc. Algunos se hallan aislados de los demás cuerpos ó *nativos*, como las masas de cobre, las pepitas de oro, y los alambres ó filamentos de plata.

En España existen ejemplos notables. Merecen citarse: el mercurio que aparece asociado al azufre en Almadén, formando el *sulfuro de mercurio* denominado *cinabrio*, encontrándose en medio de las grandes masas de mineral bolsones más ó menos grandes ocupados por el *metal líquido y nativo*. Bajo la forma de otro *sulfuro*, que recibe el nombre de *galena*, se presenta el plomo en las muchas y ricas minas que poseemos de este cuerpo. En una de estas, *El Horcajo*, aparecen trozos de mineral cubiertos de alambres de *plata nativa* con un aspecto semejante al de los *galones quemados*, y en *Cuevas de Vera* se recoge también *plata nativa* bajo otra forma.

Clasificación de los metales.—Pueden clasificarse los metales, como lo hizo Thenard, atendiendo á la temperatura necesaria para que se oxiden, á su acción sobre el agua y á otros caractéres en reducido número, ó examinando el conjunto de todas sus propiedades, y fijando su función y carácter químico.

La clasificación de *Thenard*, modificada en sus detalles, pero conservada en su esencia, espíritu y fundamentos, descansa sobre las bases siguientes:

Hay metales que se oxidan á temperaturas más ó menos elevadas y cuyos óxidos resisten sin descomponerse la aplicación del calor solo; todos estos se incluyen en una *clase primera*: existen otros que no se oxidan al aire ni á temperaturas bajas ni elevadas, y cuyos óxidos tampoco se descomponen; á estos se les agrupa en la *clase segunda*: por último, se conocen metales cuyos óxidos, formados por distintos procedimientos, se descomponen bajo la acción del calor, y estos forman la *clase tercera*.

En la *clase primera* deben distinguirse: los que descomponen el agua en frío: 1.^a sección. Litio, Potasio, Sodio, Cesio, Rubidio, Bario, Estroncio, Calcio; los que la descomponen á 100°; 2.^a sección. Magnesio y Manganeso; los que la descomponen al rojo ó en frío, con la presencia de los ácidos fuertes. 3.^a sección. Cadmio, Cobalto, Cromo, Hierro, Niquel, Zinc, Vanadio y Urano; los que la descomponen á temperaturas más elevadas ó á la ordinaria con la intervención de las bases enérgicas y fijas. 4.^a sección. Tungsteno, Molibdeno, Osmio, Tántalo, Titano, Estaño, Antimonio, Niobio; los que la

descomponen débilmente á temperaturas altísimas, y en ningún caso á la ordinaria. 5.^a sección. Bismuto, Cobre y Plomo.

La *clase segunda* forma un solo grupo que constituye la sección 6.^a en la serie general, y comprende al Aluminio, Glucinio, Zirconio, Itrio, Thorio, Cerio, Lantano, Didimio, Erblio y Terbio.

La *clase tercera* encierra: unos que se oxidan á temperatura no muy alta, y se desoxidan en cuanto ésta se eleva más; 7.^a sección. Mercurio, Paladio, Rodio y Rutenio; y otros que son inalterables á todas las temperaturas. 8.^a sección. Plata, Platino, Iridio y Oro.

Atendiendo al conjunto de sus propiedades y á su peso atómico, pueden clasificarse los metales: primero en familias por su *atomicidad*, y luego en secciones por otros caracteres subordinados á éste.

Son metales *monoatómicos*, y forman la primera *sección* los alcalinos; Cesio, Rubidio, Potasio, Sodio y Litio; la plata constituye una *segunda sección*, y debe agregarse el Talio.

Son *diatómicos*: 1.^a sección, los *alcalino-terreos*, Bario, Estroncio y Calcio; 2.^a *sección*: Magnesio, Zinc, Cadmio y Galio; 3.^a *sección*, Cobre, Plomo y Mercurio, y 4.^a *sección*, Aluminio, Cromo, Hierro, Manganeso, Niquel, Cobalto y Urano.

Son *triatómicos* el Bismuto, el Oro, el Indio y el Molibdeno.

Son *tetraatómicos* el Estaño, el Platino y el Paladio.

Nociones de metalurgia.—En términos generales pueden dividirse en dos grandes grupos las operaciones necesarias para extraer los metales: unas son simplemente mecánicas (el mineral sale acompañado por trozos de roca, de las que es preciso separarle en primer término; otras químicas, destinadas á descomponer los óxidos, los sulfuros, carbonatos, etc., del metal que se beneficia y aislar á éste puro, dándole además la forma que pide el comercio.

Son importantes entre las primeras: la trituración, el lavado y la calcinación. Practícase la *primera* para reducirle á un polvo más ó menos fino que haga posible en la *segunda* la separación de unas y otras materias por sus diferentes densidades; en la *tercera* se reducen muchas sales metálicas á óxidos ó á sulfuros que se prestan bien á ser descompuestos por el calor y el carbón.

Las *segundas* se realizan de un modo especial en cada explotación, y no es fácil decir nada que las comprenda á todas.

Metales monoatómicos.—PRIMERA SECCIÓN.

Potasio.—Símbolo K.—Densidad 0,865.—Peso atómico 39,137.

Es un metal de color blanco, y blando. Se funde á 62°5 y se volatiliza antes del rojo. Descompone el agua en frío y absorbe rápidamente el oxígeno del aire.

Se sustituye á un equivalente de hidrógeno: en el agua (H_2O) engendrando el hidrato potásico (KHO), que es un álcali muy enérgico; en el ácido nítrico (NO_3H) dando lugar al nitrato potásico (NO_3K); en el ácido clórico (ClO_3H) originando el clorato de potasio (ClO_3K); y en el ácido pícrico $C_6N_5O_7H_2$ produciendo el picrato de potasio $C_6N_5O_7H_3K$.

Nitrato de potasio.—Recibe también los nombres de *nitro* y de *salitre*. Se presenta cristalizado en prismas muy largos, cuya base es un rombo. Menos comunmente afecta la forma de romboedros. Cuando está puro carece de color. Es bastante soluble en el agua fría y mucho más en la caliente: poco en el alcohol. Se funde á 350° y deflagra cuando se le arroja sobre las ascuas. Quema á las sustancias combustibles con que se le mezcla, como el carbón y el azufre, fundándose en esta propiedad la fabricación de la pólvora.

Esta sal abunda en España formando eflorescencias en determinados terrenos. Se la encuentra también en las paredes de muchas cuevas y de algunos edificios. Se le prepara tratando por agua caliente las tierras que le contienen: el nitro se disuelve en ellas, y luego cristaliza cuando se concentran las disoluciones.

Para purificarle es necesario redissolverle, permitiéndole que cristalice al enfriarse, y agitar la disolución con el fin de que se formen los pequeños cristales llamados arenillas, que son los más puros. La masa así obtenida se lava con una disolución saturada de nitrato potásico muy puro, con lo cual se separan de aquélla los cloruros y sulfatos que siempre contiene, y entonces se puede disolver por tercera vez y formar cristales más gruesos.

Clorato potásico.—Se le denomina comunmente *sal de Berthollet*. Se presenta cristalizado en escamas, de forma romboidal. Es incoloro y tiene sabor fresco y alcalino á la vez. Se disuelve difícilmente en el agua fría, y con mayor facilidad en la caliente. Arrojado al fuego deflagra, descomponiéndose, en último término, en oxígeno y cloruro potásico. El más ligero choque ó la elevación de temperatura, bastan para producir la detonación de las mezclas en que entran diferentes combustibles y este cuerpo. Se engendra esta sustancia tratando una mezcla de cloruro potásico, hidrato cálcico y agua, por una corriente de cloro.

Picrato potásico.—El llamado ácido pícrico, $C_6N_5O_7H_3$, es una

sustancia orgánica de color amarillo, poco soluble en agua, bastante más soluble en el alcohol, y dotada con la propiedad de detonar cuando se descompone por elevación de temperatura. La sustitución del *potasio* á un átomo de su *hidrógeno* forma el *picrato de potasio* y la del llamado radical *amonio*, NH_4 , el *picrato de amonio*, sales que son ambas más detonantes y están dotadas de mayor fuerza explosiva que el *ácido pícrico libre*.

SEGUNDA SECCIÓN.

Plata.—Símbolo *Ag*.—Densidad 10.4—Peso atómico 107.93.

Se presenta nativa, en alambres (*El Horcajo*), y en laminillas (*Cuevas de Vera*). Es un metal sólido, de un color blanco tipo, que puede aparecer amorfo ó bajo la forma de octaedros, blando, que se extiende facilísimamente en ténues hilos y delgadas láminas, que se liquida á 1000 y hierve á 2000°: sus vapores son azules. La plata tiene la propiedad curiosa de absorber, cuando está fundida, veinte veces su volúmen de oxígeno: este gas se separa de ella otra vez cuando el metal se enfría.

Atacan á la plata el cloro, el bromo y el yodo; pero forman en su superficie una capa insoluble, y la alteración no se propaga al interior. Permanece inalterable en el aire; en una atmósfera de ozono humedecido, se forma, bajo la influencia de éste, óxido de plata. Con el ácido sulfídrico forma el sulfuro negro de plata.

La plata se extrae de los distintos minerales que la contienen, por los variados procedimientos siguientes: por *vía húmeda y amalgamación*; por *vía húmeda y disolución* y por *vía seca*. La *amalgamación* la practican hoy los *americanos*. Estos determinan previamente la riqueza de los *sulfo-arseniuros* ó *sulfo-antimoniuros* de plata: los pulverizan luego y los mezclan con una cantidad de sal común proporcionada á su riqueza, pirita de cobre tostada, en pequeña proporción, y de 5 á 8 partes de mercurio por cada parte de plata que contenga el mineral. Destilada esta amalgama, se obtiene libre la plata. Los alemanes emplean el procedimiento de disolución en Freiberg y otras localidades; consiste éste en tostar los minerales para que se forme un sulfato de plata; en añadir al final de la tostación sal común para obtener cloruro de plata; en lavar los productos así obtenidos en una disolución concentrada de la misma sal y en precipitar por el cobre la plata que contiene el cloruro doble de plata y sodio que se forma en la última operación.

Los procedimientos por *vía seca* se reducen á calentar algunos minerales de plata con plomo, para que el primer cuerpo se asocie al segundo, y en separarle luego de éste por medio de la operación llamada *copelación*, que se practica en hornos especiales.

Las monedas, los mil objetos de adorno, los utensilios domésticos, como cubiertos, etc., y las innumerables cosas que se fabrican con plata, demuestran la importancia de este metal.

Metales diatómicos.—PRIMERA SECCIÓN.

Calcio.—Símbolo Ca.—Densidad, 1.6.—Peso atómico, 40.

Es un metal sólido de color blanco amarillento; se puede extender en láminas y se funde al rojo. Arde con llama brillante cuando se le calienta en presencia del aire, y descompone el agua, elevándose mucho la temperatura al efectuarse esta reacción.

Se le prepara descomponiendo su cloruro fundido por una corriente eléctrica ó desalojándole del yoduro por el sodio.

Cal.—Símbolo CaO.—Densidad, 2.3.—Peso molecular, 56.

La llamada *cal viva* es el *óxido de calcio*, cuya composición responde al símbolo CaO. Es sólida, blanca, posee un sabor muy cáustico, no ha sido fundida, ni aun bajo la acción de las más elevadas temperaturas; absorbe con avidez el agua, formándose la denominada *cal apagada*, que es el hidrato cálcico correspondiente á la fórmula CaO_2H_2 .

Cuando la cal viva se trasforma en hidrato cálcico, se observa incremento de volumen, elevación de temperatura á 300°, desprendimiento de vapores de agua, como una consecuencia de esta misma elevación, y resquebrajamiento debido al aumento de volumen.

Se prepara la cal viva calentando fuertemente pedazos de cualquiera de las variedades del carbonato cálcico con pedazos de carbón, en hornos á propósito que reciben el nombre de *hornos de cal*. En esta operación se desprende el anhídrido carbónico y el vapor de agua, quedando el producto que se desea. Su pureza y cualidades dependen de las del carbonato empleado.

La cal juega en las construcciones el importante papel que todos conocen.

Yeso.—Símbolo SO_4Ca .—Densidad, 2.3.—Peso molecular, 136.

Es el sulfato de cal. Cuando está hidratado, es incoloro y de sabor algo amargo. Afecta diversas formas, como la de prismas

romboidales y las del *alabastro*. Se le raya fácilmente con la uña, y ocupa el segundo lugar en la escala ascendente de dureza.

Cuatrocientas partes de agua disuelven una sola; cuando en el agua hay pequeñas cantidades de sal común, ácido clorhídrico ó ácido sulfúrico, la proporción de sulfato de cal disuelto aumenta. No se disuelve en el alcohol.

Calentado á más de 120° y menos de 160 pierde el agua, convirtiéndose en el yeso que comunmente conocemos; pero guarda la propiedad de poderse combinar de nuevo con este líquido y endurecerse; si la temperatura excede de los 160° , pierde por completo esta propiedad. Puede fundirse sin descomponerse al rojo.

Se le prepara para las necesidades industriales, calentando el hidratado entre 120° y 160° para que se transforme en anhidro. La operación se practica en los llamados *hornos de yeso*.

Se aplica á las construcciones, á la fabricación de los estucos y al beneficio de diferentes terrenos destinados al cultivo de plantas leguminosas y de otras familias. En nuestro país se fabrica en grandes cantidades.

SEGUNDA SECCIÓN.

Zinc.—Símbolo Zn.—Densidad, 6.86 á 7.22.—Peso atómico, 65.

Es blanco azulado; se presenta amorfo, en dodecaedros romboidales ó en prismas exagonales; blando; entre 150° y 200° muy maleable; á menos de 150 algo frágil y á más de 200 quebradizo.

Se funde á 410° , y el líquido producido se volatiliza á 1040° ; al rojo arde con una llama blanca y brillante; expuesto al aire húmedo se oxida su superficie. Se combina directamente con muchos cuerpos, como el *cloro*, *bromo*, etc.

Para extraer el zinc se emplea un sulfuro denominado *blenda* y un carbonato (*calamina*): ambos deben someterse á una tostación previa para convertirlos en óxidos. Los óxidos de *zinc* se reducen luego por el carbón.

TERCERA SECCIÓN

Cobre.—Símbolo Cu.—Densidad 8,78.—Peso atómico 63,5.

Se le encuentra en estado nativo. Es sólido y se presenta amorfo ó cristalizado en octaedros. Toma la de cubos cuando se solidifica después de fundido. Su color es rojo, su sabor característico y

despide por frotamiento un olor desagradable. Se extiende fácilmente en delgados alambres y en láminas. 1100 grados es su temperatura de fusión: es muy poco volátil.

El cobre arde en una atmósfera de cloro. Se combina directamente con el yodo y el bromo. Absorbe con rapidez el oxígeno á muy alta temperatura. En el aire húmedo se cubre de una capa verdosa en la cual domina el hidrocarbonato de cobre.

Los ácidos nítrico y sulfúrico le atacan formando las sales correspondientes: el clorhídrico no le disuelve más que en caliente y cuando se opera en vasijas de platino.

El cobre se prepara por diferentes procedimientos. Los óxidos y carbonatos de cobre se reducen por el carbón; los sulfuros exigen mayor trabajo. Para beneficiar éstos se tuesta el mineral desprendiéndose gas sulfuroso y oxidándose una parte del cobre y el hierro que entra en los sulfuros: la materia resultante se mezcla con carbón y arena calculando las cantidades de modo que se forme el silicato de hierro y no el de cobre: en esta operación se separa un compuesto del metal y de su sulfuro que recibe el nombre de *mata*. Se somete ésta á nuevas tostaciones y á nuevas mezclas con sílice, hasta obtener el llamado *cobre gris*, que contiene ya de 90 á 92 por 100 del metal.

Refinado el cobre gris en un horno de reverbero, por la acción de una corriente de aire, dejando que el metal se reuna en una cavidad cilíndrica, y echando agua fría, se van separando las porciones de la superficie que se enfrían y constituyen las *rosetas de cobre*. Se llega á purificar, por último, el metal fundiéndole bajo una capa de carbón, y agitando á menudo la masa con trozos de gruesas ramas verdes.

Las aplicaciones del cobre son numerosas. Monedas, calderas de vapor, estufas de desecación, vasijas diversas y destinadas á varios usos, bronces y latones son los principales objetos y materias que con él se fabrican y en cuya composición entra.

Plomo.—Símbolo Pb.—Densidad, 11.45.—Peso atómico, 207.

Es sólido, blando, se presenta amorfo ó en octaedros regulares, tiene color azulado brillante en los cortes recientes, y un aspecto grisáceo, ordinariamente, por la acción que sobre él ejerce el aire húmedo. Se extiende con facilidad en láminas, pero es imposible estirarle en alambres. Su punto de fusión se halla á 330°; desde el rojo comienza á desprender vapores, pero no se puede destilar más que á temperaturas muy elevadas.

Fundiéndole en presencia del aire, absorbe el oxígeno de éste formando el óxido llamado *massicot*, que es un polvo amarillento. El agua con aire en disolución le ataca formando pequeñas cantidades de hidrato y carbonato de plomo; el hidrato se disuelve en pequeñas proporciones en el agua, dándola las propiedades de un veneno. Cuando las aguas llevan en disolución sales de cal, no puede disolverse porción alguna del hidrato de plomo. El plomo se combina directamente con muchos metaloides.

Los sulfuros de plomo, denominados *galenas*, son los minerales de donde se extrae comunmente este metal por dos procedimientos que han recibido los nombres de *reducción* y *reacción*.

La *reducción* consiste en desalojar el plomo por el hierro á una temperatura elevada: se obtiene plomo metálico y sulfuro de hierro. Se emplean hornos de los llamados de *manga*.

La *reacción* se practica en los *hornos de reverbero*. En una tostación previa parte de la galena se trasforma en *óxido* y en *sulfato plúmbicos* con desprendimiento de *anhídrido sulfuroso*. Se calienta luego el *óxido* y el *sulfato* con la galena no descompuesta; se desprende más *anhídrido sulfuroso*, y se precipita libre el plomo.

Se le aplica, entre otras muchas cosas, para cubrir techos de edificios y las vasijas de madera usadas en la industria. Se fabrican con él los tubos de conducción del gas del alumbrado. Es un metal muy útil: pero su metalurgia está expuesta á continuas crisis.

Mercurio.—Símbolo Hg.—Densidad, 13.6.—Peso atómico, 200.

Es líquido á la temperatura ordinaria; se solidifica á 40° bajo cero y hierve á los 360°. Su color es blanco de plata, es inodoro; en el estado sólido puede presentar la forma de octaedros; ser extendido en láminas y trabajarse facilmente con instrumentos de madera. Se pensaba antes que sus vapores no se difundían en la atmósfera; pero el químico *Merget* ha demostrado que se mezclan con el aire á todas las distancias.

Se combina con el cloro, bromo y yodo á la temperatura ordinaria. Calentado á 300° va absorbiendo lentamente el oxígeno del aire. Le atacan los ácidos yodhídrico y fluorhídrico; los ácidos sulfúrico y nítrico le disuelven, éste en frío y aquel en caliente.

El mercurio se extrae del sulfuro denominado *cinabrio* que se encuentra en grandes cantidades en nuestras ricas minas de Almadén, indicándose tambien su existencia en *Sierra Nevada*. Se le beneficia además en Idria y otras localidades extranjeras.

En España se somete el sulfuro á la tostación obteniéndose an-

hídrido sulfuroso que se desprende, y vapor de mercurio libre que se condensa y recoge.

Las construcciones de ladrillo donde se practican las operaciones, se hallan representadas en la fig. 12 y constan de un horno A

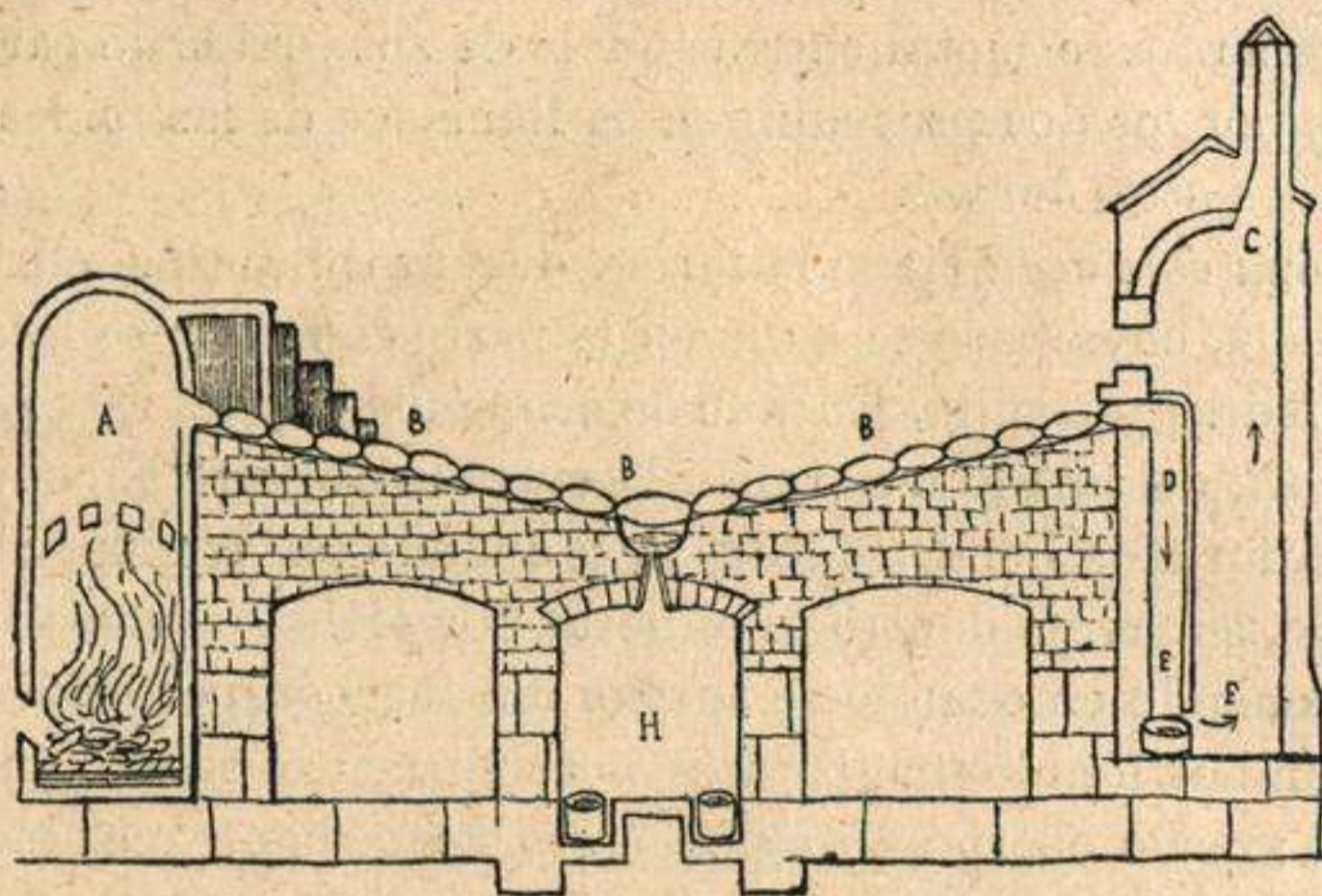


Fig. 12.

donde se quema gran cantidad de leña y se tuesta el *cinabrio*; de una serie de vasijas de barro llamadas *aludeles* B, B, B, por donde pasan el vapor de mercurio que se condensa en ellas y el ácido sulfuroso que se escapa por la chimenea *c* después de haber recorrido el camino DEF para abandonar en E el mercurio que pudiera arrastrar; por último, de un recipiente H donde se recoge la mayor cantidad de mercurio condensado en los *aludeles*.

El mercurio se emplea: en la industria para las amalgamas de los espejos y las de varios utensilios; en la Física para los termómetros, barómetros y otros instrumentos; en Medicina por alguna de sus sales.

CUARTA SECCIÓN.

Hierro.—Símbolo Fe.—Densidad 7.8.—Peso atómico 56.

El hierro es sólido, de color azulado, que se transforma por el bruñido en blanco de plata; se presenta amorfo, á veces se obtiene en octaedros ó cubos; es tenaz, se extiende con facilidad en hilos ó alambres y en planchas. Se funde á 1500°. Arde con luz brillante en una atmósfera de oxígeno puro, y con menor intensidad en la de vapor de azufre; el *yodo* le ataca en presencia del agua, formán-

dose *yoduro ferroso*; el *cloro* y el *bromo* se combinan con él á diferentes temperaturas; expuesto al aire húmedo se cubre de esas manchas amarillentas, rojizas y parduscas que se conocen con los nombres de herrumbre ú orín del hierro. El ácido nítrico le ataca en frío, fórmase *nitrato de hierro* y se desprenden vapores rojizos.

Se prepara este metal extrayéndole de sus óxidos ó carbonatos naturales por los dos procedimientos llamados de las *forjas catalanas* y de los *altos hornos*.

La *forja catalana* tiene la forma de una pirámide cuadrangular truncada, cuya base se halla en la parte superior; se la construye con piedras y arcilla. En uno de sus lados hay un tubo, denominado *tobera*, destinado á permitir la entrada del aire al centro de la *forja*. La *forja* se llena de carbón y cuando el combustible está encendido, se arroja dentro el mineral por el lado opuesto á la *tobera*; de cuando en cuando se agrega más carbón por ésta.

La combustión de una parte del carbón, en el seno de una gran masa del mismo cuerpo, produce óxido de carbono que atacando al

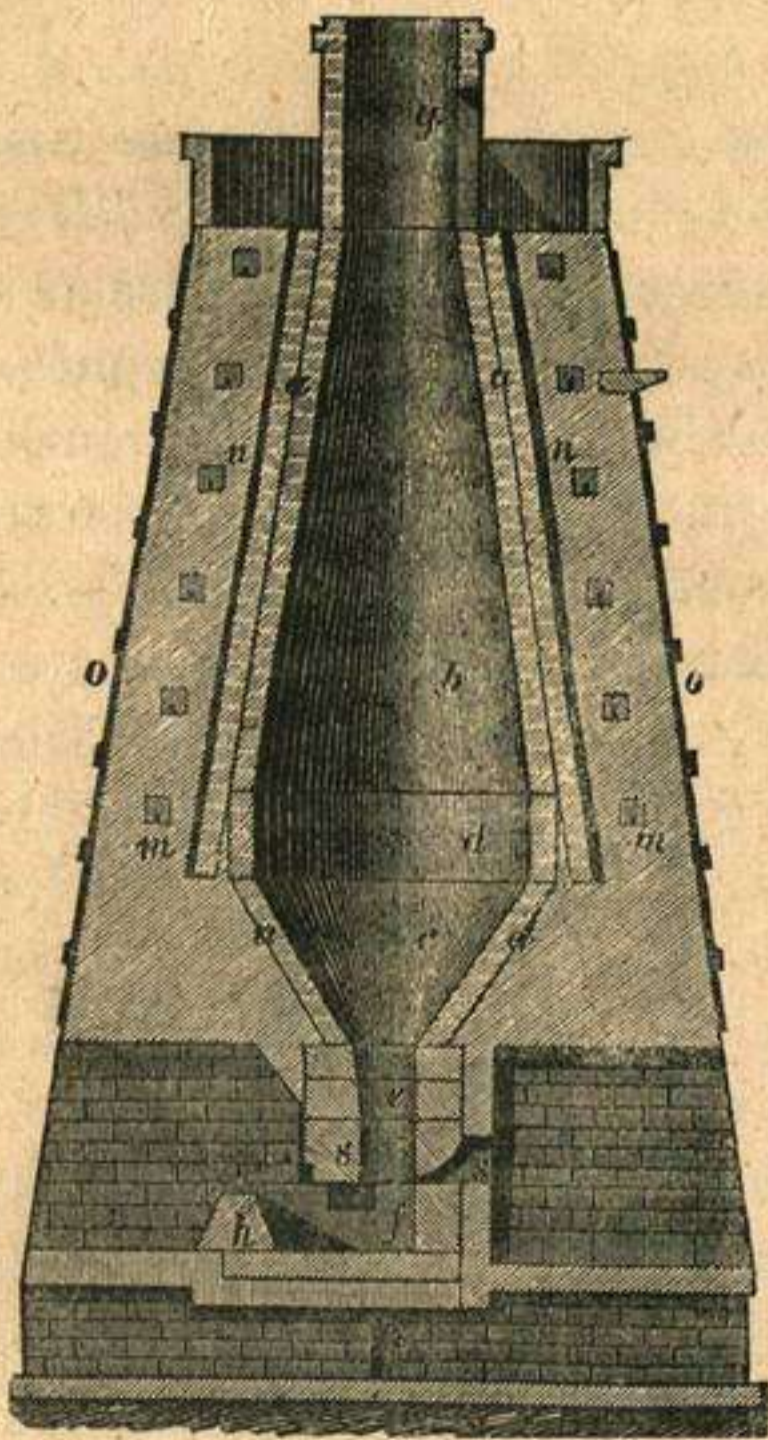


Fig. 13.

óxido de hierro se apropia su oxígeno y deja libre el metal. Hay formación de un *silicato de hierro* y otros cuerpos. Este procedi-

miento es poco conveniente porque hay pérdida de productos.

Los altos hornos son grandes construcciones de ladrillos, figura 13 *mn*. La entrada superior *y* se denomina *boca del horno*; la porción más ancha *d* *vientre del horno*; la inferior *e* *crisol*. Se tritura el mineral y se le mezcla con carbonato cálcico, *castina*, cuando la *ganga* de aquel es silicea, y con *arcilla* cuando es por el contrario caliza; la mezcla se coloca en el *alto horno* por capas alternadas con otras capas de carbón.

En el punto *e* desembocan unas *toberas* por donde se hace penetrar en el horno una corriente de viento forzado. La fácil entrada del aire y la viva combustión, que es su inmediata consecuencia, dan origen en la parte *ec* del horno á una gran cantidad de anhídrido carbónico; éste atraviesa las demás capas de carbón formándose óxido de carbono que reduce al mineral; el hierro líquido mezclado con carbón, se acumula en el *crisol*, desde donde se le vierte en moldes.

Fundición.—Así se llama la materia resultante de las operaciones anteriores. Este cuerpo, denominado también *hierro colado*, es duro y fragil. Sometido á la acción del calor se liquida de nuevo á una temperatura mucho más baja que la temperatura á que se funde el hierro puro. Contiene unido á éste de un 2 á un 5 por ciento de carbón y ligeros indicios de *silicio* y demás cuerpos extraños.

Las fundiciones se dividen en *blancas* y *grises*. La primera carece del carbón cristalizado bajo la forma de *grafito*, tiene una escasísima proporción de *silicio* y se obtiene cuando la temperatura se ha elevado poco sobre el límite necesario para producirse la fundición y el enfriamiento ha sido luego muy rápido. La segunda contiene cristales de *grafito* y *silicio*, y es á la vez menos dura y menos fragil: se obtiene á temperaturas más elevadas.

Pudelado.—Obtenida la fundición, es necesario privarla del carbono y del silicio, para que el hierro se haga *ductil*: las operaciones necesarias para alcanzar este resultado reciben el nombre de *afinación*, una de las formas de afinación es el *pudelado*. La teoría de los hechos químicos que tienen lugar en la afinación es, indicada á grandes rasgos, muy sencilla; sometida la fundición á una enérgica acción oxidante, el *carbono* se trasforma en *ácido carbónico*, que se desprende; el *silicio* en *ácido silícico*, que se combina con bases diversas, formando silicatos solubles separables en escorias.

La afinación se practica por dos procedimientos muy distintos. I.—Afinación con leña en crisoles cuadrangulares de chapas de

hierro, á donde llega el aire por una tobera de arcilla cocida ó cobre. II.—Afinación inglesa, ó con hulla, que consta á su vez de *dos* operaciones. *A.*—Exposición á una fuerte corriente de viento de una mezcla de carbón y del hierro fundido. *B.*—La llamada propiamente *pudelado*.

Efectúase esta en los hornos denominados de *puddler*, ú hornos de reverbero, de suelo sensiblemente horizontal, y una depresión con orificio para dejar correr las escorias. Se calienta el horno al rojo blanco; se introducen en él *cincuenta kilogramos* de escoria rica y *doscientos cincuenta* de metal; se cierran bien todas las puertas y se abre el registro que regula el tiro de la chimenea. Desde que el metal está á medio fundir debe agitarse continuamente.

Cuando la afinación se halla adelantada, se deja correr una porción de la escoria líquida, se sacan diferentes partículas de hierro reunidas y haciéndolas rodar por el suelo del horno, se adhieren á estas otras medio fundidas, formándose bolas de metal: formadas varias de éstas se procede á forjarlas.

El forjado se ejecuta hoy en los *martillos pilones*, cuyo órgano principal es una masa prismática que, movida por un mecanismo impulsado por el vapor, puede dar fuertes golpes sobre el hierro colocado en un yunque. El hierro obtenido de este modo no es muy superior; pero sí duro, y se le puede emplear en los rails, que hoy se van haciendo ya de acero, y en otros objetos, para cuya fabricación no perjudiquen las pequeñas grietas de que está lleno.

Acero.—Es el hierro menos carburado que la fundición. Para obtenerle pueden procurarse la carburación del hierro ó la descarburación parcial de las fundiciones.

Acero de cementación: se le prepara en unos recipientes ó cajas formadas con ladrillos refractarios, donde se colocan en capas alternadas *barras de hierro* y carbón en polvo mezclado con ceniza y sal común. Basta luego cerrar las cajas y ponerlas durante un cierto tiempo á la temperatura del rojo. Este acero es poco homogéneo, hallándose más carburado en la superficie que en el centro: fundiéndole dentro de crisoles se hace uniforme toda su masa. Así se le convierte en *acero fundido*.

Para descarburar la fundición de hierro se emplea hoy un procedimiento debido al industrial *Bessemer*. Colócase la fundición en una vasija de palastro, revestida por dentro de ladrillos refractarios, figura 14, á la que se da el nombre de *convertidor*: antes de llenarla de fundición hay que elevar su temperatura al rojo blanco. Des-

pués se echa en ella la fundición; el aire que entra quema total ó parcialmente el carbón unido al hierro, una pequeña cantidad de éste, el silicio y las demás sustancias extrañas; y según que la ope-

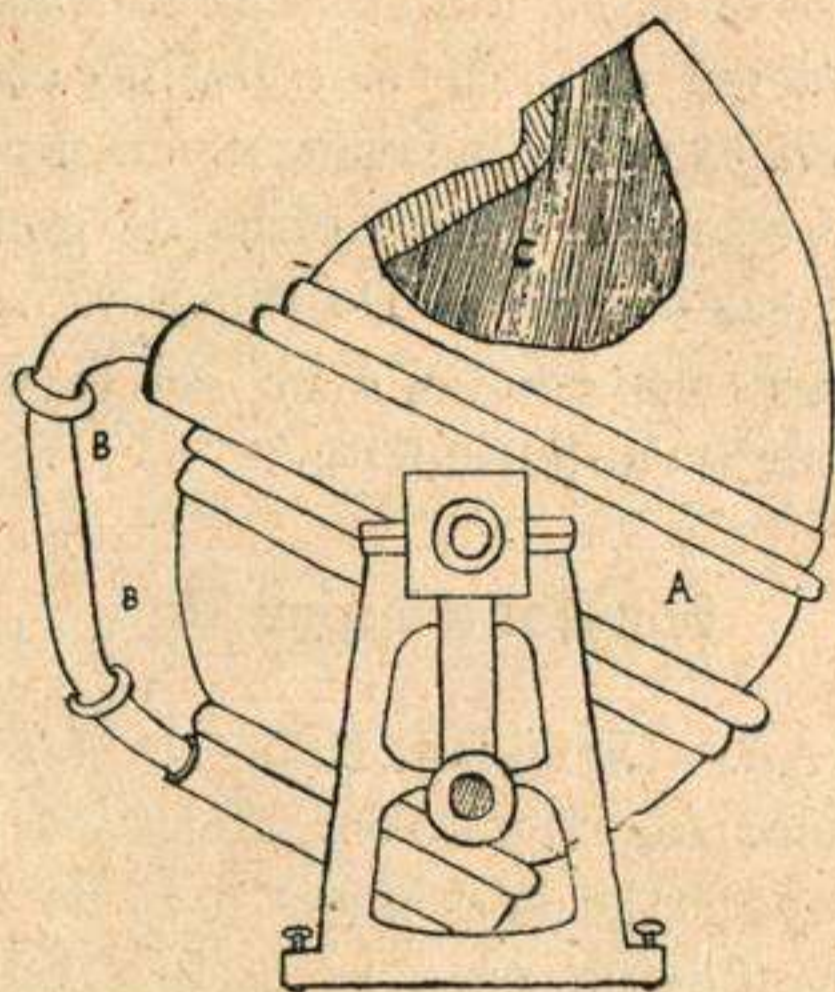


Fig. 14.

ración haya durado mucho ó poco, se obtiene el llamado hierro dulce ó el acero. Muchos juzgan conveniente prolongarla hasta obtener hierro dulce, y mezclar luego éste con una fundición elegida para que la mezcla resulte con la carburación deseada.

Temple.—El temple se practica calentando los hierros y aceros á una temperatura próxima al rojo cereza, y sumergiendo luego inmediatamente las láminas de estos metales en baños de diferentes líquidos. Las sustancias más usadas en estas operaciones son el aceite, el agua y el mercurio; se aplica el primero cuando se desea obtener sólo una resistencia algo superior á la que poseen los metales no templados; se emplea en el mayor número de casos el baño de agua, y se acude al de mercurio para alcanzar durezas excepcionales. Una vez templado el acero, debe ser sometido á la operación denominada *recocido*, para evitar que se separen algunos de sus fragmentos ó se hagan sus láminas demasiado quebradizas.

Las piezas de gran volúmen ó las hojas de acero se templan en una rápida corriente de agua fría, para evitar que el vapor de agua producido en un espacio muy limitado se interponga entre la pieza y el resto del líquido, impidiendo el íntimo contacto que se necesita para el buen éxito de la operación. Las coloraciones variadí-

simas que presentan las armas, y en general los aceros, dependen de nuevas calefacciones del acero á diferentes temperaturas, y se obtienen con sólo suspender esta calefacción cuando se llega al color paja, al amarillo de oro, al violeta ó al azul que corresponde, según se deduce de muchos ensayos, al máximun de elasticidad.

Los armeros suelen emplear el conocido comunmente con el nombre de *temple en paquete*, que consiste en envolver las piezas en capas que unas veces son de tierra, otras de goma, otras de sebo, otras de cuerno y otras de aceite. De este modo sufren las hojas ó placas modificaciones semejantes á las de la cementación, y se hacen susceptibles de buen pulimento.

Metales triatómicos.

Oro.—Símbolo Au.—Densidad, 19.5.—Peso atómico, 197.

Es sólido, de color amarillento característico, puede presentarse bajo la forma de *pepitas*, la de *escamas* ó la de *cubos*. Reducido á polvo, su color se cambia en púrpura oscuro. En láminas delgadas permite el paso á una luz verdosa. Se extiende fácilmente en láminas que reciben el nombre de *panes de oro*. Puede fijarse entre 1100° y 1200° su temperatura de fusión: bajo la influencia de la chispa eléctrica se volatiliza: á temperaturas muy elevadas engendra vapores verdes. Los panes de oro arden sin gran dificultad en las atmósferas de cloro: el bromo y el yodo se combinan directamente con él: no se altera por su exposición al aire; sólo se disuelve en el *agua regia*.

Se separa el oro de las arenas donde se encuentra por medio de repetidos lavados primero; de la amalgamación con mercurio después, y de la volatilización de éste en último término.

Sus aplicaciones á la fabricación de monedas y alhajas y objetos de gran valor, son bien conocidas. En todos estos casos aparece aleado al oro el cobre, para darle mayor consistencia.

Procedimientos para dorar.—Se dividen en mecánicos y químicos.

Dorado mecánico.—Se practica extendiendo sobre los objetos las hojuelas ó panes de oro. Si la materia que se desea cubrir es una madera, basta darla antes una mano de cola fresca; si se trata de encuadernaciones ú objetos de piel, la simple presión es suficiente; si se ha de extender sobre el hierro, el acero ó metales, hay que elevar la temperatura de la pieza metálica al rojo, y compri-

mir luego los panes ó alambres de oro con el instrumento llamado *bruñidor*. La operación se completa con el *bruñido en frío*.

Dorado químico.—Se usan en él los compuestos de oro, y puede practicarse en frío, por amalgamación; por electricidad, ó el dorado de la porcelana.

1.º *Dorado en frío*.—Se dora así la plata sumergiendo un pedazo de lienzo en una disolución de oro en el agua regia, quemando el trapo empapado, y restregando sobre la superficie de la plata las cenizas que resultan. Se dora en húmedo el hierro ó el acero, pulimentando primero con finísimo esmeril y espíritu de vino las superficies de estos metales, aplicando luego con una brocha una disolución de oro en el éter, calentando y pulimentando.

2.º *Dorado por amalgamación*.—Consiste en formar una amalgama de oro; aplicarla después á la superficie del objeto, y calentar para que se volatilice el mercurio.

3.º *Dorado eléctrico*.—Se emplea una disolución de cianuro doble de oro y potasio calentada entre 55 centígrados, y la temperatura de ebullición, y es conveniente cubrir antes los objetos con una fina capa de cobre depositada por electrolisis. Así preparados se suspenden éstos del polo negativo de una pila; las hojuelas de oro del positivo, y se sumerge todo en un baño del cianuro doble.

4.º *Dorado de la loza y porcelana*.—Se disuelve el oro en el agua regia, y se separa de él el ácido por el calor, ó se precipita el oro por medio del sulfato de hierro. El oro en polvo que así resulta, se mezcla con ocho centésimas por ciento de óxido de bismuto, borato de sosa y agua de goma. Se pintan la loza ó porcelana con esta mezcla, y se las somete á la coción. Terminada ésta, tiene el oro un color pardusco; pero en el bruñido adquiere su brillo propio.

Metales tetraatómicos.—PRIMERA SECCIÓN.

Estaño.—Símbolo Sn. — Densidad 7,18 á 7,37.—Peso atómico 118. Es sólido, blanco, se presenta amorfo ó en prismas de base cuadrada; tiene un sabor acre y, frotado, olor fétido; se extiende en esas láminas delgadas, con las que se recubren alimentos, y tapones de botellas, denominadas *papel de estaño*; se presenta también en barras que, al ser dobladas, producen el sonido llamado *grito del estaño*; se funde á 228º; no es volátil. Arde en atmósferas de diferentes vapores y gases, como el cloro, oxígeno, etc.; se combina con el azufre, con el fósforo, etc., cuando se le calienta en compañía de

estos cuerpos. El ácido clorhídrico y otros le atacan desprendiéndose hidrógeno. Se prepara reduciendo un óxido de este cuerpo que se encuentra en la naturaleza ó trasformando primero en óxido un sulfuro ó un sulfo-arseniuro, también naturales. El óxido natural ó el resultante de la tostación de otros cuerpos, se desoxidan por el carbón en un horno, y el metal se acumula en la parte inferior.

SEGUNDA SECCIÓN.

Platino.—Símbolo Pt.—Densidad 21,15 á 21,50.—Peso atómico 195,5. Es sólido y blanco. Se le extiende en láminas y se obtienen con él hilos, cuyo diámetro no excede de *ochenta y tres cienmilésimas de milímetro*. Es más duro que la plata, y se ablanda al rojo, fundiéndose con la llama de la luz oxhídrica.

Cuando se le calienta al rojo deja pasar el hidrógeno al través de su masa; muy dividido, ó en el estado de *esponja*, absorbe los gases, se enrojece é inflama á los que son combustibles. Es atacado por el boro, el silicio, el fósforo y el arsénico, y con extraordinaria violencia por la plata, el zinc, el plomo y el estaño. Resiste á la acción de los demás cuerpos. Se disuelve bien en la mezcla de los ácidos *nítrico* y *clorhídrico*, denominada agua regia. El ácido sulfúrico, según hoy se ha demostrado, le disuelve también en pequeñas cantidades.

El platino aparece nativo ó unido al oro, cobre, paladio, osmio, iridio ó rutenio. Se le obtiene de las arenas, en donde se halla, por el lavado y acción del agua regia, asociado siempre á una pequeña cantidad de iridio; pero esto no resulta en las aplicaciones desventajoso. Con el platino se fabrican las vasijas para concentrar el ácido sulfúrico y utensilios de laboratorio.

APÉNDICE A

Sustancias explosivas.—Se denomina *explosión* al hecho de convertirse instantáneamente en un gran volumen gaseoso una pequeña masa sólida ó líquida: las sustancias que tienen esta propiedad reciben, en general, el nombre de *explosivas*.

Fuerza explosiva y efecto explosivo.—Debe distinguirse cuidadosamente la fuerza explosiva del efecto explosivo. La primera es la *energía potencial de la sustancia explosiva* que se convierte en

actual: este cambio de la *potencial* en actual puede realizarse rápida ó lentamente. El segundo depende de la rapidez con que se ejerce la acción total de la fuerza.

La fuerza explosiva total de una sustancia cualquiera depende: 1.º, de la relación entre el volumen de gas producido y el de la sustancia sólida ó líquida que le ha engendrado; 2.º, de la temperatura de explosión, por lo que ésta influye en la expansión de los productos gaseosos. Crece, por lo tanto, con el volumen de gas originado y el *calor de combustión*, y mengua á medida que es mayor el *calórico específico* de las sustancias mezcladas.

Los físicos *Roux* y *Sarrau* por un lado, y *Berthelot* por otro, han comparado aproximadamente la fuerza explosiva de varias sustancias: Hé aquí los resultados obtenidos:

SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.	FUERZA RELATIVA.	
	<i>Según Sarrau.</i>	<i>Según Berthelot.</i>
Pólvora común.	1,00	1,00
Nitro celulosa.	3,06	3,42
Nitro-glicerina.	4,55	6,80
Picrato de potasa.	1,98	2,44
Polvo pícrico.	1,49	2,07
Picrato y clorato de potasa.	1,82	3,46
Cloruro de nitrógeno.	1,08	0,85

Fijándose en los números de *Berthelot*, se observará que la *nitro-celulosa* ó *algodón pólvora* tiene tres veces y media más fuerza explosiva que la pólvora y que el cuerpo explosivo más enérgico, que es la *nitro-glicerina*, llega á serlo muy cerca de siete veces más que la pólvora ordinaria.

El efecto explosivo se gradúa por la magnitud de los cambios producidos, por el peso de los proyectiles y distancia á que son lanzados; por la violencia de las rupturas, por la intensidad de la presión ejercida en un punto cualquiera y un momento dado.

Aumenta el *efecto explosivo* con el volumen de los gases producidos y la temperatura á que se engendran éstos. Disminuye el *efecto explosivo* cuando crece el tiempo durante el cual se realiza la explosión total. Las tres variables que influyen en el efecto, unas directa y otras inversamente, son: volumen, temperatura y tiempo. Estas variables dependen á la vez de otras tres: estado físico de la sustancia explosiva; condiciones externas bajo las cuales se produce la explosión, y manera de comunicar el fuego á la sustancia explosiva.

Estado físico. — Las pólvoras y mezclas explosivas fabricadas con los mismos ingredientes y en iguales proporciones; pero con granos de diversa hechura y tamaño, arden de modos muy diferentes. El *algodón pólvora* demasiado suelto puede arder en medio de la pólvora ordinaria sin prenderle fuego.

Condiciones externas. — Las sustancias explosivas obran con gran violencia cuando se inflaman en un espacio cerrado, y arden sencillamente al aire: si la *nitro-glicerina* y el *cloruro de nitrógeno* estallan muchas veces al aire libre, es porque la primera se envuelve en una atmósfera densa que hace el papel de vasija limitadora, y el segundo se halla rodeado por una capa de agua de una milésima de espesor.

Manera de comunicar el fuego. — Puede ser trasmitido por un cuerpo encendido ó caliente, la percusión ó la fricción. Hay sustancias, como la *nitro-celulosa* y la *nitro-glicerina*, que estallan por unos procedimientos y arden sólo por otros.

El ingeniero sueco Nobel ha descubierto que algunas materias explosivas pueden comunicar el fuego á otras, descomponiéndolas instantáneamente: las explosiones de este género reciben el nombre de *explosiones de primer orden* ó *detonaciones*, reservándose el de *segundo orden* ó *sencillas* para las demás.

La diferencia de los efectos de unas y otras se apreciará consultando las cifras del siguiente cuadro, formado por *Roux* y *Sarrau*:

SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.	EFECTO EXPLOSIVO.	
	<i>Segundo orden.</i>	<i>Primer orden.</i>
Pólvora común.	1,00	4,34
Nitro-celulosa ó algodón pólvora.	3,00	6,46
Nitro-glicerina.	4,80	10,13

Datos experimentales para explicarse las detonaciones. — *Champion* y *Pellet* colocan á las dos extremidades de un tubo largo de siete metros dos porciones de *yoduro de nitrógeno*, cuyo peso es de tres centigramos. Cuando se produce la explosión de una de éstas, acercándola un alambre enrojecido, estalla la otra inmediatamente.

Si se acomoda el *yoduro húmedo* sobre las diferentes cuerdas de un instrumento músico y se las hace sonar, no detona el colocado sobre las que producen sonidos graves, y sí el que está sobre las que los dan agudos. Los autores calculan que el mínimun de las vibraciones necesarias para hacer estallar el *yoduro de nitrógeno*, es *sesenta por segundo*.

Dispónense varias llamas de las denominadas por Tyndall sensibles, que corresponden á la gamma de *sol mayor*, tomando la nota *la normal* por punto de partida. En un yunque situado á cinco metros se produce sucesivamente la explosión de *tres centígramos* de fulminato mercúrico y de igual peso de yoduro de nitrógeno. Las llamas no experimentan alteración cuando estalla el primero, prolongándose, en cambio, las correspondientes á las notas *la, do, mi, fa y sol* cuando se inflama el segundo.

Por último, nosotros hemos comprobado que todas las notas de diferentes instrumentos músicos que determinan la alteración de las últimas llamas indicadas, producen á veces la explosión del yoduro de nitrógeno cuando se encuentra expuesto libremente á la acción de las *ondas* sonoras.

La reunión de los anteriores hechos prueba que las explosiones de primer orden, producidas por la influencia de unas sustancias explosivas sobre otras, se deben principalmente á la trasmisión de vibraciones de amplitud determinada, siendo en cierto modo hechos semejantes al de la vibración de los cristales de las habitaciones cuando pasan coches por las calles; á los sonidos dados por las cuerdas de una guitarra cuando se toca otro instrumento ó se dan golpes en los muebles que están cerca de ella, y otros parecidos. Para presentar una teoría completa de la explosión de las mezclas y cuerpos, se deberá tener presente la influencia de las vibraciones mecánicas, al mismo tiempo que las energías químicas.

Clasificación de las materias explosivas.—Se pueden dividir en mezclas explosivas y cuerpos químicos explosivos.

Las mezclas explosivas se subdividen en mezclas con *nitrate de potasa* y mezclas con *clorate de potasa*. Entre las mezclas con *nitrate de potasa* deben ser citadas las pólvoras comunes y fulminantes. Las mezclas con *clorate* comprenden los diversos fulminantes usados en las cápsulas de fusil para Ultramar, las espoletas de tiempo para granadas de metralla y otras.

Los cuerpos químicos explosivos son muchos: yoduro de nitrógeno, *cloruro* del mismo cuerpo, *nitro-celulosa*, *nitro-glicerina* y la sustancia llamada *dinamita*. Como apéndice pueden citarse las sustancias que participan de los caracteres de cuerpo químico explosivo y de mezcla, como el *polvo picrico*, que se fabrica reuniendo, prensando y disponiendo como los elementos de la pólvora ordinaria, *dos partes de picrato amónico y tres de salitre*.

Mezclas explosivas.

Pólvora.—Es una mezcla formada por la reunión de azufre, nitrato de potasa y carbón, sentándose como principio general que el *nitrato de potasa* ha de llegar á los *tres cuartos* de la masa total y no pasar nunca de los *cuatro quintos*, y que respecto á los otros dos cuerpos, lo más conveniente es que entren por partes iguales.

El azufre juega un papel importante en la pólvora, contribuyendo á darle resistencia, pero no es indispensable. El *nitro* ó *salitre* es el cuerpo que pudiéramos llamar activo en primer grado, el que da su oxígeno, el que proporciona el comburente para el carbón. De las cualidades del carbón depende principalmente la mayor ó menor bondad de una pólvora de guerra.

En España, las proporciones más generales en que entran los ingredientes son *seis de nitro, uno de azufre* y uno de carbón, ó *seis, as y as* como se dice comunmente. Estas mismas proporciones expresadas en forma centesimal, dan 75 de *nitro*, 12 $\frac{1}{2}$ y 12 $\frac{1}{2}$.

Las fábricas españolas de pólvora adquieren:

El azufre del comercio, exigiendo que tenga una riqueza efectiva de *noventa y siete* al *noventa y ocho* por ciento, y luego lo refinan.

El carbón procedente de la *agramiza* y del *sauce*, que sólo debe perder por la desecación el *siete* ó el *ocho* por ciento, y no dejar cenizas que pasen del *dos* por ciento. El primero se prepara carbonizando en calderas abiertas de hierro los tallos del cáñamo, después de quitarle la parte textil. Ahora se prefiere ya el segundo.

El *salitre* del comercio, con una riqueza que se eleve al ochenta por ciento, afinándole después.

Fabricación de la pólvora.—Las pólvoras denominadas *densas* se preparan reuniendo el salitre, el azufre y el carbón y ejecutando las siguientes operaciones: trituración, mezcla, adición de agua, empaste, graneo, cernido, pavón, desecación y clasificación, que vamos á reunir en una descripción general.

El azufre se tritura y pulveriza en un recipiente de cuero crudo, y en el sitio por donde ha de salir se coloca una tela metálica para tamizarlo. Luego se forman las llamadas mezclas binarias, reuniendo el nitro al carbón y el azufre al carbón; se trituran éstas en toneles con planchas de palastro, y acto continuo se reúnen los tres ingredientes ó se constituye la mezcla ternaria en recipientes semejantes á los que se emplearon para moler el azufre.

Á la mezcla se añade agua, en la proporción de un *dos y medio* por ciento de su peso, y la masa total se somete á la acción de la prensa hidráulica, resultando convertida en pasta homogénea. Esta se reparte en granos en un aparato que consta de varios cilindros de bronce y un fuerte armazón. Los cilindros son en número de seis ú ocho y están dispuestos por pares; hállanse además armados con dientes y colocados oblicuamente los unos respecto de los otros.

Sepáranse luego la granza, el grano menudo y el polvorín, cerنيendo la mezcla de granos que resulta de la operación anterior en telas metálicas, cuyas mallas miden, las mayores 4'5 milímetros en cuadro, y las menores 5 décimas de milímetro.

Se orea la pólvora y se la coloca en toneles de setenta y ocho centímetros de altura, que giran sobre su eje diez veces en cada minuto. Trescientos kilogramos de pólvora sometidos á esta operación durante once horas, reciben un pavón perfecto. Abandónase al calor del sol la masa formada, y luego en telas metálicas, cuyas mallas tienen dimensiones conocidas, se separan unas de otras las diversas pólvoras.

Para la obtención de algunas se modifican los procedimientos que acabamos de indicar á grandes rasgos, y hasta las proporciones del salitre, azufre y carbón. En la de 6 á 10 milímetros se reúnen 74 del primero con 10 del segundo y 16 de carbón de sauce; la proporción de agua añadida se eleva en éstas de 3 á 3 $\frac{1}{2}$ por ciento. Para obtener la prismática se moldean los granos de 36 en 36 y se colocan en bandejas de madera que se llevan al secador.

Condiciones á que debe satisfacer una materia explosiva para que pueda ser empleada en las armas de fuego.—1.^a Proporcionar el máximum posible de fuerza impulsiva. 2.^a Ejercer el mínimum de presión inicial en el ánima del arma. 3.^a Ser uniforme su acción. 4.^a Ensuciar poco las armas. 5.^a Resistir bien sin alteración al almacenado y transporte.

La pólvora común es la única sustancia explosiva, entre las hoy conocidas, que cumple con las condiciones primera, segunda y tercera y la ménos mala en lo que se refiere á la quinta. Respecto á lo exigido en la cuarta, no se puede decir que sea muy perfecta.

Los ingredientes de que se compone son baratos y fáciles de adquirir, y variando á la vez los procedimientos de fabricación y la proporción del nitro, azufre y carbón, se pueden modificar su fuerza y efecto explosivo, adaptándolos á los que exija el arma.

Influencia del tamaño y de la forma de los granos de pólvora.—

Cuando se inflama la pólvora, la llama se comunica de unos granos á otros; cada uno de éstos arde por capas concéntricas, desde la periferia al centro, y ni la ignición ni la combustión pueden considerarse como instantáneas, por más que lo parezcan á primera vista: *una carga de pólvora tarda un cierto tiempo en estallar*. El tiempo que tarda en estallar una pólvora varía con el tamaño y la forma de los granos, y de éstos depende la influencia que ejercen estas condiciones en el *efecto explosivo*.

Para que con una carga de pólvora dada y en un arma conocida se produzca el máximum de velocidad con la presión inicial mínima, se necesita dar á cada grano una magnitud y una forma determinada. Hé aquí las señaladas para las principales pólvoras.

Pólvora prismática negra.—Tiene la forma de un prisma exagonal con siete canales. Presenta una densidad de 1'64 á 1'69; contiene el *uno por ciento* de humedad; el peso de cada prisma es de 38 gramos, tolerándose *cincuenta* centigramos de exceso ó de defecto; su altura mide 25 milímetros, el lado de la base regular, 20; el lado de la circunferencia donde están los canales, 11; los dos diámetros de éstos, 4'8 y 4'4.

Pólvora parda ó achocolatada.—Los granos tienen también la forma prismático-exagonal. Poseen un solo canal cilíndrico en el centro, y la altura y lado de la base son de igual longitud que en la anterior; el diámetro del canal es de 9 á 10 milímetros. La densidad varía desde 1'80 á 1'86.

Se guarda todavía como un secreto la fórmula de su composición, sabiéndose únicamente que el carbón que en ella se emplea es bastante rico en oxígeno. Se la prepara en la fábrica de *Hamm* establecida en *Colonia* y los ensayos comparativos verificados en *Essen* han decidido la competencia á favor suyo. En 10 de Marzo del corriente año se ha dispuesto que se la ensaye en España en grande escala.

Esta pólvora posee mayor fuerza proyectiva que la negra, y ejerce menor presión inicial en el ánima del arma; expuesta al aire arde lentamente, y sólo estalla en espacios cerrados, siendo, por lo tanto, menos peligrosa; los disparos producen un humo poco espeso y que se disipa en seguida; deja en las armas un residuo sólido insignificante y se acomoda mejor á los cañones de diferentes calibres.

Pólvora de 6 á 10 milímetros.—Su densidad es de 1'659 á 1'671. Se la utiliza en los cañones de campaña de 8 y 9 centímetros.

Existen además: la *pólvora de 5 milímetros*, la *densa de fusil* y

otras muchas que se emplean para cargar piezas de diferentes calibres, armas portátiles y proyectiles huecos.

Inflamación de la pólvora.—Debe estudiarse la energía desarrollada y los diferentes cuerpos químicos que produce. *Noble y Abel*, han demostrado que:

1.º En el momento de la explosión en un espacio cerrado, se engendran gases que permanecen luego en el mismo estado y una parte líquida que pasa enseguida á polvo sólido por enfriamiento.

2.º La materia en último término sólida, representa un *cincuenta y siete* por ciento del peso de la pólvora que se quema, y los gases sólo el *cuarenta y tres* por ciento.

3.º Los gases que permanecen en tal estado ocupan á *cero grados y setecientos sesenta milímetros* de presión, *doscientas ochenta veces* el volumen de la pólvora inflamada.

4.º La tensión se eleva á 6.400 atmósferas, cuando la pólvora llena todo el espacio en que está encerrada. Evaluada en toneladas es de *cuarenta y dos* por pulgada cuadrada.

5.º La temperatura de explosión es 2.200º centígrados.

6.º Los principales gases engendrados son *ácido carbónico, nitrógeno é hidrógeno sulfurado*.

7.º El residuo en último término sólido se compone de *carbonato, sulfato, hiposulfato y sulfuro de potasio*.

Del examen de este caso pasan al de la combustión en un arma de fuego, observando que:

Las proporciones de gases á sólidos son las mismas.

El trabajo sobre el proyectil, se debe á la fuerza elástica de los gases que permanecen bajo la forma de tales gases después del experimento.

La reducción de temperatura debida á la expansión, se compensa por el calor almacenado en el líquido que luego se solidifica.

El trabajo teórico de una libra de pólvora quemada, es de 144 *metros-toneladas* ó lo que es lo mismo, igual al que se necesitaría gastar para levantar 144 *toneladas* á un metro de altura.

Hé aquí el trabajo teórico que puede obtenerse mediante la combustión de pesos iguales de otros explosivos.

Nitro-celulosa ó algodón pólvora.	212	metros-toneladas.
Nitro-glicerina.	338	„
Picrato de potasa.	149	„
Polvo píerico.	182	„
Picrato y clorato de potasa mezclados.	232	„
Cloruro de nitrógeno.	64	„

Noble y Abel han estudiado también la influencia que ejercen los distintos grados de la humedad absorbida por la pólvora en su fuerza proyectil, obteniendo las siguientes cifras:

<i>Proporción de humedad.</i>	<i>Velocidad en la boca del arma.</i>	<i>Máximum de presión.</i>
0,7	463 metros por segundo	22,02 toneladas
0,8	461 >	21,88 >
0,9	459 >	20,77 >
1,0	457 >	20,18 >
1,1	455 >	19,63 >
1,2	453 >	19,12 >
1,3	452 >	18,63 >
1,4	450 >	18,18 >
1,5	449 >	17,76 >

Fulminantes.—Reuniendo cuatro partes de fulminato mercúrico y una de nitrato de potasa, se forma el fulminante empleado en las cápsulas de fusil destinadas al ejército de la Península y en las espoletas de percusión.

Con 13 partes del fulminato humedecido, 52 de clorato potásico, y 35 de sulfuro de antimonio, se obtienen 76 del fulminante que se aplica á las cápsulas de cartuchos metálicos y espoletas de tiempo para las granadas de metralla.

La asociación de 10 unidades en peso del mismo fulminato mercúrico húmedo, con 5 de clorato potásico proporciona 13 del que se gasta en la fabricación de las cápsulas para Ultramar y de los cartuchos Lefaucheux.

Los estopines de fricción contienen sólo una mezcla por partes iguales de sulfuro de antimonio y clorato de potasa, en vez del fulminato con que antes se les cebaba.

Cuerpos explosivos.

Nitro-celulosa.—Recibe también el nombre de *algodón pólvora*. Procede de la sustitución de tres átomos de hidrógeno de la materia llamada celulosa, por tres moléculas de *peróxido de nitrógeno*.

Posee los caracteres físicos del algodón en rama, pero es algo más áspera al tacto y cruje cuando se le estira. Golpeada estalla sólo la parte percutida. Prendiéndola fuego con una llama cualquiera ó elevando á 200° su temperatura, deflagra toda la masa.

Se prepara tomando algodón, libre de impurezas, blanco y bien cardado, secándole primero, y sumergiéndole luego, durante veinte

minutos, en una mezcla de *tres partes* de ácido nítrico puro y *fu-
mante* y *siete de ácido sulfúrico* que marque 66° B. Trascorrido el
tiempo fijado se lava el algodón repetidas veces con agua á chorro.
Es conveniente también someterle á una rápida loción con un álcali
muy diluido.

El algodón debe permanecer en el fondo de la mezcla de ácidos,
porque la acción del aire sobre él da lugar á un desprendimiento de
vapores nitrosos y se pierde por completo la operación. Se le ha
aplicado mucho á la carga y explosión de barrenos.

Nitro-glicerina.—Procede de la sustitución de tres átomos de
hidrógeno por tres moléculas de *peróxido de nitrógeno* en las sus-
tancia denominada *glicerina*. Es oleaginosa y blanca como el pro-
ducto de donde se deriva, si es pura; en el comercio se presenta con
un color semejante al del ámbar amarillo. Se disuelve bien en di-
ferentes alcoholes y en el éter; pero es insoluble en el agua. Se so-
lidifica á los cinco grados bajo cero y se descompone á 100°. Obra
como un veneno enérgico cuando penetra hasta el torrente circula-
torio. La descomposición espontánea ó un choque ligero, bastan
para hacerla estallar.

Se prepara depurando y concentrando á 30° B, la glicerina co-
mercial, y echando luego gota á gota *quinientos gramos* de esta sus-
tancia en la mezcla ya fría, de *un kilogramo de ácido nítrico* de
50° B con *dos kilogramos de ácido sulfúrico* de 66° B. Revolviendo
á cada instante con una espátula se evita que se acumule en cual-
quier región del líquido una gran cantidad de glicerina, cosa que
pondría en grave peligro á la operación y al operador.

Se abandona la mezcla durante *diez minutos* y se agrega ense-
guida agua en la proporción de seis veces el peso de la mezcla. Ha-
ciendo girar la masa líquida total, se va precipitando al fondo la
nitro-glicerina que se decanta y se lava.

La *nitro-glicerina* se aplica principalmente á la fabricación de
la dinamita.

Dinamita.—Es el polvo de una materia inerte empapado en
nitro-glicerina. Se utiliza para esto el de sílice, tripoli, ladrillo; y
basta colocarle en una caja de plomo, no muy alta, y verter sobre él
la nitro-glicerina, para obtener esta poderosa materia explosiva.

La dinamita es más facil de manejar que la *nitro-glicerina*, y
no detona sino bajo la influencia de un fulminante ó por las más
violentas percusiones. Las cápsulas con que se la hace estallar co-
munmente, contienen *ochenta por ciento de fulminato mercúrico*

y veinte de clorato potásico. De seis decigramos á un gramo de esta mezcla, bastan para dar fuego á un cartucho de dinamita.

La electricidad ó una mecha ordinaria de minas son los medios que se aplican á producir la explosión de estas cápsulas de fulminante, que se comunica en último término á los cartuchos de dinamita. La dinamita detona también en el agua siempre que se la prenda un instante después de arrojarla en el seno de este líquido. Cuando la dinamita está helada, es necesario emplear cápsulas cargadas con 1,50 gramos de fulminato puro para hacerla estallar, no sirviendo por lo tanto las del comercio, que contienen á lo más *veinticinco centigramos*. En tiempo de frío conviene emplear los llamados *petardos de dinamita*, en los que la dinamita está colocada en unos tubos de hoja de lata que tienen especialmente preparado el alojamiento de las cápsulas.

La dinamita es *siete* veces más enérgica que la pólvora en poder de destrucción, y empleada como carga interior para las granadas, produce mayor número de cascotes y los dispersa más.

Se la prepara del modo antes dicho, teniendo cuidado de no poner la nitro-glicerina con exceso, para evitar los daños que ocasionaría un derrame de este líquido. Los cartuchos de dinamita se forman con un papel fuerte é impermeable, y tienen 22 milímetros de diámetro por 10 ó 12 centímetros de altura, y 100 gramos de peso. Puede empaquetársela en cajones forrados interiormente con plancha de zinc. Se la aplica á la explosión de minas, barrenos y carga de granadas.

APÉNDICE B.

Tierras.—Denominanse así, comunmente, los diferentes compuestos de algunos metales, como el calcio, el aluminio y otros. Unas pueden ser calificadas de alcalinas, las del primero de los metales nombrados, por ejemplo, y otras de no alcalinas, como las que contienen al segundo.

Estos cuerpos forman la parte más considerable de la corteza sólida del globo, pudiéndose decir que bajo este aspecto son el calcio y el aluminio los dos elementos metálicos que tienen mayor importancia. Aislados y separados de las demás sustancias, el primero carece de ella y el segundo comienza sólo á tenerla; en combinación tienen numerosas aplicaciones.

Piedras naturales.—Empléanse en la construcción piedras procedentes de rocas muy diversas, como las calizas ordinarias, los mármoles, las areniscas, los granitos, los pórfidos, las lavas, las traquitas y las pizarras. Para los firmes de las carreteras, piso de las calles, etc., se usan los pedernales, los basaltos y otras materias.

Las *calizas comunes* ó carbonatos de cal dan efervescencia con los ácidos, y se reducen á cal viva calentadas en hornos á propósito. Sus canteras se encuentran generalmente formadas por bancos horizontales colocados unos sobre otros. El peso de un metro cúbico varía desde *dos mil á dos mil setecientos kilogramos*, según los distintos grados de compacidad. Su resistencia á la ruptura oscila entre 130 y 790 kilogramos por centímetro cúbico.

Los *mármoles* tienen mayor densidad y compacidad, grano fino, adquieren hermoso pulimento y poseen á veces notables colores; su precio es, por todo esto, muy superior, destinándoseles á las construcciones ricas y suntuosas.

Las *areniscas* son piedras compuestas por granos de sílice más ó menos finos, aglutinados con un *cemento* que puede ser de naturaleza caliza, cuarzosa ó arcillosa. Las primeras poseen grados de dureza muy variables, y pueden ser detestables piedras de construcción; las segundas son durísimas y tienen comunmente granos muy finos; las terceras se hallan teñidas por colores grisáceos, y parecen en la cantera algo más blandas que las anteriores, pero se endurecen al aire.

Los *granitos* son muy conocidos en Madrid y otros puntos de España. Hay algunos que se descomponen con gran facilidad, y otros que resisten bastante á la humedad y á la presión. Se consideran como tipos de granito los formados por el cuarzo, feldespatos y mica: los utilizados en Madrid, procedentes del Guadarrama, tienen grandes láminas de *anfíbol*. El peso de un metro cúbico de granito debe ser por lo menos de *dos mil setecientos kilogramos*. Deben ensayarse en las construcciones de compromiso, porque su resistencia varía mucho de unas á otras formaciones.

Los *pórfidos* son masas formadas por una pasta feldespática en la cual hay empotrados cristales de las mismas sustancias que le constituyen. Son piedras cuando buenas, caras, que se han empleado mucho en la antigüedad en magníficas construcciones. Poseen una gran dureza y han debido ser siempre y para toda clase de medios, muy difíciles de pulimentar. Puede recordarse como tipo el *pórfido rojo*, tan empleado por los romanos.

Las *lavas* son los productos líquidos de los volcanes actuales. Las masas que vierten éstos se extienden por los flancos de la montaña, formando capas más ó menos espesas, y se solidifican luego adquiriendo bastante dureza.

Las *traquitas* proceden de volcanes antiguos.

Las *pizarras* son de color grisáceo oscuro tipo, de estructura laminar; se pueden separar en *lajas* más ó menos extensas y homogéneas, y se aplican á cubrir techos y otros usos.

El siguiente cuadro es un resúmen de las propiedades indicadas:

PIEDRAS.	CARACTER GENERAL.	Localidades españolas.	Peso de un metro cúbico — Kilógramos.
Caliza común.	Da efervescencia con los ácidos..	Abundantísima.	2.300
Mármoles. . . .	Grano fino. Textura compacta. . .	"	2.400 á 2.700
Arenisca. . . .	No da efervescencia. Textura granugienta.	Valencia, Ciudad-Real, etc.	2.800
Granito.	Muy duro. Poco homogéneo. Cristalino.	Madrid, Avila, Segovia.	2.800
Pórfidos.	Muy duro. Buen pulimento.	Pirineos.	2.850
Lavas.	Algo porosas.	"	3.250
Traquitas. . . .	Duras y porosas.	"	2.800
Pizarras.	Frágiles y exquisitas.	Extremadura.	2.800 á 2.937

En el extranjero se explotan: la caliza común y compacta en *Bélgica*, *Chateau-Landon*, etc.; el marmol sacaroideo en *Italia* y *Grecia*; las areniscas en *Fontainebleau*; los granitos en *Normandía*, *Bretaña*, *Noruega*, etc.; los *pórfidos* en los *Vosgos*; la *lava* en *Volvic*; la *traquita* á *orillas del Rhin* y las *pizarras* en los *Ardennes*.

La investigación de las canteras se funda en el conocimiento mineralógico y geológico del suelo. Cuando examinando éste se encuentran en él formaciones de rocas convenientes para la construcción, hay que averiguar en seguida, por medio de catas, cuál es el espesor de la formación y cuáles la naturaleza y condiciones de la piedra en el interior del terreno. Para ensayar la piedra obtenida puede sumergírsela en una disolución de sulfato de sosa y exponerla luego al aire, porque la cristalización de esta sal produce un efecto semejante á la formación del hielo en su interior; este es el procedimiento que propuso hace ya años *M. Brard*. Conviene también analizar químicamente las que proceden de canteras recién descubiertas.

Su resistencia á la presión se determina ejerciendo enérgicamente ésta sobre pequeños prismas de altura y sección conocidas. La repetición de estos ensayos ha hecho observar que las piedras

homogéneas, compuestas de grano fino, se separan en láminas verticales antes de reducirse á polvo; las blandas se descomponen en pirámides, cuyas bases son las caras del sólido sometido al experimento y cuyos vértices entran todos en el centro; en este segundo caso se advierte además que las dos pirámides verticales hacen el oficio de dos cuñas que separan á las demás.

Cuando se ha dado á diversos fragmentos de una misma piedra la forma de prismas semejantes, las fuerzas necesarias para romperlos son proporcionales á las áreas de sus secciones transversales; si las áreas de estas secciones son *equivalentes*, la resistencia aumenta cuando el perímetro que limita la misma área es menor. La comparación de unas piedras con otras puede hacerse sometiendo á la presión prismas iguales ó cuerpos de formas diferentes, con tal que luego se tengan en cuenta las indicaciones anteriores para juzgar de la resistencia de unas ú otras piedras.

El aserrado de las piedras duras se practica hoy ya en todos los países adelantados con mecanismos movidos por el vapor, semejantes á los empleados para el hierro y las maderas.

Piedras artificiales.—Para muchas aplicaciones empieza á encontrarse más cómodo y más económico preparar piedras artificiales de la forma pedida, que sacarlas de la cantera y aserrar las naturales. Las que se han colocado en diferentes puntos de Madrid tienen un color gris azulado semejante al de ciertas margas; poseen bastante dureza y no parece dan malos resultados.

La asociación de polvo mineral por un cemento y la fuertísima presión ejercida luego sobre él, son las operaciones fundamentales de esta industria y de otras que le son bastante semejantes.

APÉNDICE C.

Maderas.—Proceden del tronco de los árboles y arbustos y son sustancias de estructura fibrosa; bastante compactas muchas, duras y resistentes algunas, fáciles de adaptar á diferentes formas las más.

Químicamente consideradas, son una aglomeración de cuerpos compuestos por el carbono, el oxígeno, el hidrógeno, el nitrógeno y pequeñas cantidades de materias minerales; las materias minerales cambian mucho de proporción en las distintas plantas y diferentes suelos; los cuerpos primeramente indicados, varían muy poco de unas á otras maderas. Sometidas á la destilación en cilindros de

hierro, dan del 40 al 45 por ciento de agua; ácido *piroleñoso* ó *vinagre de madera*; carbón y otras sustancias en cantidades menores.

En las maderas debe distinguirse la *densidad aparente* de la *densidad real*. La primera es la que ofrecen las maderas tales como se presentan en el comercio, y depende en gran parte de los intersticios, de las lagunas, de las porciones numerosas llenas de aire que hay en ellas; la segunda es la que se determina descartando estos espacios.

Maderas de construcción.—A falta de una clasificación verdaderamente natural, vamos á exponer los caracteres de las que tienen mayores aplicaciones, separándolas en grupos por sus procedencias y ordenándolas en cada grupo por sus nombres.

Maderas de la Península.—*Álamo negro.*—Densidad, 0'700. Es correosa, admite bien el clavazón y herraje y no se raja fácilmente. Se la emplea en las lanzas, cajas de eje, ejes, brancales, cubos de rueda, espeques, etc.

Castaño.—Densidad, 0'685. Dura y fibrosa; más ligera que el roble, más dura que la encina. Se la utiliza para las cajas de municiones.

Chopo.—Densidad, 0'629. Blanca, esponjosa y blanda. Se emplea en las obras de torno.

Encina.—Densidad, 0'905. Color amarillento recién cortada, y casi negra después; con fibras rectas, muy compacta y sumamente dura. Resiste bien la humedad y sequedad. Se aplica á los ejes de cureña de plaza, rayos de las ruedas, pinas y espeques.

Fresno.—Densidad, 0'787. Blanca, con fibrillas ó vetas longitudinales rojizas. Es muy elástica y recia. Se apolilla. Se utiliza para los afustes, bases de martinete y balancines.

Haya.—Densidad, 0'720. Dotada de fibras muy compactas; fuerte, correosa y de color pardo claro. Se pulimenta difícilmente y la ataca la polilla. Se pudre cuando permanece mucho tiempo en el agua, y se raja si está seca. Fabricanse con ella lanzas, cajas, espoletas y otros útiles.

Nogal.—0'656 de densidad. Madera de fibras unidas que admite hermoso pulimento. Debe preferirse la que tiene un tinte mantecoso. Se apolilla fácilmente y admite poco clavazón. Se aplica á los afustes de mortero y cajas de fusil.

Pino.—Densidad 0,569. Resiste bien la humedad. Es fuerte, resinosa y elástica. Se emplea para cajones de empaque, brancales de marco.

Roble.—Densidad 0,760. Dura, grano fino, resiste bien la inmersión en el agua. Se emplea en las ruedas, mazos, espeques y esplanadas.

Observación.—Las maderas, llamadas *durmientes*, que se enterran en las esplanadas de artillería, deberían saturarse antes con el *sulfato de cobre* por el procedimiento expuesto por *Boucherie* ú otro medio cualquiera, que las defendiese de la putrefacción.

Maderas de Cuba.—*Acana*, Densidad 1,230. Color morado. Poco elástica, dura y compacta. Se emplea en tirantes y ruedas de cureñas.

Caoba.—Densidad 0,850. Color rojizo, compacta y dura. Se la utiliza para los cureñajes y espoletas.

Cedro.—Densidad 0,480. Color rosado, blanda y porosa. Se la destina al cureñaje.

Ébano.—Densidad 1,140. Negra, fina, facil de pulimentar. Se hacen con ella puños de armas blancas.

Majagua azul.—Densidad 0,940. Correosa, pero se labra bien. Se la utiliza en juegos de armas y cajas de fusiles.

Maderas de Filipinas.—Las principales son las llamadas: *Amuguis*, *Baticulín*, *Dungon*, *Ipil* y *Molave*, que es la que se aprecia más para las diferentes construcciones.

ÍNDICE

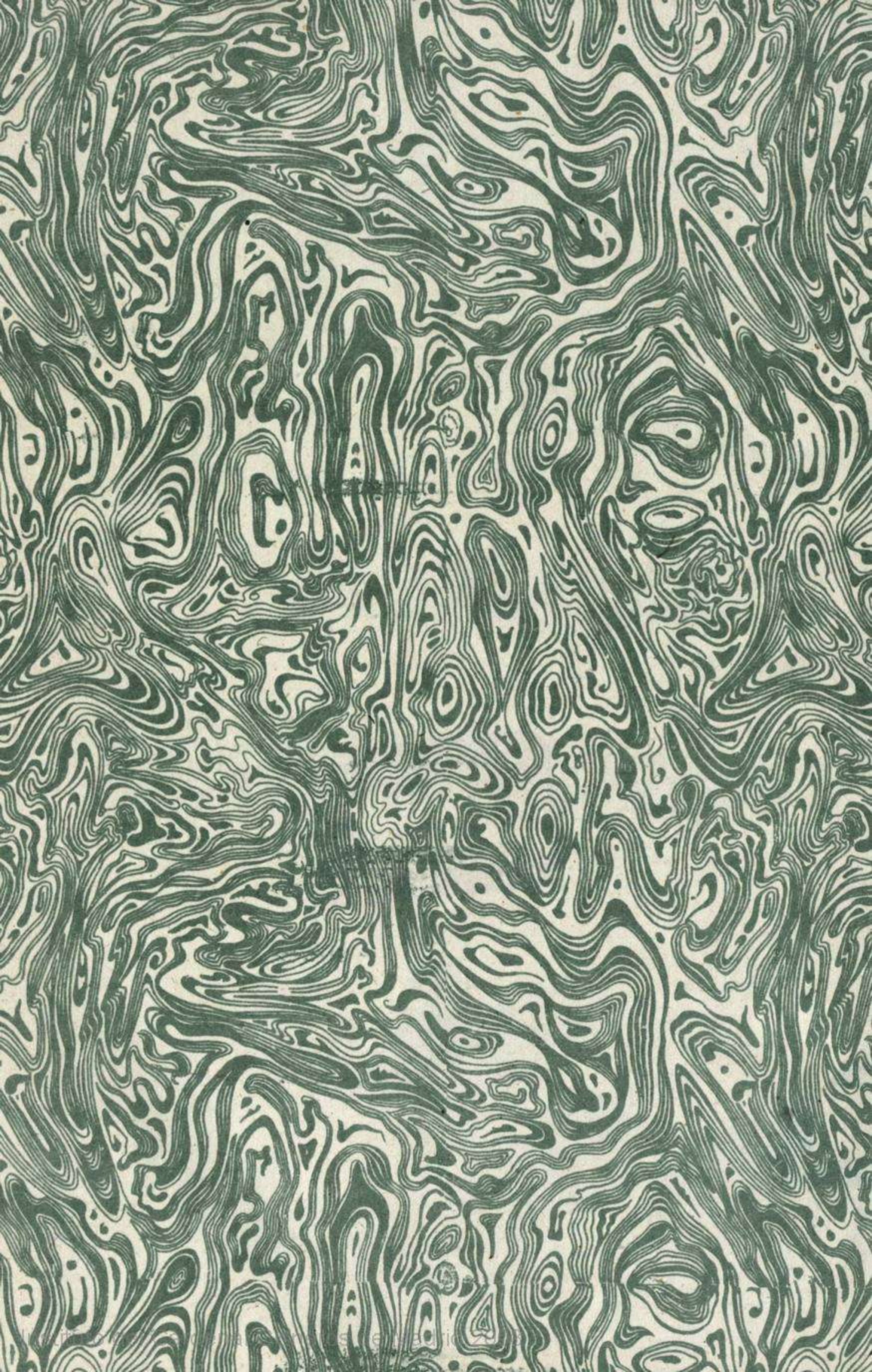
	<u>Pá ginas</u>
Nociones preliminares: nomenclatura.....	5
Combinación y disociación químicas: leyes fundamentales.....	11
Teoría atómica.....	14
Notación química y fórmulas.....	17
Metaloides: generalidades.....	19
— monoatómicos.....	20
— diatómicos.....	23
— triatómicos.....	35
— tetraatómicos.....	41
Metales: generalidades.....	49
— monoatómicos.....	52
— diatómicos.....	55
— triatómicos.....	64
— tetraatómicos.....	65
Apéndice A: sustancias explosivas.....	66
Mezclas explosivas: pólvoras: fulminantes.....	70
Cuerpos explosivos.....	74
Apéndice B: tierras, piedras naturales y artificiales.....	76
Apéndice C: maderas.....	79

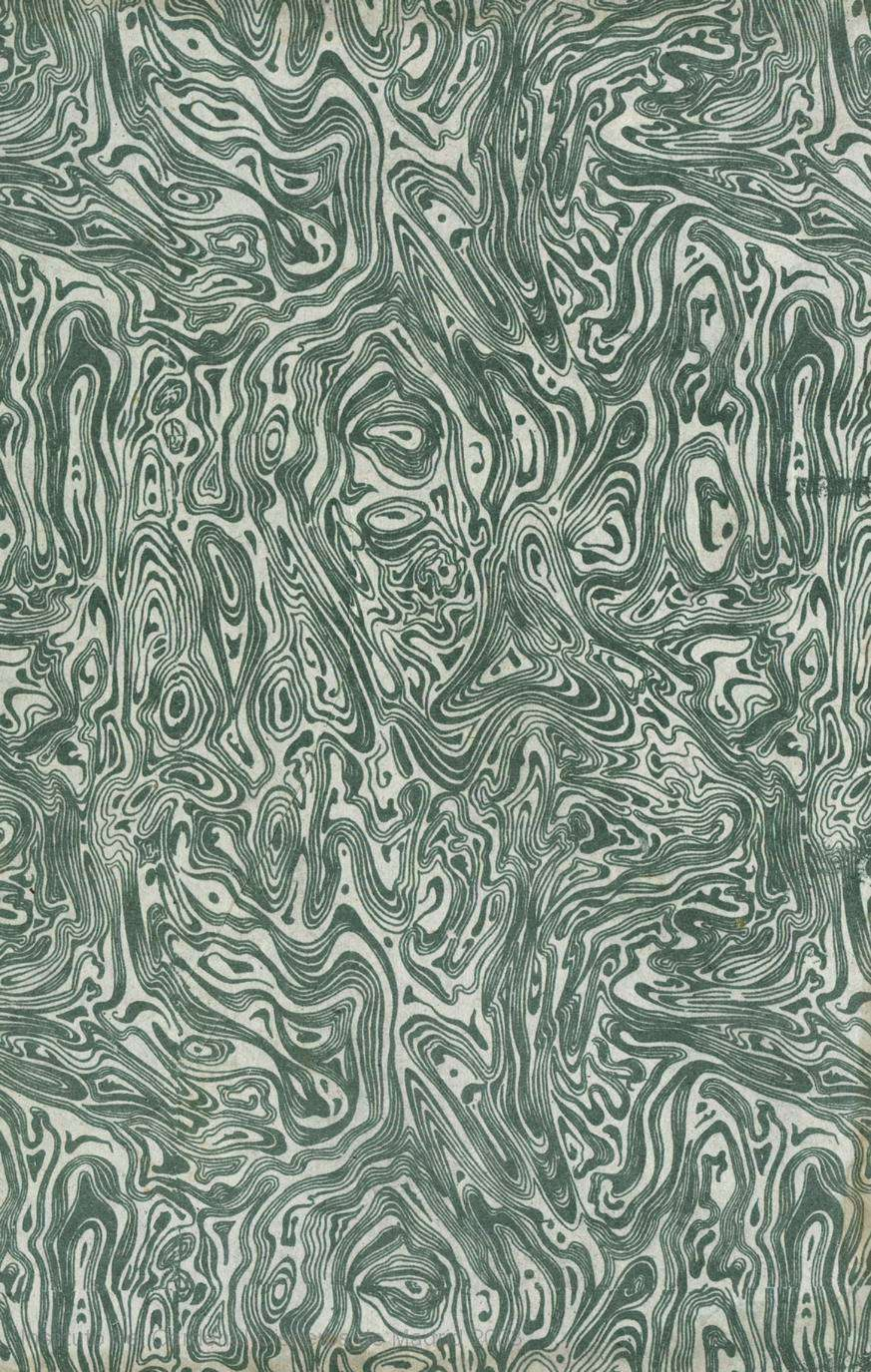


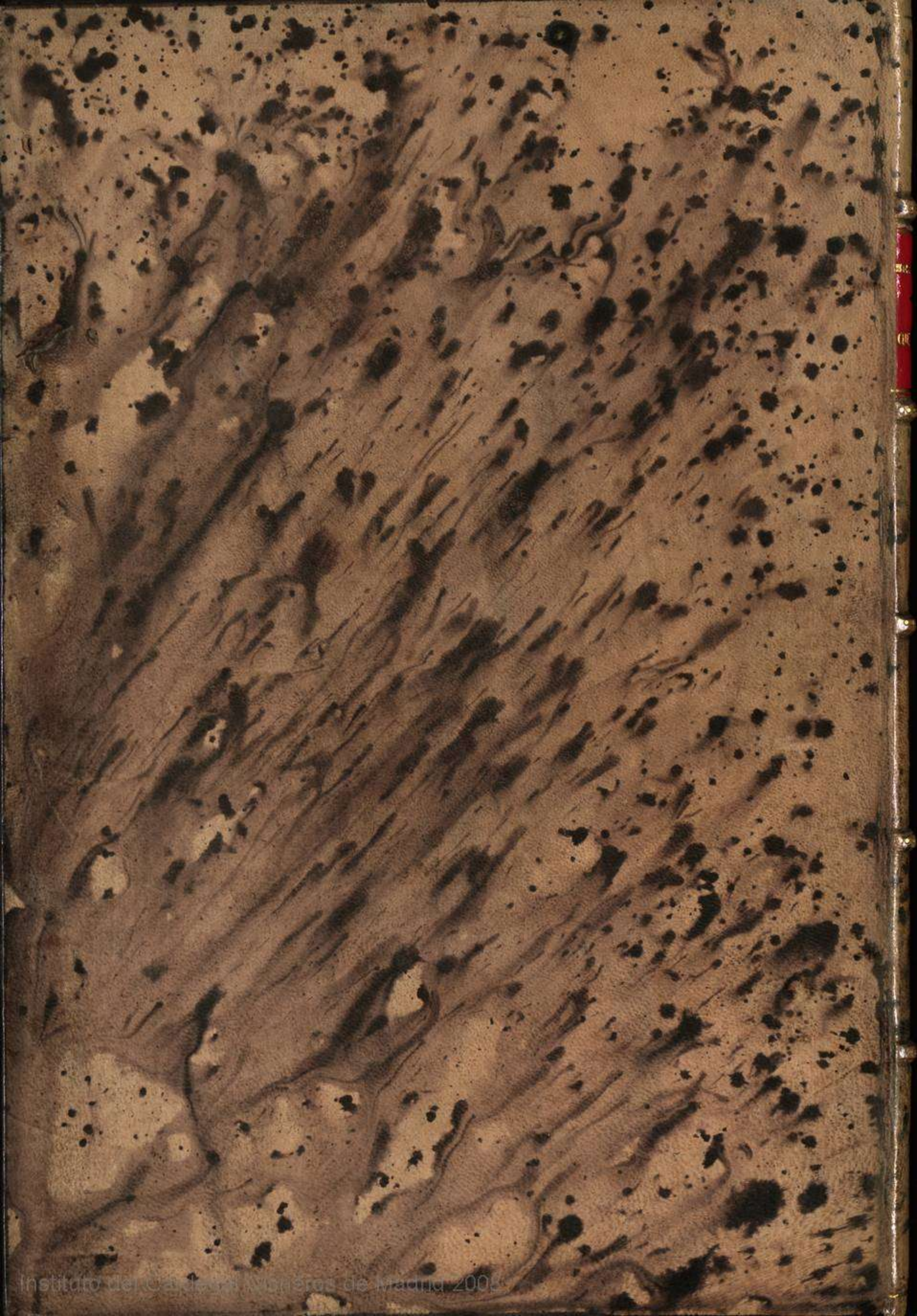
NOTA. En cada una de las secciones caracterizadas por la atomicidad, se encontrará el estudio de los metaloides y metales fijados en el programa y el del pulido, dorado y demás aplicaciones pedidas.

MADRID











BERNARD

QUINCY