

valía aquel célebre geómetra eran como las que acabamos de describir: pero como su espesor (casi una línea) era demasiado reducido para que se las pudiera emplear solas y sin guarnición, estaban puestas cada una sobre una pieza de madera perfectamente acoplada, en la cual estaba contenida entre pequeñas monturas que las mantenían sin

la división menor de la regla. Sea LL' (fig. 707) esta regla, y 0, 1, 2, ..., las divisiones trazadas en su arista. El nonio VV' es una regla más pequeña cuya longitud total abarca nueve divisiones de la primera, y que está dividida exactamente en diez partes iguales, de suerte que una de sus divisiones equivale á los $\frac{9}{10}$ de una división de la otra.

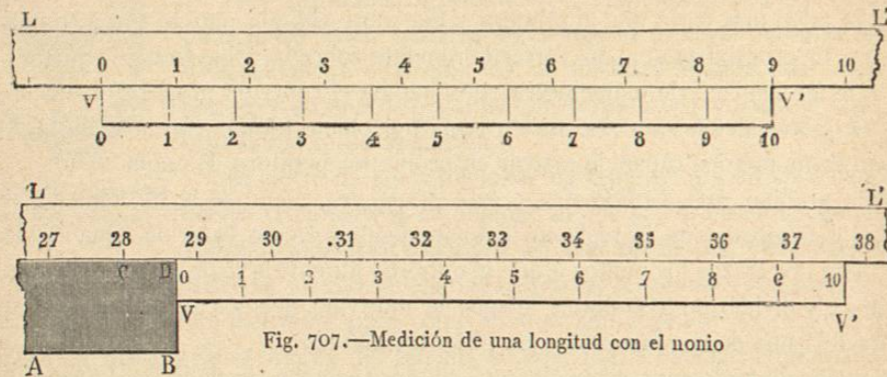


Fig. 707.—Medición de una longitud con el nonio

Sea AB el extremo de la línea que se trata de medir, y sobre la cual se ha puesto la regla grande LL' ; por hipótesis, la división 28 no llega más que hasta C , quedando aún por medir la porción CD , menor que una de las divisiones. Para valuarla, se llevará el nonio VV' más allá de los puntos B ó D y se examinará (con la lente si es necesario, porque aquí se han agrandado adrede las dimensiones de las divisiones de las dos reglas) qué trazo del nonio coincide con uno de la regla grande. En el grabado es el 7.º. De aquí se de-

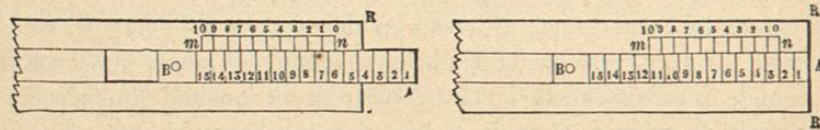


Fig. 708.—Medición de una longitud con el nonio

ducirá que la parte no medida CD vale 0,7, y por consiguiente, que la línea total que se trataba de medir tiene por longitud 28,7. Fácil es comprenderlo así, por cuanto el trazo 6 del nonio está 0,1 á la derecha del trazo 34, 0,2 á la del trazo 33, y así sucesivamente. El trazo 0 del nonio está, pues, 0,7 á la derecha de la división 28.

En la medición de las bases geodésicas se medían los intervalos de dos reglas sucesivas con el nonio mn (fig. 708), cuyas divisiones, trazadas en uno de los extremos, eran fijas. Una reglilla móvil de corredera llevaba las divisiones de la regla grande. Se corría esta reglilla hasta el punto requerido, y se leía fácilmente el número entero de estas divisiones en la parte situada más allá de RR ; aquí es el 3. Buscando entonces el trazo del nonio que coincide con otro de la reglilla, se encuentra el n.º 7, y por consiguiente la porción de intervalo medida era 3,7 con 0,1 de diferencia. En el grabado, es el trazo 2 de la reglilla el que coincidía primero con el cero del nonio y que ha avanzado á la derecha 3,7 divisiones. Lo propio sucede, pues, con el punto A .

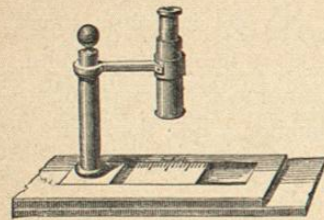


Fig. 709.—Uso del nonio en el aparato de Borda

La figura 709 presenta la colocación de las dos reglas de cobre y de platino en el aparato de Borda para valuar la dilatación aparente del cobre y de la temperatura correspondiente. Las divisiones estaban trazadas en una espiga fija en la regla de platino y móvil en una ranura practicada á lo largo de la regla de cobre. En el borde interior de la misma regla estaban trazadas las del nonio, cuyas indicaciones se leían con el microscopio fijo en la regla de cobre.

estorbar su dilatación. “Un techo cubría las piezas de madera, dice Delambre, con objeto de preservar las reglas de los rayos del sol, que hubieran producido en el cobre una dilatación rápida, al paso que el platino, guarecido por el cobre, se hubiera caldeado mucho más despacio; de suerte que la marcha del nonio habría indicado algunos instantes una dilatación absoluta y no una alongación relativa. Pero en aquel techo se habían practicado unos orificios para que el observador pudiera ver continuamente las reglas y advertir cualquier desarreglo que ocurriera en ellas. De esto resultaba un inconveniente, y era que, por mañana y tarde, cuando el Sol tenía poca altura, el techo no interceptaba los rayos demasiado oblicuos, y para impedir que dieran en las reglas, hacía extender, pero sólo á la parte del Sol, una tira de lienzo sujeta al tejadillo y que reflejaba ó detenía los rayos.”

CAPÍTULO V

DESTILACIÓN.—EVAPORACIÓN

I

LA DESTILACIÓN

Hay dos fases en la operación á que se da el nombre de *destilación*, la cual tiene por objeto separar un líquido de las materias extrañas que contiene en disolución, ó de otro líquido con el cual se halla mezclado.

La primera fase consiste en reducir el líquido al estado de vapor por ebullición. Si contiene substancias extrañas en disolución, sales por ejemplo, como las hay en la mayoría de las aguas naturales, de fuente, de río ó de mar, la parte acuosa es la única que se vaporiza; las substancias extrañas quedan en el fondo de la vasija, y la separación efectuada. Si está mezclado con otro líquido de diferente naturaleza, la ebullición los separa también, en parte al menos, puesto que la temperatura de ebullición de líquidos diferentes no es la misma, y entonces uno de ellos se reduce á vapor antes que el otro.

Como el objeto que se persigue en ambos casos es obtener con mayor ó menor pureza el líquido en cuestión, es preciso, después de reducirlo á vapor, hacerle cambiar de estado ó volverlo á su estado primitivo. Este es el objeto de la segunda fase de la destilación, el cual se consigue fácilmente condensando por enfriamiento el vapor producido. La destilación es una operación industrial de muy antiguo conocida, que se lleva á cabo con un aparato llamado *alambique*.

Consiste en una caldera a llamada *cucurbita*, sobre la cual hay una retorta bc á la que se da el nombre de *capitel* ó *montera*. Puesta sobre un hornillo y llena del agua que se ha de destilar, comunica por d con la parte del aparato llamada *serpentin* á causa de su forma espiral. El vapor que se forma por ebullición sobre el agua de la cucurbita pasa al serpentin y se condensa en él por efecto de su contacto con las paredes, continuamente enfriadas, de una tina en la que está metido el serpentin. El *agua destilada* sale de la tina cayendo en una vasija g . La condensación incesante del vapor no puede efectuarse sino por el cambio del calor de vaporización y la elevación de

temperatura del agua de la tina *e*. Importa, pues, que se renueve el agua fría á medida que tiene lugar la destilación, lo cual se consigue por la llave *k*, que lleva agua fría al fondo de la tina por el embudo y el tubo *hd*, mientras el agua caliente sale por un tubo *i* adaptado á lo alto de la tina.

Empléase el alambique á bordo de los buques para destilar agua de mar, y hasta cierto punto puede suministrar el agua dulce necesaria para las tripulaciones. El agua destilada de este modo viene á costar un céntimo el litro.

El aparato destilatorio es más complicado cuando los líquidos mezclados son desigualmente volátiles, como los alcohólicos. Con un alambique común y á fuerza de destilaciones, se conseguiría sin duda destilar hasta cierto grado de pureza un líquido concentrado; pero este líquido, el alcohol por ejemplo, conservaría en este caso un gusto empireumático que conviene disipar. Esto se consigue con un

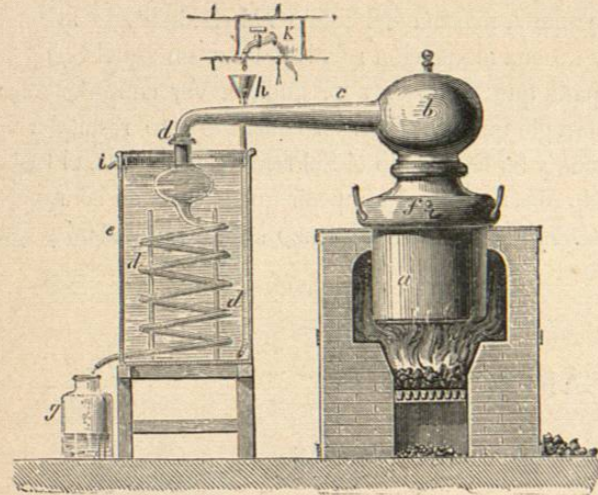


Fig. 710. — Alambique: aparato de destilación

común y á fuerza de destilaciones, se conseguiría sin duda destilar hasta cierto grado de pureza un líquido concentrado; pero este líquido, el alcohol por ejemplo, conservaría en este caso un gusto empireumático que conviene disipar. Esto se consigue con un

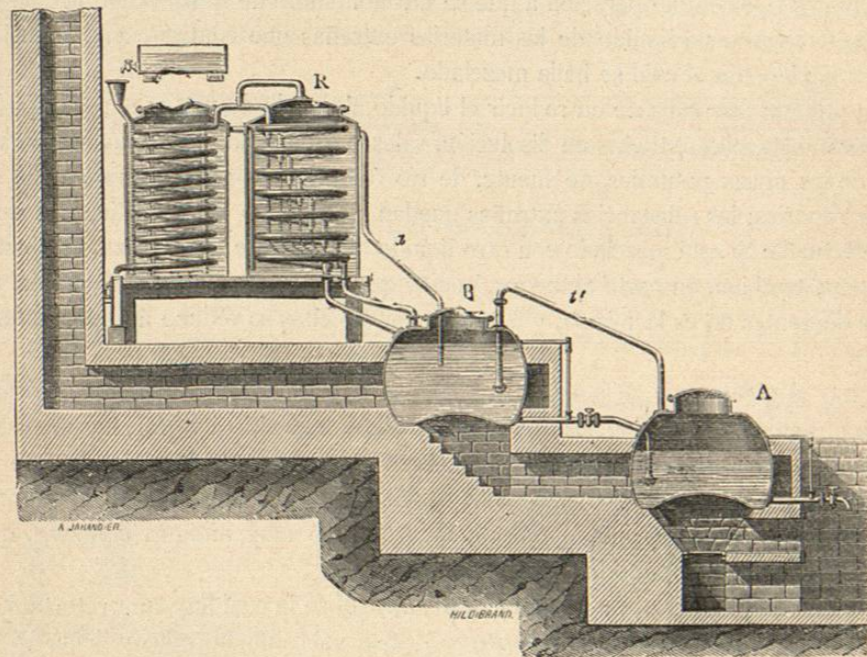


Fig. 711. — Aparato Laugier: destilación del alcohol

aparato como el representado en la figura 711, que vamos á describir sucintamente.

A es la caldera calentada directamente por el hogar; B otra caldera calentada por los gases perdidos de la combustión, cuyo calor se aprovecha de esta suerte. Dos tinas frigoríficas R, R', contienen serpentines en los cuales se efectúa la condensación del lí-

quido que se destila. Este líquido, que es el vino por ejemplo, llena todas las partes del aparato, calderas y tinas. Introdúcese primeramente en la tina R', pasa por un tubo á R, de allí por el tubo *a* á la caldera B y por el *t* á la A. El vapor sigue una marcha precisamente contraria. De A pasa por *t'* á la caldera B; de ésta, por *b*, sube á R donde se condensa en parte en una serie de roscas de hélice: el líquido condensado vuelve á B por el tubo de retorno *c* común á las hélices, y la parte no condensada del vapor pasa al serpentín de R' donde se condensa á su vez.

He aquí cómo se efectúa la operación. Cuando el líquido ha llegado en la caldera B al nivel de la boquilla de regadera, se suspende su entrada, se llena la caldera A en sus tres cuartas partes, y se la caldea. Entonces, mientras la parte más alcohólica corre por el serpentín, la más acuosa vuelve á B, cuyo nivel aumenta al paso que el de A baja.

Cuando este último queda reducido á la cuarta parte, se vierte por la espita de evacuación el residuo ó *vinaza*. Abrese la espita *t*, y A se llena á expensas de B, después de lo cual se vuelve á introducir líquido por *r*, sin interrumpir ya su entrada, hasta que B, que recibe líquido de tres partes, se llena de nuevo y A se reduce como antes. En seguida se vuelve á empezar la operación, y así sucesivamente.

La destilación del vino, así como la de todos los líquidos fermentados sacados de los cereales, como trigo, centeno, cebada germinada, maíz, patatas, remolachas, etc., ha adquirido gran desarrollo en todos los países de Europa y de América: es la operación terminal de una industria considerable, la fabricación del alcohol. Los aparatos destilatorios son muy variados: en Francia y en Bélgica, además del aparato Laugier, que acabamos de describir, se usan los de Cail y de Champonois; en Alemania, los de Dorn, Gall y Siemens; y en Inglaterra, el de Coffey, representado en la figura 712 (1). En el *Diccionario de Química* de Wurtz puede verse la descripción de estos aparatos, cuyo principio físico bastaba dar á conocer aquí.

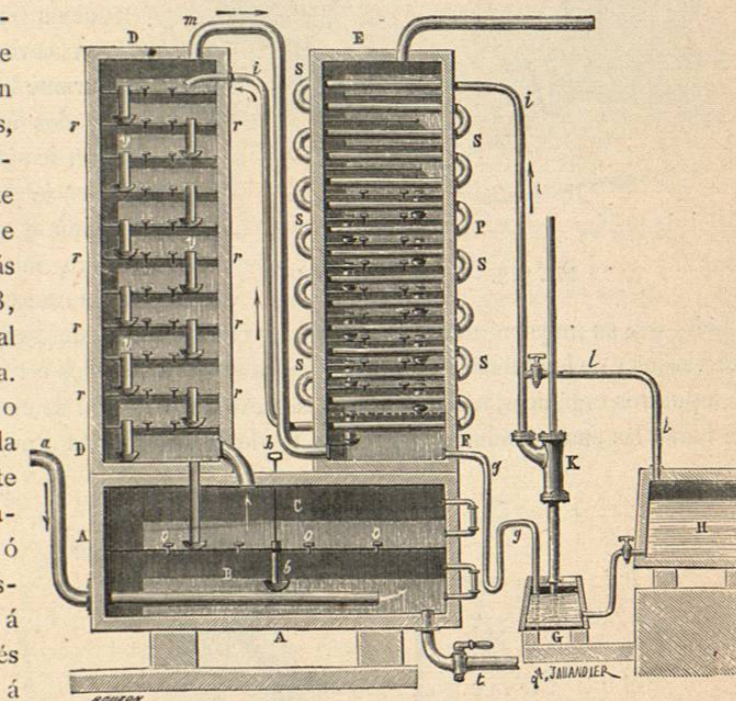


Fig. 712. — Aparato Coffey para la destilación del alcohol

(1) "Para dar una idea de las dimensiones de un aparato de Coffey, bástanos decir que los Sres. Currie, de Bow, cerca de Londres, obtienen en ellos anualmente 4.775,000 litros de alcohol á 65 grados (*over-proof*) por la destilación del mosto fermentado de cebada y de avena con adición de malto. Esta sola casa paga al Estado más de 400,000 libras esterlinas (10 millones de pesetas) de derechos por año." (*Diccionario de química*, art. *Alcohol*.)

Los aparatos de que acabamos de tratar se usan en la grande industria que tiene por objeto la destilación y rectificación de alcoholes. En los laboratorios de química, donde con frecuencia se necesita purificar un cuerpo volátil y separarlo de las partes

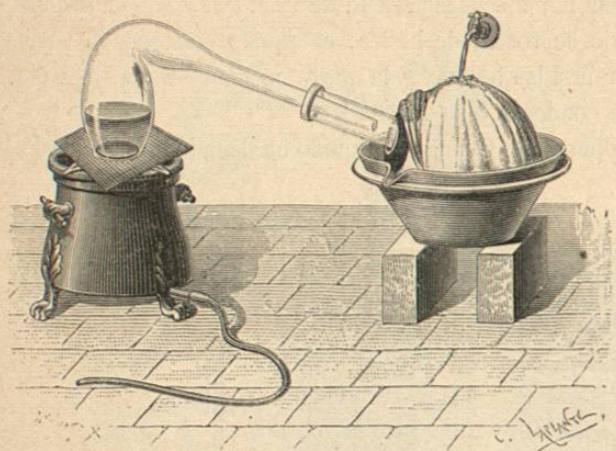


Fig. 713.—Aparato destilatorio

fijas que contiene en disolución, se recurre á la destilación, y los aparatos que para ésta sirven son bastante sencillos, como se ve por las figuras 713 á 717. Unos globos de vidrio A y C, unidos por unos tubos que hacen las veces de serpentín y que durante la operación están rodeados de una corriente continua de agua fría, son las piezas esenciales, cuyas dimensiones, forma y materiales empleados para enlazarlos varían con la naturaleza y la cantidad del líquido,

con su mayor ó menor volatilidad y con su acción química sobre la materia de las vasijas y de los tubos. Si, por ejemplo, se trata de líquidos corrosivos, que atacan los compuestos orgánicos, no se deberá hacer uso de corcho ni de caucho en el aparato, y se harán las ensambladuras con piezas de vidrio esmeriladas ó no, según los casos.

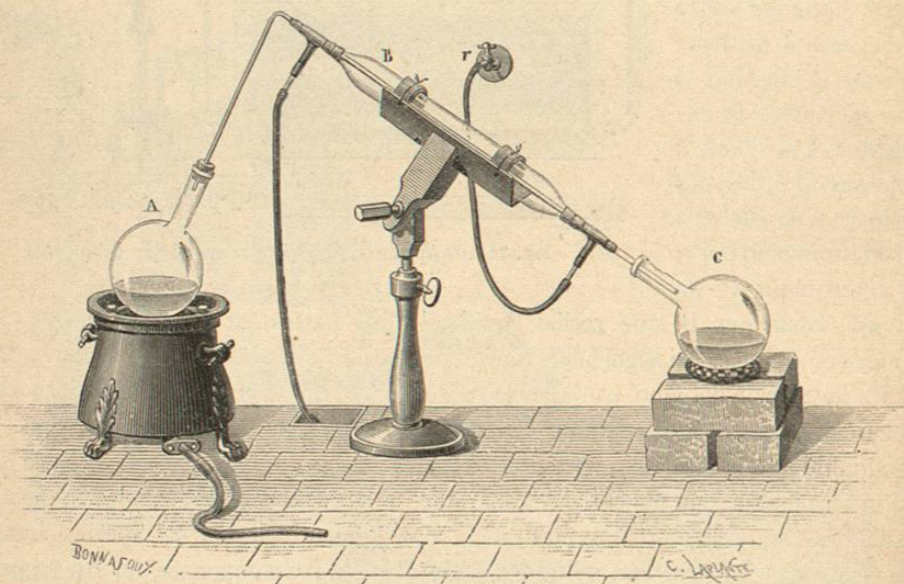


Fig. 714.—Aparato destilatorio

Acontece con ciertos cuerpos que no puede efectuarse la destilación á la presión ordinaria porque la temperatura á que es preciso someterlos los descompone parcialmente. En este caso, se opera á una presión menor y hasta en el vacío. La figura 715 muestra cómo se prepara el aparato.

Se hace uso de un globo en calidad de generador, calentándolo en un baño de aceite, y el producto de la destilación se recoge en una probeta metida en un vaso de agua

fría; esta probeta está en comunicación con una gran redoma que comunica á su vez con una máquina neumática, y que sirve para regularizar la presión. Tan luego como se ha hecho el vacío al grado conveniente, se cierra la llave de comunicación y se deja efectuar la destilación.

Cuando se quiere separar los líquidos desigualmente volátiles de que consta una mezcla, también se recurre á la destilación, saliendo el experimento tanto mejor cuanto mayor intervalo media entre los puntos de ebullición de estos líquidos. Sin embargo, la separación no suele ser muy completa, y si se hacen tres partes del producto de la destilación, la primera que se recoja será la que contenga mayor proporción del líquido más volátil; en cambio la última será más rica en partes del líquido que tenga el punto de ebullición más elevado, y la porción media tendrá más afinidad con la mezcla primitiva. Procediendo entonces del mismo modo con las dos fracciones extremas, se obtendrán de nuevo dos mezclas todavía más ricas en cada uno de los dos líquidos,

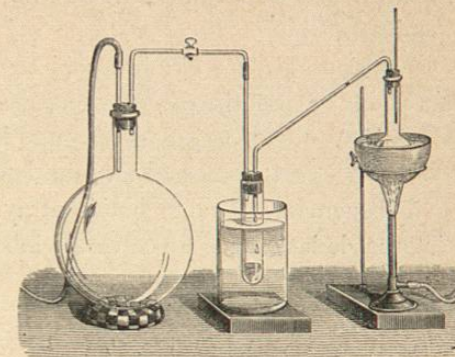


Fig. 715.—Aparato para destilar en el vacío

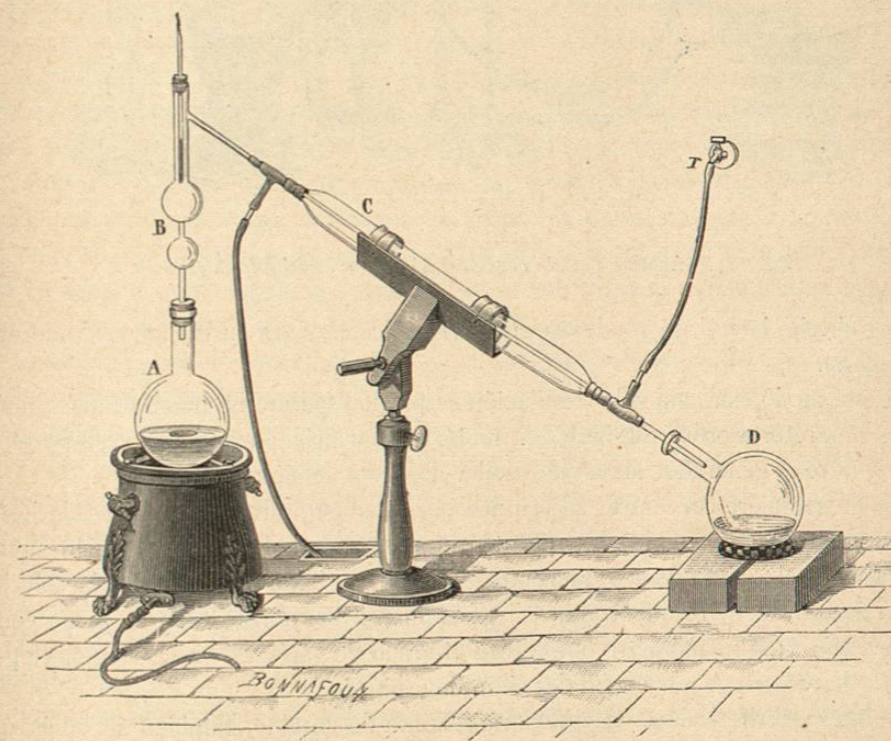


Fig. 716.—Aparato de Wurtz para la destilación

y así sucesivamente hasta que se llegue á una separación casi total. Esto es lo que se llama *destilación fraccionada*.

Este modo de operar no siempre tiene buen éxito á la presión ordinaria, y entonces se apela al método de destilación en el vacío, tal cual lo hemos descrito antes. Supongamos que se desea destilar una mezcla de alcohol y de éter; la cantidad del pri-

mero que pasará á la destilación será tanto menor cuanto más baja la temperatura á que se efectúe, y como la disminución de presión tiene precisamente por objeto bajar el punto de ebullición, de aquí la utilidad de hacer en el aparato destilatorio un vacío más ó menos perfecto.

Se consigue también el mismo objeto disponiendo los aparatos de un modo especial. Una de las disposiciones más sencillas es la que representa la figura 716, y cuyo autor es M. Wurtz. Consiste en un tubo bastante grueso en cuya longitud se han soplado dos esferas B y soldado un tubo lateral, adaptándole además á la redoma A que sirve de generador. El vapor que lo atraviesa se condensa parcialmente en la superficie interna de las esferas y vuelve al globo, al paso que la parte más volátil, dirigién-

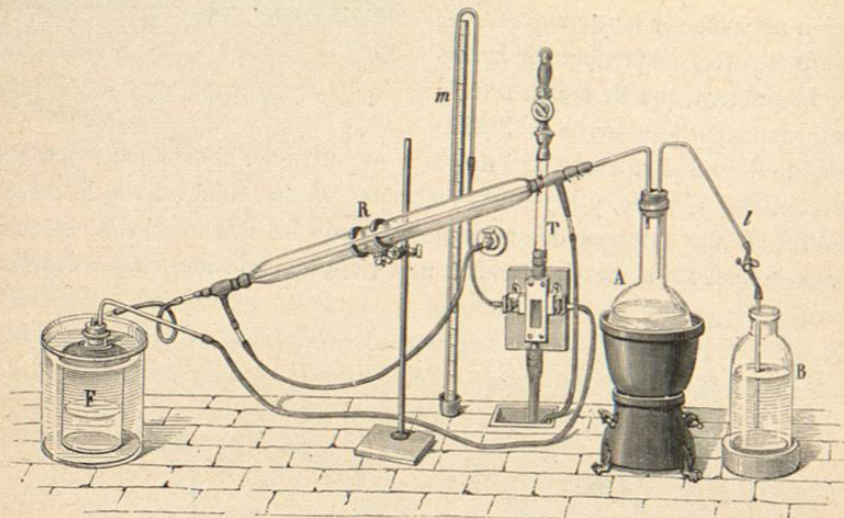


Fig. 717.—Aparato para la concentración de las soluciones en el vacío

dose por el tubo lateral, se condensa en el frigorífico C, para encaminarse desde él al recipiente D.

De este modo, con una sola destilación se puede separar una mezcla mucho mejor que con una retorta ordinaria; pero es preciso caldear más, porque una gran parte del líquido vuelve al generador antes de quedar destilado definitivamente.

Cuando se quiere concentrar soluciones á baja temperatura, se usa la destilación en el vacío y entonces se emplea el aparato representado en la figura 717. He aquí la significación y el objeto de sus diferentes partes: A, redoma que contiene la solución; R, tubo refrigerante; F, recipiente puesto en comunicación por un tubo de goma con el tubo de vacío T; m, manómetro que indica el grado de vacío; B, frasco que sirve para alimentar la redoma A por medio del sifón de espita l.

Cuando se quiere conocer la riqueza alcohólica de un vino, también se apela á la destilación.

Mediante operaciones muy sencillas y aparatos discurridos por Gay-Lussac y Salle-ron, se reduce el vino á una mezcla de agua y alcohol, quedando separados del vino todos los demás principios que entran en su composición, como sales, ácidos, tanino, materias colorantes, etc. En seguida, introduciendo el alcoholómetro centesimal en la mezcla, se puede, en virtud de un cálculo sencillo, conocer por él la riqueza en alcohol del vino sujeto al experimento.

II

EVAPORACIÓN. — MARISMAS Y SALINAS. — ALCARRAZAS. — FABRICACIÓN DE HIELO EN BENGALA

Una gran parte de la sal que consumimos procede de las aguas del mar, en las cuales entra en la proporción de $\frac{1}{40}$ á $\frac{1}{31}$ próximamente (1). Por medio de la evaporación al aire libre, y en anchos estanques poco profundos, se consigue concentrar poco á poco el agua marina y la sal se deposita en forma de cristales en el fondo de los estanques, y en la de tenue capa sólida en la superficie del agua. La elevación de temperatura causada por los rayos solares así como el viento activan la evaporación, y por consiguiente durante el verano es cuando se recoge la sal en las marismas y se ejecuta la serie de manipulaciones sencillas que constituyen esta industria. Se forman montones con la sal, dejándola al aire algún tiempo, para que se disuelvan las sustancias delicuescentes que están mezcladas con ella; y una vez seca, se entrega al comercio.

Las figuras 718 y 719 representan el plano de dos marismas: el primero indica la posición adoptada en las costas de la Mancha y del Océano, en donde se aprovechan las mareas para llenar, en las horas de la pleamar, el gran estanque cuyo nivel domina el de los otros estanques de la marisma. El agua pasa de él á las conchas, compartimientos rectangulares (4, 5), de donde pasa á otros más pequeños, siguiendo el camino indicado por las flechas (6, 6, 6, 7). Al llegar á éstos, penetra por unos canalitos en los cristalizadores (8, 9). Cuando la estación (de mayo á septiembre) es favorable, la concentración de la sal en los estanques pequeños se efectúa con facilidad y la sal se deposita en cristales en los cristalizadores. Se la recoge en montoncillos, depositándolos en los puentes ó diques que separan los compartimientos de los cristalizadores. Cuando estos montoncillos se secan, se forman con ellos montones mayores TT, cubriéndolos con una capa de greda. La sal que se obtiene así es la sal gris: se la refina disolviéndola en agua, y precipitando la magnesia por la cal: después de filtrarla, se evapora la disolución en calderas.

Las salinas del Mediodía tienen distinta distribución que las del Oeste, por no haber mareas en el Mediterráneo. Están divididas en dos ó tres pisos: el agua llega por una pendiente natural á los exteriores (3, 3), donde sufren una concentración; de allí se la hace pasar á los estanques (4, 4) ó pisos interiores, y por fin de éstos á los estanques de depósito (5, 5). En lugar de elevar primeramente el agua á los estanques del piso más alto, para conducirla desde allí á los inferiores, se adopta el método inverso, porque evidentemente requiere menor fuerza motriz, pues la cantidad de agua que se ha de elevar va disminuyendo á medida que la evaporación la concentra.

En el grabado (2, 7) se ven las bombas de vapor que sirven para estas elevaciones sucesivas.

También se recolecta sal extrayéndola por evaporación de las aguas de los manantiales salinos; pero como la proporción de sal que por lo común contienen estas aguas es escasa, se empieza por concentrarlas haciéndolas pasar por una primera evaporación al aire libre, después de lo cual se termina la evaporación sometiendo las aguas

(1) Esta proporción varía de un mar á otro. El número $\frac{1}{34}$ es relativo al agua del Mediterráneo; $\frac{1}{40}$ á la del Océano Atlántico: en el mar de Azof el agua apenas contiene más de 1 céntimo de sal marina. En estos números no están comprendidas las demás sustancias fijas en el agua de mar, como los cloruros de magnesio y de calcio, los bromuros de magnesio y de sodio, etc.