

convierten en vapores los líquidos. Muchos son los cuerpos naturales que parecen susceptibles de pasar al estado de vapor por la adición de una cantidad suficiente de calórico. La mayor parte de los que son ordinariamente sólidos empiezan por pasar al estado líquido, antes de evaporarse: con todo algunas escepciones hay á esta regla, de suerte que ciertos cuerpos sólidos pueden pasar de un salto, desde el estado sólido al gaseoso; de estos puede decirse que son mas volátiles que fusibles. Los líquidos que lo son á temperaturas ordinarias, como el agua, el alcohol, etc., son susceptibles de reducirse á vapores en casos y con circunstancias muy análogas á las en que un cuerpo sólido se vuelve líquido, esto es, que cada uno de estos cuerpos se reduce á una temperatura fija, que esta reduccion se opera sucesivamente, á medida que se añaden nuevas cantidades de calórico, que el cuerpo no se calienta mas luego que empieza á evaporarse, y que en fin el vapor formado tiene la misma temperatura que el líquido de que procede. Como los cuerpos que se reducen á vapor toman de repente un volumen infinitamente mas considerable que su volumen primitivo y pueden mezclarse con los fluidos elásticos que constituyen la atmósfera, se sigue que esta atmósfera ó cualquiera otra presion exterior ha de ejercer una influencia muy grande en este cambio de estado, mientras que no ejerce ninguna sobre la liquefacion ni la solidificacion. Mas no siempre se reducen á vapor los líquidos de un mismo modo. Aquí estais viendo como hierve este puchero de agua, el humo que sale es agua en vapor; ahí teneis un modo de re-

ducirse á vapor este líquido. Cien veces os habrá sucedido poner un poco de agua en un plato, sobre todo en verano, y al cabo de cierto tiempo el agua ha desaparecido del plato: pues sabed que se ha convertido en vapor y de un modo bien diferente del primero, pues en aquel el agua recibe nuevas cantidades de calórico y se agita violentamente, y en este el agua está tranquila y no recibe mas calórico que el que le da la atmósfera de una manera insensible para nosotros. Al primer modo le llaman los físicos ebullicion ó hervor, al segundo evaporacion espontánea. Y por si acaso os cae algun libro en las manos que trate de esta materia, sabed que algunos físicos llaman evaporacion la reduccion á vapor de un líquido bajo la presion atmosférica y sin fuego, mientras que dan el nombre de vaporizacion á la conversion de un líquido en vapor por medio del hervor ó en el vacío.

EUG. — Haceis bien en advertírmelo; pero entre tanto esplicadme el hervor de un líquido ó la ebullicion: el hervir el agua es uno de los fenómenos mas vulgares y con todo no sé todavía su mecanismo ni su razon.

### § VI.

De la ebullicion y evaporacion.

TEOD. — Puesto que lo estais viendo y que como habeis dicho es un fenómeno tan vulgar, ocioso es que os describa la ebullicion; mas importa mucho ad-

vertiros que este fenómeno está relacionado con tres cosas ó influencias que son la cohesion de los líquidos, la fuerza expansiva del calórico y la presión exterior. Los líquidos no hierven todos tampoco á la misma temperatura, y como ordinariamente la presión exterior ó atmosférica es siempre la misma, estas diferencias han de depender de ordinario de la diferente cohesion de las partículas de los líquidos. Ahí teneis el agua que hierve á 400°, el espíritu de vino á 78°, el aceite de trementina rectificado á 157, el azogue á 547, el aceite de vitriolo á 518, etc. Una prueba clara de que la cohesion influye en el hervor, es que todo lo que aumenta esta cohesion retarda la ebullicion de los líquidos. Poned agua al fuego luego que llegue á 400° se echará á hervir: poned la misma agua al fuego habiéndole echado cierta cantidad de sal, será necesario mas calórico para hacerla hervir y por lo mismo tardará mas á presentar el hervor en iguales circunstancias. Hacedla calentar y hervir pura en un vaso de metal, hierve á 400°: en un vaso de vidrio no hervirá hasta 404°25: cuando cese de hervir, restablecereis la ebullicion echando en ella unas cuantas limaduras de hierro.

EUG. — No me cabe la menor duda de que así sucede, pero yo quisiera saber la razon.

TEOD. — La razon de estos fenómenos es mas quimica que física, con todo como creo que la comprendereis voy á deciroslo. El agua se convierte en vapor á causa de la fuerza expansiva del calórico, que acumulado en ella le separa las moléculas hasta el punto de hacerles perder su fuerza de cohesion, y

se marchan por no haber nada que las retenga y ser mas ligeras que antes. Tal sucede cuando haceis hervir simplemente el agua clara. Cuando le echais sal ú otro cualquier cuerpo que tenga mucha afinidad por el agua, el calórico no solo ha de vencer la fuerza de cohesion de las partículas del agua, sino la de afinidad ó atraccion de composicion, que tiene el agua con la sal ó el otro cuerpo análogo, el cual en virtud de esta fuerza retiene las partículas que se escaparían sin ella, por esto es menester mas calórico, para llegar á vencer esta fuerza.

EUG. — Lo entiendo perfectamente.

TEOD. — Por lo que toca á la diferencia de vasos, notad que el agua y el vidrio adhieren mucho mas que el agua y el metal; pero no es esta la verdadera razon, como pudierais creer por lo que acabo de deciros, sino que el vidrio es mal conductor del calórico y el metal muy buen conductor; por lo tanto ha de tardar mas el calórico á llegar al agua, al traves del vaso de vidrio, que al traves del de metal.

EUG. — Tambien me satisface esta explicacion. Y lo delas limaduras de hierro.

TEOD. — Los cuerpos agudos tienen la singular propiedad de determinar hácia sus puntas la formacion de gorgoritas de vapor que constituyen la ebullicion de un líquido; por esto metiendo limaduras de hierro, pedacitos de vidrio en el fondo del vaso, ó un espiral de platina acelerais la ebullicion. Por lo mismo cuando calenteis en vasos de vidrio algun cuerpo líquido, como el aceite de vitriolo por ejemplo, cuya evaporacion no se haga de

una manera continua, sino que se suspenda á ratos para volver á hacerse con mas ímpetu, y en mayor cantidad, á fin de que los sobresaltos á que da margen este modo de evaporarse, no rompan las paredes del vaso, se ponen en él algunos cuerpecillos agudos como los mencionados, y se evita el malogro de la operacion. Ahora veamos si, así como cuando un sólido pasa al estado líquido absorve calórico y en mucha cantidad, lo absorve tambien un líquido que pasa al estado de gas ó de vapor.

EUG. — Parece que segun la misma ley lo ha de absorver.

TEOD. — Y os parece bien : vamos á hacer la prueba, aquí tenemos dos libras de agua que hierve, por lo tanto está á cien grados; y aquí diez y seis libras de limaduras de hierro que estan á 150° : el termómetro nos lo indicará.

SILV. — En efecto, tal es el grado que señala, vamos á ver.

TEOD. — Mezclemos estos dos cuerpos : ved qué grande cantidad de vapor se ha formado, todo esto es agua evaporada. Veamos ahora cual es la temperatura de la mezcla.

EUG. — Señala el termómetro cien grados.

TEOD. — Ya veis que las limaduras de hierro han perdido 50°, puesto que han bajado á 100°, y todo este calórico se lo ha llevado el agua evaporada que lo ha absorbido. Vamos á hacer otro experimento, aquí está esta plancha de hierro caliente, cuya temperatura no varia sensiblemente, por recibir casi siempre igual calor de la chimenea : coloquemos encima un vaso de estaño con agua, cuya tempera-

tura es de 10°, como os lo indica el termómetro....: cuatro minutos han trascurrido, ya hierve, ya tiene 100°; de aquí hemos de concluir que el agua recibe de la plancha de hierro por minuto 22°, 5 de calórico. Advertid tambien, como ya os he dicho en otra parte, que el agua, desde que alcanzó los 100°, su temperatura no se eleva mas, y todo el calor que recibe se emplea para reducirla á vapor, se combina con él y se hace *latente*, de suerte que antes la vereis desaparecer que aumentar de temperatura.

EUG. — En efecto, hétela que hace rato que está hirviendo y con todo el termómetro á cien grados se quedó. ¿Y el vapor que sale no es mas caliente?

TEOD. — Vais á verlo; saco el termómetro del agua y lo pongo en medio del vapor, ó el humo que sale del vaso de estaño. Ahí lo veis, cien grados señala.

EUG. — Como no sale mas humo... ; Ah ! el agua se acabó, toda quedó reducida á vapor.

TEOD. — Veinte minutos ha tardado á pasar toda esta agua á vapor; hemos visto que á cada minuto recibia 22°, 5 de calórico, ved lo que suma veinte veces 22°, 5.

EUG. — 450 grados de calórico; esto es extraordinario, y tanto mas cuando el vapor por esto no da muestras mas de 100°.

TEOD. — Hacedos cargo, Eugenio, que el agua reducida á vapor ocupa un espacio 1698 veces mayor que el que ocupaba en estado líquido, y ahora concebireis que bien necesita toda esa grande cantidad de calórico que absorve para pasar á tal estado.

Ahora podríamos hacer un experimento al revés, á saber tomar cien partes de agua evaporada, hacerlas pasar al través de quinientas cincuenta de agua á 0°, y hallaríamos que la mezcla presentaría 100° de calor, y habría 650 partes de agua, pues las cien partes de agua evaporada habrían pasado al estado líquido; aquí veis bien que todos estos grados de calor estaban combinados con el agua evaporada. Los físicos modernos se han ocupado mucho en investigar esta cantidad de calórico, pero no están acordes en sus resultados. Rumford dice que el calor latente del vapor de agua, ó la cantidad de agua á cero que 100 partes de vapor pueden elevar á 100 grados, es 567; Gay-Lussac 550, Clement-Desormes 550, Despretz ahora 551 ahora 540. Pelletan dice que es probable que el verdadero número sea 550. Seguid al que queráis.

EUG. — Puesto que de los cinco que habeis citado hay tres que dicen 550, yo sigo la mayoría, dado caso que todos sean buenos observadores.

TEOD. — Discreto sois, Eugenio. Mas vamos á otra cosa, hasta ahora hemos hablado de la ebullicion de los líquidos, bajo la presion atmosférica siguiendo el término medio; mas harto es sabido que esta presion está sujeta á sus variaciones ya en diferentes puntos del globo, ya en diferentes estaciones, ya en diferentes horas y dias. En esta misma sala una misma agua no hervirá á la misma temperatura cuando el barómetro suba que cuando baje. En lo alto de una montaña no hay necesidad de llegar á 100° para que hierva el agua; en la profundidad de un pozo se necesita que los traspase.

EUG. — Todos estos hechos manifiestan bien la influencia de la presion; pues cuando el barómetro baja la presion es menor; tambien es menor en lo alto de una montaña y mayor en el fondo de los pozos, y yo concibo claramente porque con menos presion ha de hervir mas pronto el agua.

SILV. — Vamos á ver, joven profesor, esplicaos.

EUG. — La presion aproxima las moléculas de los cuerpos, cuanta mas fuerte sea aquella mas aproximadas estarán estas y *vice versa*. Las moléculas del agua están aproximadas por su fuerza de cohesion, y puesto que están debajo de la atmósfera y esta carga sobre ellas, han de sufrir tambien una fuerza que tiende á aproximarlas; entra el calórico y con su fuerza expansiva separa las moléculas del agua venciendo la fuerza de cohesion y la de la presion de la atmósfera; es decir tiene que vencer dos fuerzas, de consiguiente cuanto menos sean estas, tanto mas pronto hará hervir el agua y tanto mas tarde cuanto sean mas intensas.

TEOD. — Para un discípulo no es mala la esplicacion, y ahí va un experimento en comprobacion de lo que decís. Hay un instrumento de hierro ó de cobre que se llama la *marmita de Papin*, y llenándolo de agua, se puede calentar hasta que esté hecho ascua, sin que se forme la menor cantidad de vapor, y si acaso se forma está tan comprimido, que al darle salida se escapa con una furia sorprendente. Ahora hagamos un experimento por opuesto rumbo, esto es, sin ninguna presion. Vaciamos la máquina pneumática, habiendo puesto antes en ella un poco de agua á una temperatura de 52°, y un poco

de aceite de vitriolo en el fondo de un plato que sostiene el vasito de agua... Hétela ya hirviendo.

EUG. — Hombre : es maravilloso. ¿Y por que habeis puesto el aceite de vitriolo ?

TEOD. — Porque aqui se trata de demostrar que en el vacío, donde no hay la presion atmosférica, el agua se reduce á vapor á una temperatura sobre cero que no le hace perder el estado líquido bajo aquella presion, y como á medida que se forma el vapor llena la campana, esta, por su poca capacidad, obligaria al vapor de agua á estrecharse y comprimiria el agua líquida hasta el punto de hacer cesar la ebullicion. Y á fin de que no suceda esto se pone el aceite de vitriolo que se apodera ó absorve el vapor de agua con avidéz á medida que se forma, en virtud de una afinidad muy fuerte que tiene por él, y el vacío persiste, y la operacion se hace á las mis maravillas.

EUG. — Ya lo entiendo ahora. Y si hubieseis puesto el agua á una temperatura de 40° ¿hubiese hervido ?

TEOD. — No : porque el agua, como todo líquido, tiene un término de ebullicion que es aquel en que el calórico vence la fuerza de cohesion de las partículas de agua. A 52° por ejemplo la fuerza expansiva del calórico ya es bastante para triunfar sobre la cohesion de las moléculas del agua y reducirla á vapor, cuando no tiene otro obstáculo que vencer, como sucede en el vacío ; mas bajo la presion de la atmósfera, ademas de la cohesion, hay que vencer esta presion, y no lo consigue el calórico sino cuando llega su cantidad á 100°.

SILV. — Yo he oido decir que el agua hervia á cualquiera temperatura sobre cero en el vacío.

TEOD. — Así lo dicen algunos, otros como lo he dicho yo, y parece mas razonable. Mas basta ya de la ebullicion y vamos á ver la evaporacion espontánea.

EUG. — Como gustéis : yo os escucho.

TEOD. — Para pasar un líquido al estado de vapor no se necesita fuego, ni hervir. Ya os he dicho que el agua desaparece de un plato, de un hoyo, de un estanque, al cabo de cierto tiempo : en estos casos el agua se evapora espontáneamente : su vapor se forma en la superficie y se mezcla poco á poco con los fluidos elásticos circunvecinos, ó se esparce en el espacio vacío en cuyo medio se halle el cuerpo. Este modo de evaporarse no está sometido á la presion de la atmósfera, porque las moléculas de vapor pueden escaparse por el intervalo de las moléculas gaseosas que oprimen el líquido, sin tener ninguna necesidad de levantar la masa atmosférica, como se verifica cuando el agua hierve : por esto la evaporacion espontánea se verifica del mismo modo en el aire, en los gases, y en el vacío. La cantidad de vapor que se forma durante cierto tiempo depende directamente de la temperatura, y cuando el espacio de en torno está lleno de vapor, que puede formarse á la temperatura de este espacio, se detiene ó para la formacion del vapor. La accion del aire ó del gas sobre el líquido es enteramente nula.

SILV. — Alto ahí, Teodosio : aquí no convengo con vos : el agua del mar, de los rios, y de los es-

tanques se evapora, porque está en contacto con el aire por el cual tiene mucha afinidad : por lo tanto, haceis mal en decir que el aire no tiene nada que ver sobre la formacion del vapor.

TEOD. — Ya os he dicho que en el vacío se forma,

en un tiempo dado, igual cantidad de vapor que en el aire, por lo tanto la afinidad del agua por el aire no pega aquí pues es inutil.

SILV. — Haced algun experimento que me lo pruebe, porque yo he leido este punto en Muschenbroeck y Leroy de Montpellier, y así lo dicen.

TEOD. — De mil amores : Aquí teneis este recipiente A (Fig. 96), con dos aberturas, una de las cuales da paso á un barómetro EF, á la otra se adoptan dos espitas CD, separadas la una de la otra por un pequeño espacio. Hagamos el vacío en el recipiente por medio de la máquina pneumática.. ahora

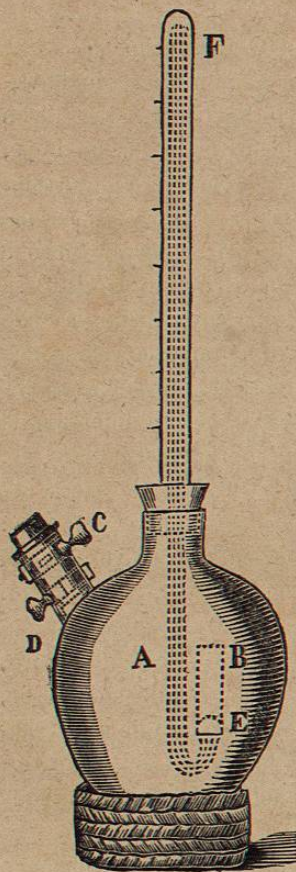


Fig. 96.

abramos la espita C : introduzcamos agua en el espacio comprendido entre ambas á dos espitas, cerremos la espita D, el agua cae en el recipiente : ved como se evapora una porcion de agua, y como oprime la superficie del azogue E que estaba casi al nivel de la que contenia la rama F, y como sube ; notemos los grados á que llega. Vamos á hacer el mismo experimento llenándolo de aire bien seco ; tambien podriamos poner otro gas que no se combinase con el agua como por ejemplo oxígeno : hagamos las mismas operaciones ; mirad, el azogue sube á la misma altura, y sube porque el vapor que se desprende del agua le oprime de por junto si quereis, con el aire que se ha introducido.

SILV. — Ahora que lo veo lo creo.

TEOD. — Convencido pues debeis estar de que el aire y su presion no tienen otra influencia que la de retardar la formacion de este vapor. La fuerza elástica de este vapor es á proporcion de la temperatura ; cada cuerpo produce de esta manera cantidades diferentes de vapores, segun su naturaleza particular y probablemente en razon inversa de su cohesion. Y advertid que los vapores que se forman en estas diferentes circunstancias se llevan tanto calórico latente como los que se forman por ebullicion. Hablemos ahora de la conversion de los vapores en líquidos. Cuando un cuerpo se ha reducido á vapor tres especies de causas pueden volverlo al estado líquido : 1° una baja de temperatura ó la sustraccion de calórico; 2° un aumento de presion ; 3° la afinidad de otro cuerpo por el vapor condensado. Ya habeis oido que haciendo pasar cien partes de

agua evaporada por quinientas cincuenta de agua líquida á 0° pasaba al estado líquido y aumenta de cien partes el agua á 0° teniendo despues la masa total 100°; toda esta cantidad de calórico contenian latente las cien partes de agua evaporada, y se le han sustraído con su paso al traves del agua fria; si se enfria poco á poco, tambien se condensa por porciones sucesivas. Aunque ya trataré de ello espresamente luego, os digo de antemano que la disminucion de volumen de un cuerpo le hace arrojar calor: acordaos de la percusion que contamos entre los manantiales de calórico; y esto ha de ser así, pues un cuerpo no puede disminuir de volumen, sin que sus moléculas se aproximen, y estas no pueden aproximarse sin quedarse aproximadas y sin que salga parte del calórico que las tenia separadas. Ahora bien, segun, esto la presion exterior no podria producir la condensacion del vapor, pues aumentaria la temperatura, y el vapor no se condensa sino bajando esta. Mas esta presion hace que el vapor se replegue sobre sí mismo, por decirlo así, se vuelve mas espeso, mas denso, de lo que seria sin ella y á esto llaman los fisicos *saturarse el vapor*, y si esta presion continua, llega un término en que no pueden aumentar su densidad, y entonces se condensan á medida que va disminuyendo el espacio, pero conservan siempre la misma tendencia á dilatarse. Las afinidades químicas ejercen tambien alguna influencia sobre la condensacion de los vapores. Los cabellos, los sombreros, ciertas piedras y otros mil cuerpos que se llaman *higrométricos* absorven el agua contenida en estado de vaporen el

aire, y la condensan; por esto parecen mojados y hasta algunas piedras gotean agua: lo cual es un indicio de que hay en el aire mucho vapor de agua, y como cuando hay en el aire mucho vapor de agua puede este por mil circunstancias condensarse y pasar al estado líquido, lo cual, segun veremos luego, sucede cuando llueve, teneis que en efecto estas piedras que gotean pueden anunciar la lluvia como generalmente se cree, pero no de un modo infalible, porque ellas no anuncian la existencia de la humedad del aire debida al vapor de agua que contiene, y así como este puede condensarse y formar agua para la lluvia, tambien puede desaparecer por cien causas, rarificándose mas ó llevado por los vientos á otras partes. Voy á hacer os un experimento que pertenece á Leslie, que os ha de gustar. Aquí tengo la máquina pneumática: pongo en su recipiente una cápsula llena de agua, y á alguna distancia otra cápsula llena de aceite de vitriolo: hagamos el vacío: el agua hierve y se forma vapor, y como ya lo habeis visto y sabeis porque, el aceite de vitriolo se va apoderando del vapor de agua á medida que se forma. El agua se enfria con la sustraccion de calórico que sufre á causa de la formacion del vapor, se enfria tanto que vais á verla helada, y el aceite de vitriolo estará caliente, á causa del calórico latente que el vapor de agua habrá desprendido, pasando al estado líquido.

EUG. — ¡ Ya veo el hielo: qué prodigio!

TEOD. — Quitemos el recipiente, y toquemos el aceite de vitriolo.

EUG. — Caliente está en efecto.

TEOD. — Ahora si quereis, podremos tratar de los vapores, que es materia interesante : mayormente en el dia en que hay tanta máquina de vapor, y que tanto se emplea su pujanza para las necesidades cada dia mayores de la industria.

EUG. — Decís verdad, y me apresto para escucharos con mas atencion que nunca.

SILV. — Pues yo siento declararos que me marcho, tengo mucho que hacer, y sobre todo he de ver dos otros enfermos de cuidado.

TEOD. — Entonces podemos dar por terminada la conferencia de hoy : mañana proseguiremos.

EUG. — Enhorabuena, me conformo.



## TARDE OCTAVA.

SIGUESE TRATANDO DEL CALORICO Y DE SUS EFECTOS.

### § I.

Trátase de los vapores, y se da una idea general de las máquinas de vapor y caminos de hierro; esplicanse ademas algunos fenómenos vulgares.

TEOD. — Esta es la primera vez que llegais ambos á dos á la misma hora.

SILV. — Nos hemos reunido al salir de la ciudad, y hemos llegado conversando : ocioso es decirnos sobre qué.

TEOD. — ¿ Os ha hablado Eugenio de los vapores?

SILV. — Hoy ha visto una máquina de vapor, y está en brasas hasta saber la teoría de los vapores : no podeis figuraros las preguntas que me ha hecho, como si yo fuera un mecánico.

TEOD. — ¿ Con que estais ansioso por saber esta materia?

EUG. — Y de tal suerte que todo el tiempo que