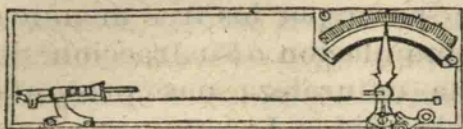


á la abertura superior hasta derramarse una porcion de él antes de hervir. Esta experiencia prueba no solo la dilatacion del líquido si que tambien la del vidrio.



*Dilatacion de los cuerpos sólidos por el colórico.* En la dilatacion de los líquidos y de los gases,

debe considerarse solamente un aumento de volúmen; pero en la de los sólidos se distinguen dos clases de dilatacion, la una es la *dilatacion linear* y la otra la *dilatacion cúbica*. Para probar la dilatacion linear de los sólidos se calienta una varilla de metal, la cual dilatándose comprime una palanca que, combinándose con un sistema de ruedas, hace girar una aguja al rededor de un círculo graduado. (Véase la figura).

Generalmente cuando baja ó sube la temperatura de un cuerpo sólido, no hay fuerza mecánica conocida que pueda impedirle el acortarse en el primer caso y dilatarse en el segundo; cuya propiedad se ha aplicado á las artes con un éxito feliz, como lo corrobora la aplicacion que de dicha propiedad hizo Mr. Molard en el conservatorio de artes y oficios de París. Una bóveda de las galerías estaba rajada y amenazaba ruina, su demolicion hubiera causado la de una gran parte del edificio, si para remediarlo no se hubiera acudido á un medio tan sencillo como ingenioso. Introdujéronse en los muros que sostenian la bóveda, unas barras de hierro perpendiculares á la rajadura, sujetas por uno de sus extremos á uno de los muros, mientras el otro extremo atravesaba libremente por el muro opuesto, adaptando á dichas extremidades libres una tuerca en cada una. En este estado hiciéronse calentar dichas barras, las que á medida que iban dilatándose, iban avanzando el extremo libre hácia la parte exterior del muro y apretando luego las tuercas hasta dar contra el muro se las dejó enfriar; acor-

tándose progresivamente, hasta obligar á los muros á tomar su posicion vertical, recobrando el edificio su solidez anterior. Dificilmente se habria podido encontrar una fuerza mecánica capaz de producir semejante efecto y de un modo durable.

En cuanto á la dilatacion cúbica se demuestra de un modo muy fácil, por medio de un anillo de hierro en el cual entra exactamente una bola del mismo metal ; haciendo calentar la bala, aumenta esta de volúmen y no puede pasar como antes permaneciendo sobre el anillo. A medida que va enfriándose, recobra su volúmen primitivo y no tarda á pasar á través del anillo.

Si el calor dilata los cuerpos con una fuerza irresistible, hay otras fuerzas moleculares cuyos efectos no son menos notables. Al tratar de la porosidad , hemos hablado de la dilatacion que produce en la madera la humedad que la penetra , dilatacion que obra con una fuerza capaz de partir las piedras mas duras. El agua que se infiltra en las rajadas naturales de las piedras á causa del aumento de volúmen que toma al pasar del estado líquido al de yelo produce el mismo efecto.

Las dilataciones producidas por el calor, ejercen una influencia tal sobre las diferentes partes de nuestro cuerpo , que una sortija se saca fácilmente del dedo cuando hace frio y dificilmente cuando hace calor ; el calzado algo estrecho nos molesta generalmente mucho mas en verano que en invierno, etc.

Hemos sentado como una ley general la dilatacion de los cuerpos por el calor ; ley que no queda destruida aunque algunos cuerpos nos presenten cierta contraccion aparente, á causa de la elevacion de temperatura que se les hace sufrir. Cuando se sujeta á un fuerte calor la arcilla, esta sustancia se endurece, porque evaporándose el agua que contiene, disminuye el número de moléculas que entran en su composicion. Lo propio sucede á la madera cuando se quemá, cuya longitud dis-



minuye á causa de destruirse por la mucha acomulacion de calor una parte de sus principios constitutivos, que vemos convertidos en vapor, en humo, ó en llama y no es estraño observar á veces como sale por la parte opuesta á la extremidad que se halla sometida al fuego, una cantidad de líquido que atraviesa por sus poros. A esta propiedad unida á la que posee de hincharse por medio de la embebicion del agua, se debe la curvatura que puede darse á las piezas de madera.

*Dilatacion de los gases.*—De todos los cuerpos, los gases son no solamente los mas dilatables, si que tambien nos presentan la regularidad de dilatarse de un modo uniforme. En cuanto á la dilatacion de los gases podemos formarnos idea de ella, tomando una vejiga en la cual se introducirá aire, de manera que no quede hinchada del todo y arrimándola al fuego, no tarda el calor en dilatar el aire que contiene, hasta el punto de hacerla reventar algunas veces. Mientras el alcohol y algunos otros líquidos aumentan un décimo de su volúmen, al pasar de la temperatura del hielo á la del agua hirviendo; todos los gases colocados en iguales condiciones, aumentan mas de un tércio; de suerte que, una masa de aire que á la temperatura del hielo ocupa mil piés cuadrados, ocupará mil trescientos setenta y cinco elevando la temperatura á la del agua hirviendo; igual aumento de volúmen nos dá el aire, que el oxígeno, idrógeno, ácido carbónico, etc.

La uniformidad que presentan los gases en su dilatacion en igualdad de temperaturas, no es aplicable ni á los sólidos, ni á los líquidos. El mercurio es de todos los metales el que se dilata mas fácilmente por el calor; mientras en igualdad de circunstancias lo son cada vez menos por el órden en que están enumerados, el plomo, estaño, la plata, el cobre, el oro, el hierro, la platina y el cristal inglés. Las observaciones practicadas en los sólidos son aplicables á los líquidos; la

dilatacion del alcohol es mucho mas considerable que la del agua, cuyo líquido ofrece un fenómeno poco comun con los demas, cual es de aumentar de volúmen á medida que va enfriándose, cuando la temperatura está próxima al punto de congelacion, hallándose su máximo de densidad, entre los tres y cuatro grados centígrados; á cuya temperatura se ha tomado como tipo en el sistema métrico decimal, para determinar la unidad de peso en las nuevas medidas. El kilogramo es el peso de un decímetro cúbico, ó sea un litro de agua destilada llevada á su máximo de densidad; pero cuando la temperatura del agua es á cero grados, ocupa el volúmen de un litro y una diez milésima, siendo el peso de un litro en este caso, nueve mil novecientos noventa y nueve milésimos de kilogramo; á diez grados, el volúmen es de 1'0003 de litro y el peso de 0'9997; para los cincuenta grados, tiene un volúmen de 1'0424 de litro y su peso, entiéndase siempre el de un litro 0'9877 al llegar á los cien grados, tiene el volúmen de 1'0467 siendo el peso de un litro 0'9553.

La uniformidad de dilatacion en los gases tiene una explicacion muy sencilla, atendida la poca afinidad de estos cuerpos que debemos considerar nula, por hallarse enteramente dominada por el calórico; de modo que, la cantidad que se les añade, no halla obstáculos en ninguno de ellos; mientras los sólidos y los líquidos para ser dilatados, es necesario que el calórico domine la afinidad de sus moléculas, afinidad que es diferente en cada uno de ellos, resultando de consiguiente una diferencia sensible en su accion. Los sólidos y líquidos son tanto mas dilatables cuanto mas se eleva su temperatura, lo que no sucede con los flúidos elásticos; los cuales á medida que van recibiendo mayor cantidad de calor, se van dilatando menos; de manera que, se necesita menos calórico para hacer pasar una masa de aire de cero á un grado, que para hacerlo pasar de ciento á



ciento uno ; esto se explica porque la accion del calórico disminuye en los gases de una elevada temperatura á causa de la gran separacion de sus moléculas ; por el contrario, los sólidos nunca presentan mayor grado de dilatacion, que cuando están próximos á fundirse y los líquidos presentan su máximo de dilatibilidad, cuando se acercan al punto de trasformarse en vapor. En ambos casos vence el calórico y mantiene separados tanto como es posible las moléculas de los sólidos y de los líquidos ; todo lo contrario sucede en los flúidos elásticos en los cuales siendo nula su afinidad, la accion del calórico se halla detenida en elevadas temperaturas, á causa de la gran separacion de sus moléculas.

## MEDIDA DEL CALÓRICO.

### Termómetro.

Se llama temperatura á la tendencia que tiene el calórico de penetrar en los cuerpos; tendencia que se halla mas marcada en unos que en otros, segun sea la constitucion de cada uno de ellos ; no encontrándose ninguno enteramente destituido de calórico, porque lo contienen aun aquellos cuerpos que llamamos frios ; las palabras calor y frio son palabras relativas; cuando un cuerpo tiene una temperatura mas elevada que la nuestra nos hace experimentar una sensacion de calor y por el contrario sentimos una sensacion de frio al hallarnos en contacto de un cuerpo cuya temperatura es mas baja que la nuestra. Cuando dejamos enfriar una de nuestras manos y calentamos la otra, podremos sentir una sensacion de calor y de frio á la vez, si las inmergimos luego en el agua tibia. Una cueva nos parece fria en verano y caliente en invierno aunque su temperatura sea con corta diferencia la misma

en una estacion que en otra ; lo propio puede decirse del agua de los pozos. En invierno cuando hiela sentimos una temperatura agradable , porque nuestro cuerpo recibe parte del calor que abandona el agua para pasar del estado líquido al estado sólido ; pero si esta misma temperatura que hallamos agradable en invierno nos sorprendiera en verano sentiríamos una sensacion de frio. Segun lo que llevamos dicho, se deduce facilmente que nuestro propio cuerpo no sirve para medir con alguna exactitud la temperatura de los demas y por eso se ha acudido á la propiedad que tienen los cuerpos de dilatarse por el calor para medir con buen éxito las diferencias de temperatura ; en este principio se funda la construccion del *termómetro* , ó sea de la medida del calor. Este instrumento tan sencillo, es de grandé utilidad ; porque con él podemos señalar el grado de calor que conviene mantener en el cuarto de un enfermo , al agua que sirve para el baño , á las plantas que se crian en los invernáculos , al aposento donde se crian los gusanos de seda y á otra infinidad de usos. El termómetro apesar de su mucha utilidad fué desconocido de los antiguos , que ignoraban los principios en que estaban basados su construccion y su uso. Los alemanes en 1624 fueron los primeros que hicieron uso de este aparato inventado por el holandés Drebbel ; dicho aparato consistia en un tubo de vidrio cerrado por una de sus extremidades, teniendo la otra extremidad sumergida en un líquido, que segun las variaciones de temperatura del aire, subia ó bajaba en el interior del tubo colocado verticalmente y señalaba los grados de temperatura, segun las señales de una regla dividida en partes iguales que estaba colocada á lo largo del tubo. El termómetro de Drebbel no tardó en sufrir las convenientes modificaciones. La Academia del Cimento sustituyó el aire por un líquido , el alcohol , colocado dentro un tubo de vidrio cerrado por ambas extremidades. Los físicos de



Florenca, mejoraron el termómetro de Drebbel; pero no lo perfeccionaron del todo; porque fijaron el punto de partida para la division de la escala, á la altura en que se mantenía el líquido, colocado el aparato dentro de una cueva; resultando un defecto de comparacion entre los termómetros empleados por los físicos de diversos países. Rialdini, profesor de Pádua, trató de señalar puntos fijos á la escala del termómetro, lo que fue realizado por el gran físico Newton en 1704. Sin embargo, altermómetro de Newton le faltaba exactitud por haber señalado el punto fijo inferior á la altura en que se mantenía el líquido, teniendo colocado el instrumento en la nieve que varia de temperatura segun las condiciones en que se encuentra.

*Modo de construir el termómetro.* Para comprender mejor el modo de construir el termómetro, haremos las siguientes indicaciones. Se toma un tubo de vidrio muy estrecho, es decir, de un diámetro sumamente pequeño, llamado capilar, que termina en una bola ó globo, ó en un cilindro de un diámetro algo mayor. Para introducir el mercurio, ó bien el alcohol, se calienta sobre una lámpara de espíritu de vino el globo, á fin de conseguir que por medio de la dilatacion, el aire contenido en el tubo, se escape en parte; se coloca luego el extremo abierto del tubo en el mercurio que se trató de introducir. A medida que el aire del interior del tubo va perdiendo su elasticidad, por causa del enfriamiento, no puede contrarrestar la presión atmosférica exterior, y el mercurio penetra en el interior del tubo que ha de formar el termómetro. Luego que ha entrado una cantidad suficiente, se coloca vertical el tubo á fin de que el mercurio pase á llenar la espita ó el cilindro de mayor diámetro, pudiendo repetir esta operacion cuantas veces fuere necesario para llenar el tubo. Para sacar el aire y la humedad contenida en el interior del tubo, se hace calentar de nuevo hasta conseguir la ebullicion del

mercurio , el cual se dilata hasta llegar á la parte superior del tubo , que se cierra enseguida. Una vez cerrado el tubo , el mercurio vuelve por enfriamiento á su primitivo estado , llegando con corta diferencia á la mitad del tubo que por estar privado de aire en su interior , permite facilmente la dilatacion del líquido.

Para graduar el termómetro, es decir, para establecer puntos fijos , se coloca el termómetro en el hielo derriéndose , debiéndose mencionar de paso , que la nieve y el hielo no varian de temperatura desde que empiezan á derretirse hasta estar del todo licuados ; despues de haber tenido bastante tiempo el termómetro inmergido en el hielo que se derrite , se hace una señal en el punto donde se ha detenido el mercurio , y dicha señal será el cero del termómetro. Una vez indicado el cero, se sumerje el termómetro en el agua hirviendo , teniendo cuidado de no introducir la esferita sino en la parte mas superficial del agua , porque el calórico es mas intenso hácia el fondo del líquido cuando está en estado de ebullicion. Para evitar este inconveniente, se somete generalmente el termómetro á la accion del vapor del agua hirviendo , cuya temperatura es constante, es decir no varia, si se toman las precauciones convenientes. Cuando la columna de mercurio permanece estacionaria , lo que tiene lugar á los diez ó doce minutos de estar sometido el aparato á la accion del vapor , se hace otra señal en la cual se marcará el número 100 , si el termómetro que se trata de construir es de los llamados centígrados. Divídase luego en cien partes iguales la proporcion del tubo comprendido entre cero y cien , cuyas divisiones se prolongan á la parte inferior del cero, quedando asi formada la escala termométrica. Para distinguir las temperaturas, se coloca el signo menos á las que están á la parte inferior del cero , que se llaman vulgarmente grados de frio; y se designan con el signo mas, las que están en la parte superior.



Como segun hemos dicho ya, el agua hierve á diferentes temperaturas, segun sea la presion atmosférica, debe tenerse esto en cuenta; porque un termómetro construido sobre una elevada montaña, señalaria respecto al agua hirviendo una elevacion menor de la que se obtendria en un parage situado en un punto mas bajo, la orilla del mar por ejemplo. El agua no varía de temperatura sea cual fuere el lugar y por mucho que se active el fuego, desde el momento que entra en ebullicion hasta que está enteramente reducida á vapor.

El termómetro de mercurio es á propósito para medir temperaturas muy elevadas, porque este metal no hierve sino á la temperatura de  $360^{\circ}$ . Para medir bajas temperaturas es mas conveniente el termómetro de alcohol que se construye y gradua de la misma manera. El alcohol entra en ebullicion á los  $78^{\circ}$  y el frio mas riguroso que se ha conocido no puede conjelarlo, lo que no sucede igualmente con el mercurio que se conjela á  $40^{\circ}$  bajo cero.

Para conocer la temperatura de los líquidos y de los flúidos elásticos, se sumerge en ellos el termómetro y se mira en la escala termométrica el grado en que se ha fijado el mercurio. Como el calórico tiende siempre á ponerse en equilibrio, puede asegurarse que la temperatura de un cuerpo sólido es, al cabo de cierto tiempo, lo mismo que la del aire que se halla rodeado. Por lo tanto, un termómetro que señala la temperatura del aire contenido dentro de un cuarto, si dicha temperatura ha sido constante, señala al mismo tiempo la de los muebles, paredes, etc.

*Termómetro Reaumur.* Antes que Celsius físico de Upsal en Suecia, tratara de dividir la escala termométrica en cien partes, Reaumur físico y naturalista francés, habia construido el termómetro que lleva el nombre de su autor y en el cual la porcion de la escala termométrica comprendida entre los dos puntos fijos, se halla