

líquidos, á la presión de 4 á 6 atmósferas solamente. La evaporación en el vacío de uno ú otro de estos gases liquidados produce un nuevo descenso de temperatura, merced al cual se obtiene un frío de  $-120^{\circ}$  á  $-140^{\circ}$  alrededor del tubo que contiene el gas sometido al experimento. Por último, la distensión brusca de la alta presión del gas á la presión atmosférica agrega su influencia para bajar todavía más la temperatura y dar origen á la licuefacción y aun á la solidificación. Tal es, en términos generales, la parte del método de M. Pictet que tiene por objeto someter el gas á un enfriamiento bastante grande para que la temperatura descienda debajo del punto crítico peculiar de este gas. En cuanto á la presión, no acude para ella á medios mecánicos; al producirse y desprenderse el gas en un espacio cerrado, bajo la acción del calor, se comprime por sí mismo.

Digamos ahora cómo se han dispuesto los aparatos propios para realizar las operaciones indicadas por el método que acabamos de resumir en sus caracteres esenciales. Estos aparatos, según el autor mismo, debían reunir las condiciones siguientes para conseguir la licuefacción de los gases permanentes: "1.º, actuar sobre un gas *absolutamente puro*, sin vestigio alguno de gas extraño; 2.º, disponer de una compresión metódica de este gas, poder llegar á presiones enérgicas, y medirlas exactamente; 3.º, disponer de las temperaturas más bajas que sea posible y poder mantenerlas indefinidamente, sustrayendo al propio tiempo calor á estas bajas temperaturas; 4.º, contar con una gran superficie de condensación mantenida á dichas temperaturas; 5.º, poder utilizar la distensión de los gases al pasar de la presión considerable á la atmosférica, distensión que, agregándose á los medios precedentes, *obliga* á que resulte la licuefacción."

Esto sentado, describamos los aparatos y las operaciones necesarias para la licuefacción del oxígeno por ejemplo, á cuyo fin seguiremos los detalles de las figuras 606 y 607, una de las cuales representa el plano y la otra la elevación de los aparatos de M. Pictet.

La preparación del oxígeno se hace en la vasija B. Es un recipiente de hierro forjado de 1659 centímetros cúbicos de capacidad, y cuyas paredes tienen un espesor medio de 35 milímetros, capaces de resistir una presión de 1500 atmósferas. Introdúcese en él una mezcla de clorato de potasa y cloruro de potasio de peso conocido. Bajo el recipiente se pone entonces una corona de gas, como las que se emplean en los hornos Perrot. Encendiendo y regulando la llama, se calienta progresivamente el recipiente hasta los 485 ó 500 grados necesarios para que se desprenda por completo el oxígeno. El gas producido pasa del recipiente B á un tubo de cobre A, de poco más de 4 metros de longitud, 4 milímetros de diámetro interior y 15 de diámetro exterior, presentando así gran resistencia y considerable superficie.

En este tubo se comprime el oxígeno por su propia formación. Un manómetro *m*, adaptado á un orificio practicado cerca del extremo opuesto al recipiente, marca la medida directa de la presión del gas, estando graduado de modo que indica hasta 800 atmósferas. El tubo A, que contiene el oxígeno, está rodeado, en algo más de los cuatro quintos de su longitud, de otro tubo *i* de mayor diámetro que recibe por el tubo *t* el ácido carbónico procedente del depósito S. El frío intenso producido por la evaporación de este líquido es el que, bajando la temperatura del tubo A y del oxígeno que contiene, ocasiona la condensación y licuefacción de este gas.

Pero ¿cómo se ha producido el ácido carbónico líquido y en virtud de qué procedimiento se obtiene su evaporación en el depósito S? Veámoslo. Hemos dicho que con la evaporación del ácido sulfuroso se conseguía el descenso de temperatura necesario

para liquidar el ácido carbónico. Con este objeto hay en una caja U, situada encima de otra caja V que contiene el tubo del oxígeno, un gran tubo *n*, que rodea el depósito S destinado á recibir el ácido carbónico líquido. A este tubo pasa el ácido sulfuroso; está provisto de otros dos tubos de comunicación *z* y *x*, el primero de los cuales sirve para introducir el ácido sulfuroso líquido comprimido por una bomba P' en el

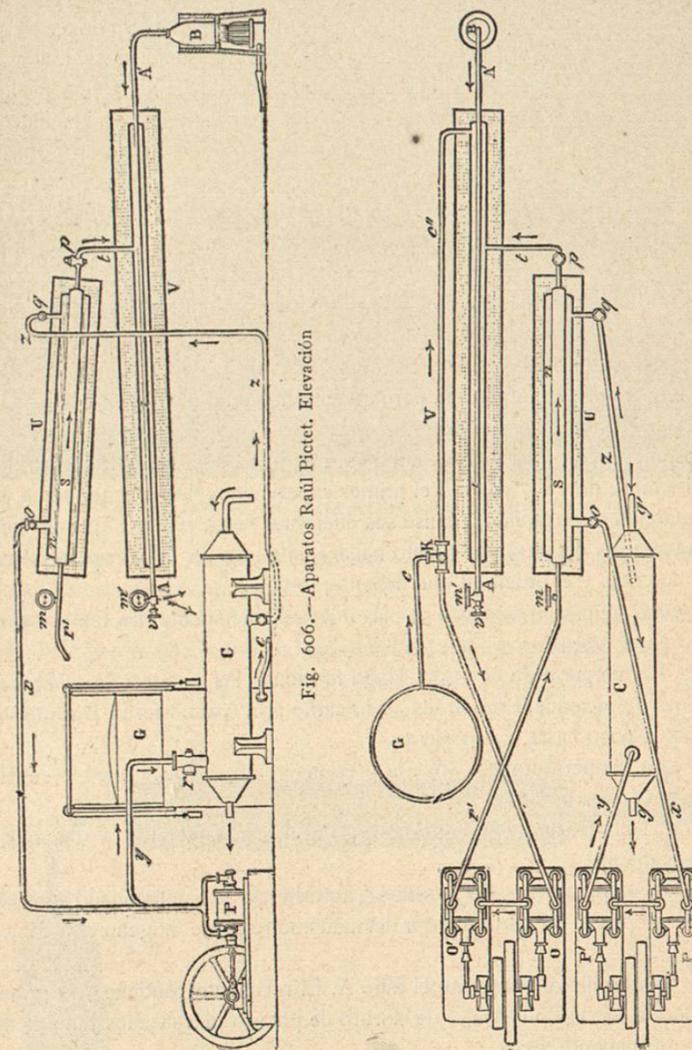


Fig. 606.—Aparatos Raul Pictet. Elevación

Fig. 607.—Plano de los aparatos de M. Raul Pictet para la licuefacción de los gases

condensador de forma de caldera tubular C, y el segundo para hacer el vacío sobre el ácido sulfuroso del tubo *n* mediante el juego de otra bomba P acoplada á la primera. La asociación de ambas bombas es tal que la aspiración de la segunda se efectúa en el mismo momento que la compresión de la primera. El ácido sulfuroso que se evapora en el tubo *n* pasa por la llave *o*, de allí á la primera bomba P y luego á la segunda que lo empuja por *y* al condensador. Aquí el vapor vuelve de nuevo al estado líquido. Como la llave de regulación *g*, por donde se introduce el ácido sulfuroso líquido, está

abierta de modo que da salida á una cantidad igual á la que se evapora por *o*, resulta que el nivel del líquido en el tubo *n* es constante. Vemos ya cómo, á consecuencia de esta evaporación, ocurre alrededor del tubo *S* el primer descenso de temperatura á  $-65^{\circ}$  ó  $-73^{\circ}$  cuando más.

Un segundo sistema de bombas acopladas *O* y *O'* sirve para condensar y evaporar el ácido sulfúrico. Fabricase este gas en dos grandes bocalas de vidrio llenos de fragmentos de mármol de Carrara, á los cuales se hace llegar ácido clorhídrico. El gas producido, lavado y secado con cloruro de calcio, pasa á un gasómetro *G*, donde lo aspiran las bombas *O* y *O'* y se comprime en el tubo *S*, en donde se liquida fácilmente á causa de la baja temperatura ocasionada por la evaporación del ácido sulfuroso. De este modo se pueden acumular 2 kilogramos en menos de un cuarto de hora. Ya hemos visto cómo se introduce el ácido carbónico líquido por el conducto *z* en el largo tubo de que está rodeado el tubo de oxígeno. Cuando éste está lleno, se da vuelta á una llave de tres vías *K*, y entonces tiene lugar la aspiración de la bomba *O*, por los conductos *c* y *c'*, en la parte superior del tubo. Hácese el vacío en la superficie del ácido carbónico líquido, el cual se congela, resultando el segundo descenso de temperatura á  $-120^{\circ}$  ó  $-130^{\circ}$  alrededor del tubo que contiene el gas oxígeno.

En esta descripción hemos hecho caso omiso de muchos detalles que en la práctica no carecen en verdad de importancia, pero que nos hubieran llevado más lejos de lo que se requiere para comprender los experimentos.

Digamos ahora, con referencia al autor mismo, los resultados conseguidos por él. El 22 de diciembre de 1877 efectuó el primer experimento decisivo que tenía por objeto la licuefacción del oxígeno. Véanse sus diferentes fases: creemos que el lector seguirá con interés sus detalles, por cuanto hallará de nuevo en él las operaciones sucesivas antes descritas y el orden en que deben ejecutarse:

“Las bombas empiezan á funcionar á las nueve de la mañana. La temperatura baja rápidamente en el tubo *n*.

„9<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>. La temperatura es  $-55^{\circ}$ . Hago funcionar las bombas de ácido carbónico. El gasómetro desciende. Presión del ácido carbónico, 6 atmósferas. Durante la marcha sube poco á poco hasta 8 atmósferas.

„9<sup>h</sup> 50<sup>m</sup>. La temperatura es  $-49^{\circ}$ , la presión 8,5 atmósferas. Cierro la entrada del ácido carbónico en las bombas.

„10<sup>h</sup> 20<sup>m</sup>. Temperatura  $-65^{\circ}$ , presión 3,9 atmósferas. Vuelvo á dar entrada al gas, pero ligeramente.

„10<sup>h</sup> 40<sup>m</sup>. Temperatura  $-60^{\circ}$ , presión 5 atmósferas. Se han liquidado ya 800 litros de gas ácido carbónico. La parte inferior del manómetro *m* de oxígeno está cubierta de escarcha.

„10<sup>h</sup> 50<sup>m</sup>. Atornillo al recipiente el tubo *A*. El recipiente contiene 700 gramos de clorato de potasa mezclado con 250 de cloruro de potasio machacados juntamente, tamizados y perfectamente secos.

„11<sup>h</sup>. Enciendo la corona de gas debajo del recipiente. El ácido carbónico penetra con más abundancia en las bombas. La presión sube á 10 atmósferas; temperatura  $-48^{\circ}$ . Tengo la seguridad de que todo el ácido carbónico ha pasado al tubo *i*, porque aparece la escarcha en el tubo *c'* que desemboca en lo alto del primero.

„11<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>. Pongo en comunicación el tubo *c* con la aspiración de las bombas, llegando la temperatura del ácido carbónico á un minimum  $-130^{\circ}$ .

„11<sup>h</sup> 33<sup>m</sup>. El manómetro del oxígeno indica un principio de presión, 5 atmósfe-

ras próximamente. El régimen de las dos circulaciones de ácido sulfuroso y de ácido carbónico queda perfectamente establecido.

„12<sup>h</sup> 10<sup>m</sup>. El manómetro de oxígeno marca 50 atmósferas.

„12<sup>h</sup> 16<sup>m</sup>. La presión sube á 60 atmósferas y sigue elevándose progresivamente.

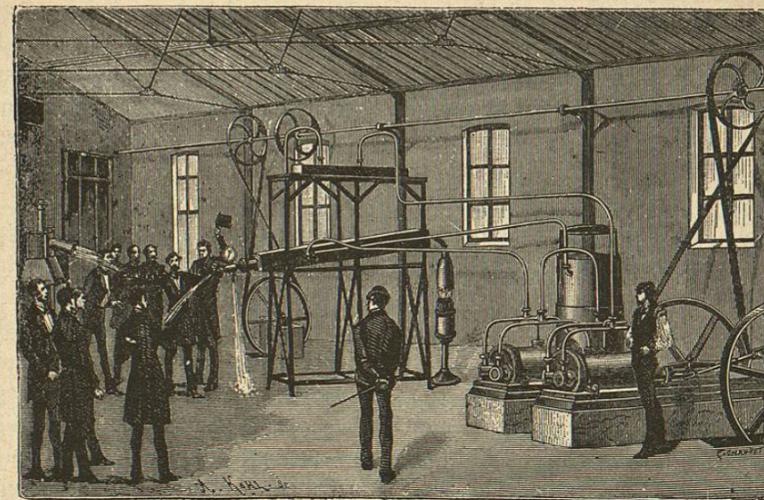


Fig. 608. — Licuefacción del oxígeno por M. Raül Pictet

(Llega al maximum de 526 atmósferas á las 12<sup>h</sup> 42<sup>m</sup>, para bajar á 470 á la 1<sup>h</sup> 10<sup>m</sup>, y permanece ya estacionada).„

En este momento, añade M. Pictet, quedan terminados todos los fenómenos físicos y químicos del experimento, y toda la capacidad del tubo *A* está llena de oxígeno líquido.

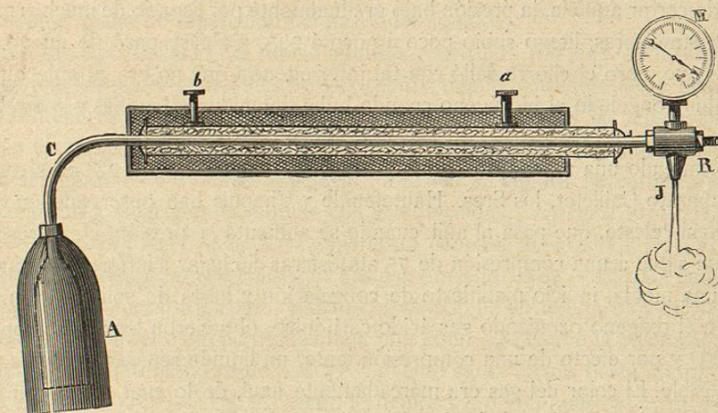


Fig. 609. — Licuefacción del oxígeno por M. Raül Pictet

Para demostrarlo así, hace entonces actuar la distensión abriendo la llave de tornillo *R* que cierra este tubo (figs. 608 y 609). “Un chorro líquido *J* sale con gran fuerza á la manera de penacho blanco y brillante, rodeado de una aureola azulada, sobre todo en la parte inferior. La longitud del penacho líquido es de unos 10 á 12 centímetros por un diámetro de 1,5 á 2. El chorro dura 3 ó 4 segundos próximamente.„ Después de cerrar

la llave y de comprobar el descenso de presión á 352 atmósferas, en las que queda de nuevo estacionada unos 3 minutos, M. Pictet abrió otra vez la llave y salió un segundo chorro, semejante al primero. Después el gas continuó distendiéndose y no dió más que una densa niebla por su condensación parcial. Examinando con la luz eléctrica condensada por un reflector la apariencia de los chorros en el orificio de salida, M. Pictet distinguió claramente en la vena fluida dos partes: una central, bastante diáfana, de 2 á 3 milímetros de diámetro; otra, blanca y brillante, que rodeaba á la primera y tenía de 10 á 15 milímetros. H. Dufour estudió esta luz blanca con un prisma de Nicol y percibió en ella indicios de polarización, lo que induce á creer, añade Pictet, "que el oxígeno se volatiliza al salir del tubo con tal energía que las partículas líquidas se transforman en cristales sólidos, verdadero polvo de *oxígeno congelado*. El calor del aire ambiente transforma de nuevo y casi instantáneamente estos cristales en gas."

He aquí ahora los resultados obtenidos por el mismo físico con el gas hidrógeno durante el mes de enero de 1878. Producíase el gas mediante la reacción del formiato de potasa y de la potasa cáustica, calentados en el recipiente del aparato antes descrito. En una carta de M. Raúl Pictet, dirigida en 11 de enero á M. Dumas, secretario perpetuo de la Academia de Ciencias, se describe el experimento en estos términos:

"El hidrógeno se ha desprendido con perfecta regularidad. La presión ha llegado á 650 atmósferas antes de permanecer estacionada. El desprendimiento del hidrógeno correspondía á 252 litros á cero. El frío era de  $-140^{\circ}$  próximamente. Cuando abrí la llave de cierre, el hidrógeno líquido salió con fuerza por el orificio, produciendo un sonido agudo á modo de silbido. El chorro era de color azul de acero y completamente opaco en una longitud de 12 centímetros. En el mismo momento se oyó en el suelo un ruido semejante al que produce la granalla al caer, y el silbido se transformó en un zumbido muy particular, parecido al que hace el sodio cuando se le echa en el agua.

"Casi al punto, el chorro se hizo intermitente, y á cada salida se percibieron sacudidas en la llave. Durante este primer chorro bajó la presión de 650 atmósferas á 370. Después de cerrar aquélla, la presión bajó gradualmente por espacio de muchos minutos hasta 215 atmósferas, luego subió poco á poco á 225, y allí se paró de nuevo. Volví á abrir la llave, pero el chorro salió con tal intermitencia que no era posible dudar de que se había congelado el hidrógeno cuando hubie detenido las bombas y la producción del frío."

Comprimiendo una mezcla de ozono y oxígeno, mantenida á  $-23^{\circ}$  en el tubo capilar del aparato Cailletet, los Sres. Hautefeuille y Chapuis han observado en el tubo un color azul celeste, que pasa al añil cuando se aumenta la presión. Una brusca distensión que sigue á una compresión de 75 atmósferas dió lugar á la formación momentánea de una niebla, indicio manifiesto de congelación y hasta de solidificación. Mezclando con el oxígeno ozonizado gas ácido carbónico, obtuvieron los mismos operadores, á  $-23^{\circ}$  y por efecto de una compresión lenta, un líquido separado del gas por un menisco visible. El color del gas era marcadamente azul, de lo cual dedujeron que se lo comunicaba el ozono liquidado. Los experimentos de dichos físicos datan de 1880.

Tal es, en resumen, el conjunto de los notables experimentos que han completado la demostración de la posibilidad de liquidar todos los gases considerados hasta entonces como permanentes. A decir verdad, ni M. Cailletet ni M. Pictet han podido obtener el oxígeno, el nitrógeno y el hidrógeno en estado líquido en cantidad suficiente y durante un tiempo bastante largo para poder estudiar sus propiedades bajo esta nueva forma, como se han estudiado, por ejemplo, las del ácido carbónico. Ambos los han

obtenido en estado dinámico por decirlo así; pero se necesitaba tenerlos en estado estático, como se ha conseguido respecto del ácido carbónico desde los trabajos de Faraday y Thilorier. Esta segunda parte de un problema que por espacio de tanto tiempo ha burlado los esfuerzos y las tentativas de los físicos, probablemente no es más difícil de resolver que la primera, dado el estado actual de la ciencia, antes bien se puede esperar lo contrario.

Ya en 1883 se hicieron algunas tentativas con este objeto á juzgar por las notas que recibió la Academia de Ciencias en sus sesiones del 16 y 23 de abril del mismo año. La primera era relativa á la licuefacción del oxígeno y á la solidificación del alcohol y del sulfuro de carbono; la segunda á la licuefacción del nitrógeno.

Los experimentos se han hecho en Cracovia, en el laboratorio de M. Wroblewski y con la colaboración de M. Olszewski. Conviene añadir que el primero de estos físicos había presenciado los experimentos de M. Cailletet en París y familiarizándose con el manejo de sus aparatos. He aquí el tenor de la primera nota:

"Los curiosos trabajos de Cailletet y Raúl Pictet sobre la licuefacción de los gases han permitido esperar que llegaría un día en que se pudiera observar el oxígeno reducido al estado líquido en un tubo de vidrio, conforme se hace ahora con el ácido carbónico. La única condición era obtener una temperatura suficientemente baja. M. Cailletet, en una nota publicada hace un año, ha recomendado la etilena liquidada como un medio para obtener un frío muy intenso. Este líquido, á la presión de una atmósfera, hierve á  $-105^{\circ}$  C., si se mide la temperatura con un termómetro de sulfuro de carbono. Habiendo comprimido el oxígeno en un tubo poco capilar y enfriado en este líquido á  $-105^{\circ}$  C., M. Cailletet ha observado en el momento de la distensión "una ebullición tumultuosa que persiste por espacio de un período apreciable y se pa-  
rece al salto de un líquido á la parte enfriada del tubo. Esta ebullición se forma á cierta distancia del fondo del tubo. No he podido reconocer, añade M. Cailletet, si este líquido preexiste ó si se forma en el momento de la distensión, porque todavía no he podido ver el plano de separación del gas y del líquido."

"Habiendo aprovechado un nuevo aparato construído por uno de nosotros y con el cual se pueden poner cantidades de gas relativamente considerables á presiones de algunos centenares de atmósferas, nos hemos propuesto estudiar las temperaturas que presentan los gases durante la distensión. Estos experimentos nos han conducido en breve al descubrimiento de una temperatura á la cual el sulfuro de carbono y el alcohol se congelan y el oxígeno se liquida con gran facilidad. *Obtíenese esta temperatura hirviendo la etilena en el vacío*. La temperatura depende del grado de vacío obtenido; el minimum que hemos podido conseguir hasta el presente es de  $-136^{\circ}$  C., habiendo determinado esta temperatura, como todas las otras, con un termómetro de hidrógeno. La temperatura crítica del oxígeno es más baja que la en que hierve la etilena á la presión atmosférica. Esta última no es de  $-105^{\circ}$  C., como se ha creído hasta ahora, sino que se halla entre  $-102^{\circ}$  y  $-103^{\circ}$  C., como lo hemos visto con nuestros termómetros.

"De una serie de experimentos que hemos practicado el 9 de abril entresacamos como ejemplos las cifras siguientes:

TEMPERATURAS	Presión á la cual ha empezado á liquidarse el oxígeno
$-131^{\circ}.6$ . . . . .	26,5 atmósferas
$-133^{\circ}.4$ . . . . .	24,8 —
$-135^{\circ}.8$ . . . . .	22,5 —

„El oxígeno líquido es incoloro y transparente como el ácido carbónico, muy móvil y forma un menisco marcado. El sulfuro de carbono se congela á los  $-116^{\circ}\text{C}$ ., y se derrite á  $-110^{\circ}\text{C}$ . El alcohol se pone viscoso como el aceite á  $-120^{\circ}\text{C}$ ., y solidificándose á  $-130^{\circ},5\text{C}$ ., se transforma en un cuerpo blanco.”

La segunda nota de los Sres. Wroblewski y Olszewski tiene por objeto la licuefacción del ázoe, y está concebida en estos términos:

“Habiendo liquidado completamente el oxígeno, tratamos de hacer lo mismo con el ázoe. Este gas, enfriado en un tubo de vidrio hasta  $-136^{\circ}\text{C}$ ., y sometido á la presión de 150 atmósferas, no se liquida todavía, ni se nota nada en el tubo. Si se hace una *distensión brusca*, sobreviene en todo el tubo una ebullición tumultuosa, únicamente comparable con la del ácido carbónico líquido en un tubo de vidrio de Natterer, cuando se le sumerge en agua calentada á una temperatura algo superior á la crítica del ácido carbónico. Pero si se efectúa la distensión poco á poco, y si disminuyendo la presión no se la hace pasar de 50 atmósferas, el ázoe se liquida de una manera completa, presentando entonces el líquido un menisco bien distinto y evaporándose muy de prisa.

„Así pues, el ázoe sólo permanece unos cuantos segundos en el estado estático de los líquidos estables. Para poder mantenerlo más tiempo en tal estado, se debería disponer de una temperatura inferior al *mínimum* que nos ha sido dable obtener hasta ahora con nuestro procedimiento. Nos hemos ocupado de buscar los medios de conseguir esta temperatura.

„El ázoe líquido es incoloro y transparente como el oxígeno y como el ácido carbónico.”

Los mismos físicos han anunciado además la licuefacción del óxido de carbono, licuefacción efectuada en las mismas condiciones que la del ázoe, y que da un líquido incoloro con un menisco visible.

## CAPÍTULO X

### CALORIMETRÍA.—CALOR ESPECÍFICO DE LOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y GASES

#### I

##### DESIGUAL CAPACIDAD DE LOS CUERPOS PARA RECIBIR EL CALOR

En las dos clases de fenómenos que hemos estudiado hasta ahora y que reconocen por causa las variaciones del calor en los cuerpos, ya se trate de cambios de volumen ó de cambios de estado, el termómetro es el instrumento que nos ha servido para precisar las condiciones de estos cambios. Ora sea éste un termómetro de mercurio ó bien uno de aire, las indicaciones de su escala marcan las variaciones de su propio volumen á partir de un punto arbitrario, y bastan perfectamente para definir la temperatura ó el estado de equilibrio que resulta ó tiende á resultar cuando se pone el instrumento en un medio más cálido ó más frío, es decir, de temperatura más elevada ó más baja que la del termómetro mismo. Pero compréndese bien, y ya hemos insistido acerca de este punto, que los grados del termómetro no dan la medida de las cantidades de calor absorbidas ó despreciadas en los fenómenos de variaciones de volumen ó de cambios

de estado, como tampoco la marcarían si en lugar de contarse estos grados á partir de un punto fijado arbitrariamente, tuvieran por punto de partida el cero absoluto.

Vamos á ver en efecto que la cantidad de calor absorbida ó desprendida para producir el aumento ó la disminución de volumen de un cuerpo, de cierto peso de una substancia dada por ejemplo, no tan sólo depende de la variación correspondiente de temperatura de este cuerpo, sino también de su peso, de la naturaleza de su substancia y á veces de su temperatura inicial. Lo propio sucede con la cantidad de calor absorbida ó desprendida en los fenómenos de fusión ó de vaporización, y en los diversos de solidificación ó licuefacción.

Debe tenerse por evidente que la cantidad de calor necesaria para que se produzca un fenómeno es proporcional al peso del cuerpo en que dicho calor reside; que si un kilogramo de agua necesita una cantidad dada de calor para calentarse, por ejemplo de  $10^{\circ}$  á  $15^{\circ}$ , 2, 3..... 10 kilogramos de agua exigirán 2, 3..... 10 veces más calor para pasar igualmente de  $10^{\circ}$  á  $15^{\circ}$  de temperatura. Así también, si el cuerpo vuelve á su temperatura primitiva, desprenderá precisamente todo el calor que había absorbido. Débese asimismo tener por evidente que la cantidad de calor absorbida ó desprendida por un cuerpo de un peso determinado, cuando su temperatura sube ó baja cierto número de grados encima ó debajo de un punto dado, es igual á la que desprende ó absorbe cuando vuelve á esta temperatura primitiva. Por lo demás, la experiencia confirma la exactitud de estos principios.

Pero ¿es también verdadero el segundo de ellos si se comparan las cantidades de calor absorbidas ó desprendidas á partir de temperaturas diferentes? Interrogüemos para ello á la experiencia. En una vasija calentada á  $25^{\circ}$  se echa un kilogramo de agua á  $0^{\circ}$  y otro á  $50^{\circ}$ , y después de agitar rápidamente la mezcla, se introduce en ella un termómetro; entonces se ve que la temperatura de la mezcla es de  $25^{\circ}$ . Así pues, el calor cedido por el kilogramo de agua á  $50^{\circ}$  al kilogramo á  $0^{\circ}$  ha bastado para elevar  $25^{\circ}$  la temperatura del segundo; al propio tiempo esta pérdida de calor experimentada por el primero ha sido causa de que baje la suya de  $50^{\circ}$  á  $25^{\circ}$ . Este experimento prueba en definitiva que el calor necesario para elevar de  $0^{\circ}$  á  $25^{\circ}$  un peso de agua determinado, elevaría de  $25^{\circ}$  á  $50^{\circ}$  el mismo peso. La temperatura inicial no ejerce, pues, influencia en la cantidad de calor absorbida. Esto es cierto por lo que respecta al agua así como á algunos otros cuerpos; pero sólo en ciertos límites de temperatura que varían con los diferentes cuerpos, conforme tendremos ocasión de ver más adelante. Así, por ejemplo, dos pesos iguales de mercurio, uno á  $200^{\circ}$  y otro á  $0^{\circ}$ , mezclados, dan dos kilogramos del mismo líquido, no ya á  $100^{\circ}$ , temperatura media entre las dos extremas, sino á  $102^{\circ},82$ , temperatura superior á esta media. Más allá de 100 grados, el mercurio absorbe ó desprende más calor, para una misma variación de temperatura, que á menos de  $100^{\circ}$ .

Por último, otro experimento demuestra que las cantidades de calor que acabamos de comparar varían con la naturaleza de las substancias. Mezclemos separadamente un kilogramo de agua á  $0^{\circ}$  con el mismo peso de mercurio ó de esencia de trementina á  $100^{\circ}$ , ó introduzcamos en ella un kilogramo de cobre á  $100^{\circ}$ . Habrá, como antes, adquisición de calor por parte del agua y pérdida por la de las otras substancias, siendo evidente que en cada experimento la ganancia será igual á la pérdida; pero en el primer caso la temperatura de la mezcla será  $3^{\circ},2$ , en el segundo  $30^{\circ}$ , y en el tercero  $8^{\circ},6$ . Vese, pues, que las cantidades de calor iguales distan mucho de producir la misma variación de temperatura en pesos iguales de substancias diferentes. Esto se