comunicacion del calor, solo hemos considerado incrementos ó diminuciones de temperatura. Ahora nos dirigimos á dar á conocer las relaciones que existen entre estas variaciones y las cantidades absolutas de calórico absorvidas ó desprendidas por los cuerpos.

El medio mas directo para descubrir estas relaciones, consiste en hacer enfriar un mismo cuerpo sucesivamente de un cierto y determinado número de grados de calor, y emplear el calórico que se desprende de él en producir un mismo efecto siempre idéntico, y cuya repeticion pueda servir de medida. Se tiene esta ventaja en la fusion del hielo, pues se ha reconocido que el hielo fundente tiene una temperatura fija, y que todo el calor que se le comunica se empléa únicamente en fundirle. Luego si se quita á cada instante el agua que resulta, y se presenta incesantemente á la accion del calórico una nueva cantidad de hielo, el efecto será siempre idénticamente semejante á él mismo; y una cantidad doble ó triple de hielo fundido, exigirá una cantidad doble ó triple de calor; de modo que se valuará la proporcion de esta última que no se puede ver, palpar ni pesar, por la cantidad de hielo fundido que se puede pesar; y para poder realizar todo esto, se ha inventado un aparato que se llama *calorímetro*.

450. Si el cuerpo es sólido, y de tal naturaleza que no pueda mudar de estado desde la temperatura del hielo fundente hasta la de la *ebulicion* del agua (que es el estado repentino en que este cuerpo de líquido pasa á fluido), entónces habiéndole elevado á una temperatura cualquiera t, comprendida entre estos límites, y medida en grados del termómetro centígrado de mercurio, coloquémosle en el calorímetro y dejémosle enfriar hasta 0^0. Cuando llegue á este estado, hallarémos que la cantidad de hielo que ha fundido, es proporcional al número t de grados. De manera, que si ha fundido una libra enfriándose de 10^0 á 0^0, fundirá dos enfriándose de 20^0 á 0^0; tres de 30^0 á 0^0; y así sucesivamente en toda la estension de la escala termométrica. Pero la constante que esprese esta proporcionalidad será diferente para diferentes cuerpos, á igualdad de masa.

451. Para formarnos una idéa clara de estos resultados, y desenvolver sus consecuencias con seguridad, tomemos por unidad de calórico la cantidad desconocida de este principio, que es necesaria para fundir una libra de hielo á 0^0; despues, representemos por x el número total y desconocido de unidades iguales, que á la temperatura del hielo fundente están contenidas en cada libra de un cuerpo A de cualquier manera que este calórico subsista allí, esto es, ya se halle combinado y fijo en él, ó ya sea móvil y mudable con los otros cuerpos del espacio; ó en fin, ya se halle parcialmente en estos diversos estados. Si elevamos la temperatura de A hasta T grados del termómetro centígrado de mercurio, y le dejamos despues enfriar hasta 0^0 en el calorímetro, fundirá en él un cierto número de libras de hielo, que representarémos por N; y tendrémos que N espresará tambien la nueva cantidad de calórico que ha sido necesario introducir en el cuerpo, para elevar á T su temperatura.

Pero la esperiencia prueba que entre 0^0 y 100^0, el número N es proporcional al número T de grados, al menos cuando el cuerpo no muda de estado; luego si dividimos N por T, el cociente $\frac{N}{T}$ que llamarémos c, espresará entre estos límites el número de libras de hielo, que el cuerpo puede fundir bajando un grado su temperatura; y este mismo cociente espresará tambien, en funcion de nuestra unidad primitiva, la cantidad de calórico necesaria para elevar ó bajar su temperatura un grado. En virtud de esto, para cualquier otra temperatura t, comprendida tambien entre los límites de la escala termométrica, tendrémos que $x+ct$ espresará la cantidad total del calórico contenido en A, y ct será el número de libras de hielo á 0^0 que puede fundir enfriándose hasta 0^0. Si la masa del cuerpo, en vez

de ser una libra fuese m, permaneciendo la misma su naturaleza, sería necesario considerarle como compuesto de m libras exactamente iguales á la precedente. Entónces la cantidad primitiva de calórico que contendria á 0°, seria mx; la que contendría á t grados, sería $mx+mct$; y mct espresaría el número de libras de hielo á 0°, que podría fundir enfriándose desde t^0 hasta 0° en el calorímetro.

452. En virtud de lo que hemos anunciado, se ve que el número c varía de una sustancia á otra; varía tambien para cada sustancia, cuando de sólida viene á ser liquida, ó de líquida pasa á aeriforme, y reciprocamente. Del mismo modo es verosímil que estas variaciones principien á ser sensibles ántes que se efectúe la mudanza de estado. Luego es necesario determinar el número c por la observacion en estas diversas circunstancias. Esto es lo que tratamos de hacer, y lo que se llama *calórico específico de los cuerpos.*

453. Si el cuerpo es sólido, se toma una masa conocida m, se la eleva á una temperatura conocida t, y colocándole en el calorímetro, se pesa el número n de libras de hielo á 0° que ha fundido al enfriarse hasta 0°. Este número siendo conocido, se tiene la ecuacion

$$mct=n, \text{ de donde } c=\frac{n}{mt}.$$

Es decir, que *dado el peso del hielo fundido por el cuerpo, se dividirá por el producto de su masa y del número de grados que espresaba primitivamente su temperatura, y el cociente es el calórico específico del cuerpo para la unidad de masa.*

Para aclarar esto con un ejemplo, elegirémos un esperimento hecho por MM. Lavoisier y Laplace. Introdujeron en el calorímetro una masa de hierro batido, que pesaba 7,7070319 libras francesas, y cuya temperatura por medio de un baño de agua se habia elevado á 78° R; al cabo de 11 horas toda la masa se habia enfriado hasta 0°, y el calorímetro suministró 1,109795 libras de hielo fundido. Así, el calórico específico del hierro batido es

$$c=\frac{1,109795}{7,7070319\times 78}=0,001841875.$$

Este valor de c es el mismo, cualquiera que sea la unidad de peso que se elija; porque la misma unidad se halla en el numerador y denominador de la fraccion que le espresa.

454. Para conocer el calórico específico de los líquidos, se les introduce en el calorímetro, colocándolos en vasos cuyo enfriamiento haya sido observado anteriormente, y cuyo calórico específico se haya determinado tambien. Llamemos m la masa del vaso, m' la del líquido; c, c' los calóricos específicos de cada una de estas sustancias; y en fin, t la temperatura comun á la cual se elevan. Si n es el número de libras de hielo fundido que su enfriamiento da, se tendrá que como mct espresará el hielo fundido por la masa del vaso, y $m'c't$ la fundida por el líquido, será $mct+m'c't=n$;

de donde $c'=\frac{n-mct}{m't}$.

Es decir, que *del peso total del hielo fundido por el todo, se quitará la cantidad que el vaso hubiera debido fundir por sí solo, y se dividirá la resta por el producto de la masa y de la temperatura del líquido.*

De este modo se ha encontrado que una libra de agua líquida elevada á la temperatura de 60° R ó 75° centesimales, fundia precisamente una libra de hielo al enfriarse hasta 0°.

Por consiguiente, el calórico específico absoluto del agua, adoptando la division octogesimal, será $\frac{1}{60}=0,0166666\frac{2}{3}$; y si se adopta la division centesimal, será $\frac{1}{75}=0,0133333\frac{1}{3}$.

Si se dividen por uno de estos valores los calóricos específicos absolutos de otras sustancias, valuados en el uno ó en el otro sistema, se tendrán los calóricos específicos relativos, es decir, referidos al del agua tomado por unidad. Mas para volver de estos valores á los resultados absolutos, es necesario siempre añadir á ellos el calórico específico del agua. Hé aquí algunos resultados de este género, dados

por MM. Lavoisier y Laplace, referidos á la division octogesimal.

Sustancias.	Calor específico relativo.
Agua comun.	1,00000
Hierro batido.	0,11051
Vidrio sin plomo.	0,19290
Mercurio.	0,02900
Oxide rojo de Mercurio.	0,05011
Aceite de olivo.	0,30961
Azufre.	0,20850

455. El número 0,029 que en esta tabla corresponde al mercurio, indica que una masa de mercurio que se enfría un grado, abandona una cantidad de calórico suficiente para elevar á 0°,029 la temperatura de una masa igual de agua.

Si se multiplican los números de esta tabla por $\frac{4}{75}=\frac{4}{300}$, que espresa el calórico específico absoluto del agua en grados centesimales, se tendrán las cantidades ponderables de hielo que la unidad de peso de estas sustancias puede fundir enfriándose un grado de esta misma division; y estos serían entónces los calóricos específicos absolutos de las sustancias espresadas en la tabla. Se ve que el mercurio tiene un calórico específico muy débil, pues para elevar 1° la temperatura de este metal es necesario solo $\frac{29}{1000}$ de lo que exigiría una masa igual de agua en peso.

456. Muchos Físicos y particularmente *Deluc* y *Crawford*, han tratado de determinar los calóricos específicos de otro modo. Tomaban masas iguales a y b de un mismo líquido, elevadas á desiguales temperaturas; mezclándolas rápidamente tomaban por la temperatura definitiva del todo la media aritmética entre las temperaturas de las dos masas. En efecto, si se suponen los calóricos específicos constantes en toda la escala termométrica, la cantidad total de calórico contenida en la primera masa a á la temperatura

t será (§ 451) $mx+mct$, llamando m su masa, y c el calórico específico de la sustancia. Del mismo modo la cantidad de calórico contenida en la segunda masa á la temperatura t', será $mx+mct'$, y la suma será $2mx+mc(t+t')$.

Pero si T es la temperatura media de la mezcla, este resultado deberá tambien ser igual á $2mx+2mc\mathrm{T}$, pues que la suma total de las masas será $2m$. Luego se deberá tener $2\mathrm{T}=t+t'$, de donde $\mathrm{T}=\frac{1}{2}(t+t')$.

Del mismo modo se podría efectuar la operacion con masas desiguales, con tal que fuesen siempre de la misma naturaleza. Porque espresándolas por m, m', las cantidades de calórico que contendrían, serían $mx+mct$, $m'x+m'ct'$; lo que daría en la mezcla $(m+m')x+c(mt+m't')$, pero llamando siempre T la temperatura comun despues de la mezcla, este resultado se hallará tambien espresado por $(m+m')x+c(m+m')\mathrm{T}$.

Luego sería necesario que se tuviese

$(m+m')\mathrm{T}=mt+m't'$, que da $\mathrm{T}=\dfrac{mt+m't'}{m+m'}$;

fórmula que se convierte en la precedente si $m=m'$.

El calorímetro puede tambien servir para determinar las cantidades de calórico desenvueltas por la combustion y la respiracion; pues no hay mas que quemar cuerpos ó hacer respirar animales en el calorímetro, y medir las cantidades del hielo fundido.

457. Cuando los cuerpos pasan del estado sólido al de líquido, absorven calórico; y al contrario, si del estado de liquidez pasan al de solidez, le abandonan ó desprenden.

Al pasar de líquidos á fluidos tambien absorven calórico, y al contrario le abandonan ó desprenden cuando pasan de fluidos á líquidos. El calórico desprendido por una libra de vapor acuoso al condensarse y tomar la forma líquida, es capaz de elevar 5,67195 libras de agua líquida desde la temperatura del hielo fundente hasta la de la ebulicion, ó es capaz de fundir 7,5626 libras de hielo á 0°.

El calórico específico del aire á 32,73096 pulgadas de presion es 0,2669, tomando por unidad el del agua; el del hidrógeno 3,2936; el del ácido carbónico 0,2210; el del oxígeno 0,2361; el del azóe 0,2754; el del óxido de azóe 0,2369; el del hidrógeno percarbonado 0,4207; el del óxido de carbono 0,2884; y el del vapor acuoso 0,8470.

Cada uno de estos resultados espresa la elevacion de temperatura que una libra de cada gas produciría en una libra de agua líquida enfriándose un grado centesimal. Dividiéndolos por 75°, se tendrá el número de libras de hielo á 0° que este mismo enfriamiento podría fundir; y dividiéndolos por 100, se tendrá el número de libras de agua líquida que podría elevar de la temperatura del hielo fundente á la de la ebulicion. El vapor acuoso es uno de los agentes mas poderosos de que hace uso la Mecánica para producir el movimiento en las máquinas; y el aparato que se empléa para ello, se llama *bomba de vapor*. Todo su mecanismo está reducido á que la fuerza elástica del vapor acuoso se desenvuelva por el calórico, y se precipite repentinamente por el enfriamiento ó salga á la atmósfera. El efecto de las bombas de vapor se mide comparándole con el que pueden producir un cierto número de caballos de una fuerza media *. La bomba de vapor mas poderosa se cree que es la que hay en las minas de Cornouailles, que produce el mismo efecto que 1010 caballos.

Las ventajas casi increibles que el empléo de las máquinas de vapor procura á las artes, y á todo género de industria, atraen cada dia mas la atencion pública entre las naciones civilizadas. Por todas partes, las artes conspiran para perfeccionar esta conquista de la mayor fuerza de la natura-

* En el § 118 del libro 5° de nuestro *Tratado sobre el movimiento y aplicaciones de las aguas*, se espresan las diversas valuaciones que se han dado de la unidad que con el nombre de *caballo vapor* ó *caballo ficticio*, se usa para graduar la fuerza de las *máquinas de vapor*; y en la nota de dicho párrafo, reducimos á pesas y medidas españolas la valuacion del de Watt que M. Prony considera de mayor confianza.

leza. Ella reemplaza en los procedimientos tan diversos de la industria, la accion penosa de los hombres, el trabajo de los animales, la potencia limitada é incierta de las aguas corrientes, y los movimientos tan variables del aire. Esta fuerza inmensa del fuego, siempre presente y siempre nueva, agota incesantemente las aguas en las minas profundas; divide, comprime, tritura, da figuras regulares y variadas en pocos instantes á materias informes; comunica á cada especie de máquina el movimiento que le conviene. Ella perfora los cañones; fabrica hilos delgados, tegidos, cuerdas, poléas, etc.; ella abre al comercio rutas inesperadas, y del mas largo curso sobre los rios de los Estados Unidos; hace comunicar todas las orillas de Inglaterra, y que sean vecinos todos sus puertos; trasporta los productos de las artes mas allá de los mares remotos, ó en lo interior del territorio, sobre canales ó sobre caminos de hierro.

Comparada la fuerza total que ejerce el vapor, con el efecto útil que puede producir la máquina, reputan algunos, que el *efecto útil es los dos tercios del esfuerzo total ó fuerza motriz que se empléa en mover la máquina*; pero Mr. de Prony juzga que se puede reputar con mas exactitud, que *el efecto útil solo es la mitad del esfuerzo total*; y añade que aun cuando el efecto útil fuese solo un tercio del efecto total, resultan mas ventajas de emplear el vapor, como motor, que de emplear los animales, el agua ó el viento.

458. Una libra de carbon, segun los esperimentos de MM. *Lavoisier* y *Laplace*, es capaz de producir un grado de calor suficiente para convertir en vapor acuoso cerca de 13 libras de agua que ya estuviese á la temperatura de la ebulicion; pero casi la mitad del calórico se pierde, ya en calentar los cuerpos que están próximos á los hornillos, y ya en la atmósfera que le rodéa, de manera, que por un gran número de ensayos, hechos con las máquinas mas perfectas y con los hornillos mejor construidos, se ha encontrado que *una libra de carbon de madera solo convierte en*

vapor 6 ó 7 *libras de agua*; y que *una libra del mejor carbon de piedra nunca produce mas de* 6.

El calórico ejerce una influencia tan considerable en las Ciencias Físicas, en la economía civil y en los progresos de las artes, que forma uno de los objetos predilectos de todas las corporaciones sabías; y cuantos Geómetras se han ocupado de la Física Matemática, no han podido menos de fijar en él su particular atencion.

Mr. *Fourier*, Secretario que ha sido de la Academia de Ciencias del Instituto de Francia, publicó en 1822 una obra intitulada *Teoría del calor*, en que no solo ha tratado esta materia con una sagacidad estraordinaria, sinó que con este motivo ha hecho varios adelantamientos de importancia tanto en la *Análisis finita* como en la *Infinitesimal*.

Mr. *Melloni* ha presentado á la misma Academia dos Memorias, una en Febrero de 1833 y otra en Abril de 1834 que contienen *Nuevas investigaciones sobre la trasmision inmediata del calor radiante por diferentes cuerpos sólidos y líquidos*; y entre sus resultados importantes, citarémos los siguientes: que *la facultad que poseen los cuerpos de dejarse atravesar por el calor radiante, no tiene ninguna relacion con su grado de trasparencia; denomina cuerpos trascalóricos ó diathermanes* á los que dan libre paso al calórico, y *athermanes* á los que no lo dan; y deduce que *entre los rayos caloríficos de los cuerpos inflamados se encuentran varios semejantes á los del calor que producen los rayos del espectro solar*; y que *las diferencias que se observan entre las propiedades de trasmision de los calores terrestre y solar, no se deben sinó á una simple mezcla, en proporciones diferentes*, de muchas *especies de rayos*.

Mr. A. de *Humboldt* en todas sus obras, y principalmente en las Memorias de la sociedad *d'Arcueil*, y en los *Fragmentos de Geología* y *Climatología asiáticas*, que se han publicado en París, año de 1831, es uno de los que mas han contribuido á obtener resultados generales acerca de la *Física del Globo*, de la distribucion del calor terrestre, etc.

Entre las muchas idéas nuevas y útiles, á que dan lugar estas investigaciones, no podemos menos de indicar las siguientes. Se ha tratado de fijar los puntos de la superficie terrestre en que se observa la misma temperatura media en todo el año; y todos estos puntos forman sobre dicha superficie, *líneas* que se llaman *isothermas*, esto es, de igual calor ánuo. El mismo género de investigaciones ha conducido á la consideracion de las *líneas de igual calor* en estío, que se llaman *líneas isotéres*; y tambien á las *de igual calor en invierno*, que se han denominado *líneas isoquiménes*.

Si la tierra fuese un esferoide, cuya superficie, masa, etc. etc. fuesen homogéneas en todos sentidos y bajo todos los aspectos, estas tres especies de líneas serían paralelas al ecuador terrestre; pero, á causa de las muchas heterogeneidades que se observan, existe un conjunto de *perturbaciones* de órdenes diferentes, que solo en la proximidad de la zona tórrida se verifica este paralelismo; y en los demas parages tienen dichas líneas varias *inflexiones*, que son el efecto de *causas refrigerantes ó caloríficas*, que obran desigualmente respecto de las longitudes geográficas. Con este motivo, no podemos menos de manifestar, que el único medio de adelantar en esta materia es el de aplicar el cálculo á las observaciones, con el fin de discutir las diversas *influencias* tanto aisladamente como combinadas entre sí para llegar á deducir leyes generales. Así es, como Mr. *Bouvard*, siguiendo este rumbo, ha hecho aplicacion del cálculo á 20 años de observaciones, y ha obtenido por resultado: que *en París los mayores y menores calores en todo el año, corresponden al* 15 *de Julio y al* 14 *de Enero*. Y se encuentran por consiguiente colocados á una distancia de seis meses, retrasándose veinticinco dias cada una respecto de los solsticios de estío y de invierno.