

FISICA APLICADA A LA MEDICINA, CIRUGIA,  
HIGIENE Y FARMACIA

POR

JOSE MARIA TROYA. — Profesor en la Universidad

(Continuación. — V. el n.º 65, pág. 394)

369. Reflexión del calorífico. — Cuando una porción de rayos caloríficos llegan á un cuerpo, parte de ellos le penetran y otra parte son rechazados, esto es, *se reflejan* en la superficie del mismo. La prueba experimental de este hecho se demuestra por medio de los espejos parabólicos. En efecto, si en el foco de un espejo parabólico colocamos una cestilla de alambre con carbón encendido, y á la distancia de cuatro ó cinco metros, otro espejo de igual clase, en cuyo foco se halle un cuerpo fácilmente combustible, como yesca, ó fósforo; le veremos arder después de algunos momentos si los espejos han estado colocados frente á frente, según sus ejes, lo cual no sucede si el cuerpo inflamable se halla fuera del foco aun cuando los espejos estén más cercanos. Con esta clase de espejos, que se los denomina *ustorios* ó *ardientes*, se dice que Arquímedes quemó la flota romana de Marcelo en el sitio de Siracusa más de 200 años antes de J. C. Bufón hizo también construir á mediados del siglo pasado un espejo ustorio con el que quemó madera á más de 200 pies de distancia y fundió varios metales á 45 pies. Un espejo de latón de un metro de diámetro, puede fundir en su foco el cobre, plata, sílice y otros cuerpos, etc.

370. Condiciones para la reflexión. — Los experimentos sobre la reflexión han hecho ver que no todos los cuerpos

reflejan lo mismo el calor, y que en un mismo cuerpo hay varias circunstancias que aumentan ó disminuyen la cantidad reflejada. En condiciones iguales los metales son los que más reflejan. El color influye también, pudiendo tomar como limite el blanco, que es el que más refleja, y el negro el que menos. En los cuerpos que dejan pasar la luz, como el cristal, se aumenta la reflexión con el ángulo de incidencia; el cristal que refleja 5 con ángulo incidente de  $20^\circ$ , refleja 55 con uno de  $30^\circ$ . He aquí según Leslie la tabla que demuestra la cantidad que reflejan algunos cuerpos.

Latón.....	100	Tinta de china.....	13
Plata.....	90	Estaño mojado con mercurio.....	10
Estaño.....	80	Vidrio.....	10
Acero.....	70	Vidrio engrasado.....	5
Plomo.....	60	Negro de humo.....	6

371. Reflexión Irregular.—El calórico no se refleja todo de una manera regular, ó según las leyes que hemos visto, sino que una porción se refleja perdiéndose en diferentes direcciones, y á ésta se ha llamado *reflexión irregular* ó calórico *difuso*. Melloni ha visto que la difusión se verifica en superficies mates, en escabrosas, y también en las blancas, variando además con la naturaleza del foco calorífico, pues en los metales es mayor la difusión, cuando el calor es *oscuro* ó de un foco que no da luz, que cuando el calor es *luminoso* ó de un foco que produce luz.

372. Poder absorbente y emisivo.—Los cuerpos reflejan más ó menos cantidad del calórico que reciben, y el resto lo absorben; siendo evidente que cuanto menor es la cantidad de calórico reflejado, mayor será la absorbida. Leslie ha hecho experimentos para averiguar la cantidad de calórico que absorben los cuerpos poniendo en el foco de un espejo uno de los recipientes de su termómetro cubierto de diferentes cuerpos; pero después Petit y Dulong han demostrado que el poder absorbente de un cuerpo es igual al emisivo; esto es, que un cuerpo absorbe el mismo calórico en un tiempo y para una diferencia de temperatura, que emite ó abandona en el mismo tiempo y para la misma diferencia de temperatura; de modo que conocida la cantidad de calórico que emite un cuerpo, se tiene lo que

absorbe. Sin embargo Kirchoff ha visto que para admitir como cierta esta ley se ha de tomar á temperaturas iguales, y el calor ha de ser de la misma naturaleza, oscuro ó luminoso.

373. Trasmisión del calórico á través de los cuerpos.—Algunos cuerpos tienen la propiedad de dar paso á los rayos caloríficos en mayor ó menor cantidad, sin calentarse, existiendo otros que no dejan pasar, ó que sólo dejan paso á una porción muy pequeña: Melloni ha dado el nombre de cuerpos *diatermanos* á los primeros y *atermanos* á los segundos. Para estudiar estos fenómenos se ha valido el mismo físico del aparato que lleva su nombre, y que consta de una pila termo-eléctrica, un galvanómetro sensible, una lámpara ó un foco de calor cualquiera, varias pantallas, y por último, un recipiente para la materia que se trata de examinar. Este ingenioso aparato, y las piezas que hemos indicado, descansan todas sobre una regla graduada que da las diferentes distancias del cuerpo al foco calorífico. Con este aparato ha encontrado Melloni que todos los cuerpos no dejan pasar los rayos caloríficos igualmente: entre los sólidos, los metales son enteramente atermenos. Entre las demás sustancias que se han experimentado, resulta que la sal gemma es la más diatermana, pues de  $100^{\circ}$  de calor que recibe deja pasar los  $92^{\circ}$ ; mientras que el sulfato de cobre no deja pasar un solo rayo, siendo por tanto enteramente atermeno.

374. Aplicaciones.—Varias son las que se han hecho de la propiedad que acabamos de estudiar en los cuerpos, según son diatermanos ó atermenos; así si se trata de aprovechar el calor de los rayos solares, por ejemplo, se debe interceptarlos con láminas de vidrio que tienen la propiedad de dejar pasar el calor luminoso directo; pero no el reflejado, porque esta sustancia no deja atravesar los rayos caloríficos oscuros. De esta propiedad se aprovecha en los invernáculos para dar más temperatura á las plantas.

375. Conductibilidad de los cuerpos para el calórico.—Si un cuerpo recibe calórico, le deja pasar con más ó menos facilidad por el interior de su masa: calentemos una barra de metal por uno de sus extremos, y pronto tendrá en el otro una temperatura bastante elevada para no poderla tener en la mano, pero calentemos una barra igual de ma-



dera, y no experimentaremos sensación de calor en el otro extremo, aunque esté ardiendo completamente en el calentado. Puede hacerse un experimento que servirá, al mismo tiempo que para comprobar lo que dejamos dicho, para comparar la diferente conductibilidad de los cuerpos; aunque no de una manera exacta: para éllo se emplea el aparato llamado caja de Ingenhousz; se compone de una caja metálica rectangular que lleva en una de sus paredes diferentes barras de varios cuerpos que penetran en el interior de élla: estas barras se cubren de una capa de cera, y se echa agua caliente en el interior á temperatura mayor que  $69^{\circ}$ , punto de fusión de la cera. El cuerpo mejor conductor deja pasar el calórico á más distancia, y la cera se funde en una porción mayor de la barra.

Los cuerpos que dejan pasar bien el calórico se llaman *buenos conductores*, y los que no le dejan pasar, se llaman *malos conductores del calórico*: la transmisión en este caso se supone producida por la transmisión del movimiento de una molécula sobre otra en el interior del cuerpo. Muchos experimentos prueban que los metales son buenos conductores, los cuerpos orgánicos son malos, y la madera deja pasar algo más en sentido de sus fibras, que al través de éllas; siendo las compactas mejores conductores que las flojas: la lana, algodón, paja, serrín, plumas, ceniza, y en general todas las sustancias pulverulentas conducen mal el calor.

376. *Conductibilidad de los líquidos.*—Los líquidos son muy malos conductores del calórico, y para probarlo basta poner en el interior de un recipiente que contenga líquido, un termómetro de brazos desiguales. Si ponemos encima un foco de calor, por ejemplo un vaso metálico con agua caliente, observaremos que el líquido no se calienta apenas á una pequeña distancia de su superficie, y el termómetro hará mucha variación, porque la esfera que se encuentra cerca del vaso se calentará, y á la de abajo no la llegará el calor. El mercurio es buen conductor, sin duda por ser metal.

377. *Conductibilidad de los gases.*—La conductibilidad de los gases no es fácil de observar, pues se dejan penetrar por los rayos calóricos sin calentarse, y además, la excesiva movilidad de sus moléculas hace que las más calien-

tes varíen de lugar, reemplazándose con otras más frías; sin embargo, si se dificultan los movimientos del gas, se ve su mala conductibilidad; así, los cuerpos que retienen el aire en sus poros, ó entre sus filamentos ó diferentes partículas, son malos conductores. Magnus ha estudiado la conductibilidad de los gases y ha encontrado que el hidrógeno es el mejor conductor; que lo es más cuando está más condensado, y que el calor se propaga en él, mejor que en un espacio vacío. Todos los demás gases producen efectos contrarios. Muchos químicos suponen hoy día que el hidrógeno es un metal en estado de gas, y su conductibilidad para el calórico, puede ser una prueba de este supuesto. En el día ya no hay duda acerca de esto.

378. Aplicaciones de la conductibilidad.—La diferente conductibilidad de los cuerpos da lugar á muchas aplicaciones. Cuando se trata de conservar un cuerpo caliente, el mayor tiempo posible, le rodeamos de cuerpos malos conductores, como ceniza, serrín, vidrio machacado ú otros semejantes; lo mismo haremos si hay que conservar el cuerpo á temperatura menor que la de la atmósfera; por ejemplo, el hielo se conserva muy bien en pozos de tierra guarnecidos de ladrillo, tabla, paja y otros cuerpos semejantes. Los mangos ó agarradores de los objetos metálicos que se han de calentar, se hacen siempre de malos conductores; por ejemplo las cafeteras, ollas de hierro y otros utensilios análogos, tienen siempre mangos de madera ó cristal, de lo contrario no podrían agarrarse; y por la misma razón varios aparatos que describiremos, y otros descritos ya, tienen los agarradores de madera. Las alfombras, esteras y tapices con que se cubren nuestras habitaciones en invierno retienen el calor, lo mismo que los pavimentos de madera; las mantas, colchas, y almohadones de pluma ó lana, y las telas y trajes también de lana, producen el efecto de retener el calor de nuestro cuerpo.—La mala conductibilidad de los líquidos se debe tener en cuenta, sobre todo cuando se trata de calentarlos; ya hemos visto el poco efecto que produciría un hogar colocado sobre un líquido, pero si le ponemos debajo produce un resultado enteramente distinto, porque la capa del líquido inmediato al hogar, calentada se dilata y hace más ligera, subiendo á la superficie y reemplazándose por otra capa que á su vez se calienta y sube,

de modo que hay un continuo movimiento de líquido que asciende por el centro que es la parte más caliente en general, y otra porción que desciende inmediata á las paredes, pues si éstas se encuentran al aire, será la parte más fría; sin embargo, puede también producirse el descenso por el centro y el ascenso por las paredes, si éstas se encuentran calentadas también: se hace visible el movimiento del líquido, mezclándolo con un cuerpo en polvo, que tenga una densidad poco diferente de la suya, y calentando la mezcla en un vaso de cristal. Es de la mayor importancia en la industria tener presente lo que acabamos de decir, para colocar siempre los hogares debajo de los líquidos que se hayan de calentar, pues de lo contrario se sacaría muy poco partido del combustible empleado. Un cuerpo caliente se enfría pronto colocado dentro de un líquido, y sobre todo si es dentro del agua, y ésto consiste en lo que diremos después de tratar de la capacidad calorífica de los líquidos, y en la renovación de capas frías en contacto del cuerpo caliente; así, para conservar su calor á un cuerpo, no debemos ponerle en un líquido, atendiendo á la mala conductibilidad de éste.—Los gases también toman calor por el contacto con los cuerpos calientes, y se renuevan las capas con más rapidez que en los líquidos por la mayor movilidad de sus moléculas; así, para enfriar un cuerpo, le pondremos al aire libre, y para que no se enfríe, en aire que no pueda renovarse. En los países fríos se usan dobles vidrieras que retienen una capa de aire el cual forma una masa de cuerpo mal conductor, y no impide la entrada á los rayos solares. La conductibilidad es causa también de que algunos cuerpos nos parezcan más fríos que otros, á pesar de tener igual temperatura, si nos ponemos en contacto con ellos; si tocamos con la mano un cuerpo buen conductor nos quita más calórico que si fuera malo, y por esta causa, la sensación que experimentamos es también muy poco exacta para juzgar de su temperatura.

## CAPÍTULO III

CALÓRICO ESPECÍFICO: CALÓRICO LATENTE: CAMBIOS  
DE ESTADO DE LOS CUERPOS

379. *Calórico específico.*—Todos los cuerpos, en igualdad de peso, cuando pasan de una temperatura á otra superior, no absorben la misma cantidad de calórico; es decir, que la cantidad de éste, que hace subir á un cuerpo desde la temperatura de  $20^{\circ}$  á  $30^{\circ}$ ; hará subir á otro desde  $20^{\circ}$  á más ó menos de  $30^{\circ}$ ; para probar que esto es cierto, se hace el experimento siguiente. Mezclamos 1 kilogramo de mercurio á  $100^{\circ}$  con otro también de mercurio á  $0^{\circ}$ ; como es natural, resultarán 2 kilogramos á  $50^{\circ}$ ; pero hagamos la mezcla del kilogramo de mercurio á  $100^{\circ}$  con otro de agua á 0, y encontraremos 2 kilogramos de líquido á  $3^{\circ}$ . Es evidente según ésto, que el calórico perdido por el mercurio, que es el necesario para elevar su temperatura desde  $3^{\circ}$  que le quedan, hasta 100 que tenía, es decir,  $97^{\circ}$  es el que necesita un peso igual de agua para subir solamente  $3^{\circ}$ ; de modo que el agua necesita  $97 : 3 = 32 \frac{1}{3}$  veces más calórico que el mercurio para que su temperatura suba los mismos grados que éste. Tyn-dall ha dispuesto otro experimento: se hace un disco de cera de 12 milímetros de grueso que se coloca sobre un soporte: además se calientan esferas de diferentes cuerpos, pero de igual peso, á  $180^{\circ}$  en un baño de aceite, y se colocan encima del disco: una de hierro, funde la cera en seguida y la atraviesa; el cobre tarda más; el estaño no llega á pasar y el plomo y bismuto apenas funden el disco hasta la mitad de su grueso. Se llama *calórico específico*, á la cantidad de calórico diferente que necesitan los cuerpos en peso igual para aumentar de 0 á  $1^{\circ}$  su temperatura.

380. *Capacidad calorífica.*—Se llama *capacidad calorífica* de un cuerpo á la mayor ó menor cantidad de calórico específico que le corresponde.

381. *Unidad para el calórico específico.*—Para medir el calórico específico de los cuerpos se toma por unidad el de un peso igual de agua.

382. *Variación de capacidad calorífica.*—Según los experimentos hechos, ha resultado que el calórico específico de

los cuerpos no es el mismo á todas las temperaturas, sino que crece con ellas: es decir que una cantidad de calórico que eleva un cuerpo de 100 á 150°, no elevaría el mismo cuerpo de 200 á 250, sino á menos de este número. Como ejemplo pondremos los números obtenidos por Petit y Dulong para la capacidad media del hierro, empleando siempre el mismo método.

De 0 á 100°.....	0,1098	De 0 á 200.....	0,1150
De 0 á 300.....	0,1210	De 0 á 400.....	0,1255

En general todo lo que tiende á dar densidad á los cuerpos disminuye su capacidad calorífica; por esto es mayor cerca de la temperatura á que cambian de estado por más calor. En los líquidos el aumento de capacidad calorífica con la temperatura, es mayor que en los sólidos; la del agua aumenta menos que la de los demás líquidos, el aumento es muy pequeño. En el estado líquido, la capacidad de los cuerpos es mayor, que en el de los sólidos ó gaseosos.

**383. Cambio de estado de los cuerpos de sólido á líquido.**—Hemos dicho, que el calórico dilata los cuerpos sólidos hasta que llegan á una temperatura en que cambian de estado, pasando á líquidos. Esto se verifica en todos los cuerpos, excepto en aquellos que se descomponen antes de fundirse, como sucede á la madera, lana y muchas otras sustancias orgánicas y algunas sales. La temperatura de fusión de los cuerpos es muy diferente, pues hay algunos, como el agua y el mercurio, que son líquidos á la temperatura ordinaria, otros que lo son á más elevadas temperaturas, y algunos otros que no han podido obtenerse líquidos, por ejemplo el carbón, que dice Despretz haber logrado sólo ablandar á la temperatura más alta, que ha podido obtener. Según experimentos recientes, la temperatura de fusión aumenta con la presión, excepto en el hielo que disminuye. Cuando un cuerpo necesita muy elevada temperatura para fundir, puede hacerlo á más baja mezclándole con otros, que en este caso toman el nombre de *fundentes*; así se practica en varias fabricaciones. La tabla siguiente nos da la temperatura á que funden los cuerpos más importantes.

Acido carbónico.....	—58	Sodio.....	90
Mercurio.....	—39	Aleación: 1 plomo, 1 es-	
Hielo.....	0	taño, 4 bismuto. ....	94
Sebo.....	33	Aleación: 2 plomo, 3 es-	
Fósforo.....	44	taño, 9 bismuto. ....	100
Potasio.....	58	Azufre.....	111
Estearina.....	60	Estaño.....	228
Cera.....	69	Bismuto.....	264
Talio.....	290	Plata con 1/20 de oro... ..	1048
Plomo.....	334	Hierro, fundiciones 1050 á	1200
Antimonio.....	430	Oro.....	1200
Zinc.....	500	Cobalto.....	1400
Cobre.....	780	Acero.....	1400
Bronce.....	900	Hierro.....	1600
Plata pura.....	999	Platino.....	2000

384. Calórico latente.—Cuando un cuerpo llega á la temperatura en que cambia el estado, se liquida tomando una gran cantidad de calórico; pero ni el cuerpo sólido ni el líquido, que de él resultan, aumentan su temperatura sea cualquiera la intensidad del foco calorífico, mientras la fusión no sea completa; es decir, que *un cuerpo sólido para ser líquido de la misma temperatura*, necesita una cantidad de calórico mayor, y á esta cantidad se llama *calórico latente*. El termómetro no le indica; pues tanto al liquidarse el hielo como al solidificarse el agua marcan  $0^{\circ}$  de temperatura; pero es fácil convencerse de que el agua contiene mayor cantidad de calórico. Mezclando 1 kilogramo de agua á  $79^{\circ}$  y otro á  $0^{\circ}$ , tendremos 2 á  $39\frac{1}{2}$ , que es la temperatura media; pero si el kilogramo de agua á  $79^{\circ}$  se mezcla con 1 de hielo á  $0^{\circ}$  tendremos 2 kilogramos de agua á la temperatura también de  $0^{\circ}$ ; de donde resulta que 1 kilogramo de hielo para ser líquido quedando á  $0^{\circ}$ , tiene que absorber una cantidad de calórico igual á la que necesita 1 kilogramo de agua para elevar su temperatura á  $79^{\circ}$ , ó sean 79 unidades de calor.

385. Aplicaciones.—De lo dicho podemos deducir que si es necesario absorber calor de un cuerpo, no será lo mismo ponerle en contacto de agua á  $0^{\circ}$  ó de hielo, pues éste tomará calórico que hará latente para convertirse en agua á  $0^{\circ}$ , y entonces el agua tomará el que necesite para elevar su temperatura y equilibrarla con la del cuerpo: en Medicina puede tener aplicación lo que acabamos de indicar.

386. Cambio de sólido á líquido por disolución.—Los cuerpos pasan también á líquidos disolviéndose en otros líquidos, por la afinidad entre las moléculas de uno á otro cuerpo; en este caso el que se liquida toma todo el calórico que necesita hacer latente, y por tanto la mezcla se enfría. Este frío es sensible si no hay más que disolución; pero si el cuerpo que se liquida se combina con el líquido, hay como en toda combinación química, desprendimiento de calor, de modo que la temperatura en unos casos sube más que baja, en otros será lo contrario, y aun podrá suceder en algunos que suba tanto como baja. En ésto se funda el que algunas mezclas produzcan muy bajas temperaturas, de lo cual se saca partido, como veremos más adelante.

387. Cambio de líquidos á sólidos.—Cuando se enfría un cuerpo líquido disminuye de volumen hasta una temperatura en que cambia de estado pasando á sólido, y en este caso desprende una cantidad de calórico que es la misma que tomaría el cuerpo sólido para pasar á líquido. Hay algunos que no se han solidificado á las temperaturas más bajas á que se les ha podido someter, como el eter y el alcohol. Un cuerpo que se solidifica lentamente y en reposo, resulta en forma de prismas, cubos ú otras figuras geométricas más ó menos regulares, que toman el nombre de *crisales*; habiendo algunos que no toman tales formas regulares, por lo que se los llama *amorfos*, como la goma albúmina, gelatina, etc. La temperatura de solidificación de un líquido se supone la misma que la de fusión del sólido; pero Despretz según sus observaciones, afirma que nunca se solidifica el líquido á la misma temperatura que se liquida el sólido.

388. Particularidades del agua.—El agua presenta fenómenos particulares: si se tiene en un estado completo de reposo, se solidifica á una temperatura más baja que  $0^{\circ}$ ; si tiene en disolución otros cuerpos también resiste á la congelación, por ejemplo, el agua del mar no es sólida hasta  $-2^{\circ}$ , 5; privada de aire y en reposo, ó con una pequeña capa de aceite, puede llegar hasta  $-12^{\circ}$  líquida, y Despretz asegura haber tenido el agua líquida á  $-20^{\circ}$  en tubos capilares de termómetro. Boussingault ha llenado completamente de agua un tubo de acero, cerrándole después con una tapa ó rosea y poniéndole una bala en el in-

terior: á  $-24^{\circ}$ , temperatura del 27 de diciembre de 1870, en París, á las ocho de la mañana, la bala se movía; lo que prueba que el agua estaba líquida: á una temperatura de  $-10^{\circ}$  se abrió el tubo y al instante se congeló el agua. En grandes masas se solidifica con dificultad, pues la que pasa á sólida, transmite su calórico latente al resto de la masa, haciéndola aumentar de temperatura. El agua cuando se enfría aumenta su densidad como todos los cuerpos, pero sólo hasta  $4^{\circ}$ , y desde esta temperatura empieza á disminuir hasta la congelación; de modo que á la temperatura de  $4^{\circ}$  es su mayor densidad, y por eso se toma para unidad en los pesos específicos con esta circunstancia. Se ha determinado el máximo de densidad del agua por varios métodos, y también se han encontrado resultados diferentes; pero Despretz ha dado la temperatura de  $4^{\circ}$ , y ésta es la que se toma en el día, porque ofrece más garantías de exactitud. El agua ofrece también la particularidad de producir un sólido de menos densidad que la suya, por lo cual el hielo formado flota siempre en ella. Varios físicos han determinado la densidad del hielo, siendo el mayor 0,950 encontrado por Dumas y el menor 0,905 por Heinrich: aceptaremos en término medio 0,918.

389. Cambio de estado de líquido á gas.—Si un cuerpo líquido se calienta, aumenta de volumen hasta cierta temperatura, diferente para cada líquido, á la que pasa al estado gaseoso convirtiéndose en *vapor*. Hay cuerpos sólidos que dan vapores sin que se advierta que pasan á líquidos, como el alcanfor y otros, y aún el hielo. Se llama *vaporización* la formación rápida de vapores en toda la masa de un líquido por el efecto de un foco calorífico, por ejemplo, la formación del vapor en una caldera para una máquina ó para calentar. Cuando la vaporización se hace con el objeto de separar dos cuerpos que pasan al estado de vapor á diferentes temperaturas, ó que uno sólo es volátil, se llama *destilación*; tal es la separación del agua y alcohol. Se entiende por *evaporación* la formación lenta de vapores en la superficie del líquido, y generalmente á temperaturas poco elevadas: si la evaporación tiene por objeto quitar á un sólido el líquido que le moja, toma el nombre de *desecación*. En todos los casos hay calórico absorbido por el cuerpo que pasa á vapor sin aumentar la temperatura; es decir, que el cuerpo en el cam-

bio de estado. hace latente una cantidad de calórico que se llama también calórico de *elasticidad* ó de vaporización.

390. *Equivalente mecánico del calor.*—Hemos visto que los cuerpos se dilatan produciendo una fuerza, y que los vapores tienen una tensión que aumenta con la temperatura, lo cual prueba que la teoría dinámica del calor es racional. Además, la fuerza produce también calor, como se ve en el choque, frotamiento, y en otros casos en que hay un trabajo. En vista de esto, varios físicos se han ocupado de la cuestión, haciendo ver, no sólo que el calor produce fuerza, sino que una cantidad de calor puede convertirse en una determinada de fuerza, y han llamado *equivalente mecánico del calor* al trabajo que se puede producir con una caloría. Diferentes medios se han empleado para resolver este problema sin olvidar el cálculo, y se han fijado en 425 kilográmetros; es decir, que el calor que eleva 1 kilogramo de agua de 0 á 1°, puede producir la fuerza necesaria para elevar 425 kilogramos á 1 metro de altura en 1 segundo de tiempo, y recíprocamente una fuerza de 425 kilográmetros podrá producir una caloría. En todos los casos la fuerza resultante hace desaparecer su equivalente de calor, y así por ejemplo, el vapor que ha producido un trabajo no dará después todo el calor que tenía antes de producirle, sino que dará tanto menos cuanto mayor sea la cantidad de este trabajo que ha resultado.

391. *Vaporización.*—Si un líquido se calienta, pierde el aire que tiene en disolución, y de aquí resultan unas pequeñas burbujas que se ven atravesar el líquido: después aumentando la temperatura, se forma vapor en la parte más próxima al foco calorífico; pero este vapor, que como más ligero se eleva atravesando la masa líquida, la encuentra más fría y se condensa dejándola su calórico. Cuando toda la masa líquida está á la temperatura del vapor, ya no le condensa al atravesarla, y se desprende produciendo un movimiento en el líquido, en cuyo caso se dice que se encuentra este en *ebullición* ó que *hierve*. Resulta de ésto que el vapor que un líquido produce, tiene la misma temperatura del líquido al producirle. En la temperatura de ebullición de los líquidos influye la presión, los cuerpos en disolución y la naturaleza de los vasos.

392. *Influencia de la presión.*—Es facil reconocer la influencia de la presión en la temperatura de ebullición de

un líquido. Desde luego puede deducirse que la tensión del vapor de todos los líquidos es igual á la presión de la atmósfera en la temperatura de ebullición, porque es evidente que el vapor se forma cuando su tensión puede vencer la presión atmosférica; luego si esta presión aumenta ó disminuye, tendrá el vapor la tensión conveniente para vencerlo á más ó menos temperatura. Varios experimentos pueden probarnos también esta verdad. Coloquemos en un balón de cristal, agua á una temperatura de  $70$  á  $80^{\circ}$  que no le llene completamente; tapado bien, pongámosle invertido y echemos agua fría por la parte exterior, esta agua enfría el balón y condensa una parte del vapor que hay sobre el líquido, al mismo tiempo que hace disminuir el volumen de aire interior por enfriarle; de modo que disminuye la presión y el líquido entra en ebullición á la temperatura que tenía. El mismo fenómeno tendrá lugar si colocamos agua á la temperatura de  $35$  á  $40^{\circ}$  bajo de una campana en la máquina neumática; en cuanto al aire queda con una presión igual á la tensión que corresponde al vapor con la temperatura que tiene el agua, empezará la ebullición. Hay un aparato debido á Franklín, que consiste en un tubo terminado por dos esferillas, todo de cristal: abierta una de ellas se hace entrar alcohol ó agua hasta que llene la mitad del aparato, y después haciendo hervir, cuando todo el interior está lleno de vapor, se cierra á la lámpara el recipiente abierto: tomando en la mano uno de los recipientes, el vapor que llena se dilata con el calor de ella, y el líquido pasa al otro recipiente donde se le vé hervir con sólo ese calor, pues no hay en el interior más presión que la producida por el vapor del líquido.—Si la presión aumenta, sube la temperatura de ebullición; por ejemplo, si en un tubo de termómetro cerrado se ha introducido alcohol, podrá calentarse á  $100^{\circ}$  sin que hierva, pues el vapor formado, producirá una presión que aumentará la temperatura de ebullición: por este método puede obtenerse una elevada temperatura en los líquidos; poniendo en un vaso de paredes resistentes un líquido cualquiera y cerrándolo perfectamente, el vapor que se forma hará presión sobre el mismo líquido y no hervirá puesto que la presión de su vapor irá aumentando con la temperatura. Sin embargo, hay un límite en la temperatura y presión, y llegando á él, todo el líquido se convierte en vapor,

siendo este límite diferente para cada cuerpo. Se deduce fácilmente de lo que llevamos dicho, que la temperatura de un líquido en ebullición no será uniforme en toda su masa, pues en el fondo, como soporta la presión del líquido que tiene encima, se formará el vapor á una temperatura más elevada que en la superficie.

393. *Marmita de Papin.*—Para producir elevadas temperaturas en los líquidos, hay un aparato conocido con el nombre de *marmita de Papin*, que consiste en un vaso de forma cualquiera metálico y de paredes resistentes, tapado con un disco; dos piezas salientes sostienen el arco de hierro que está sugeto á ellas con clavijas también de hierro; un tornillo entra en este arco y hace presión sobre el disco, impidiéndole separarse; además el disco lleva un reborde saliente al rededor, que entra en una caja practicada en el borde del vaso, y de este modo cierra completamente, pudiendo poner para más seguridad un anillo de piel ó de estopa. Debe acompañar al aparato, una válvula de seguridad, para evitar explosiones: más adelante nos ocuparemos de estas válvulas.—El agua hierve á una temperatura menor que  $100^{\circ}$  en todos los puntos del globo más elevados que el nivel del mar, porque la presión será menor que 0,76, llegando en algunas altas montañas habitadas, á ser bastante baja la temperatura de ebullición, para que no se cuezan las legumbres y carnes hasta el punto de poderse comer; haciendo uso en este caso de la marmita de Papin, se tiene una cocción perfecta. Aun puede usarse lo mismo para ciertas carnes duras que no se cuecen bien á la temperatura de  $100^{\circ}$ , y de aquí proviene también la costumbre de tapar las ollas donde se cuece una sustancia dura, con papeles ó paños húmedos, que con las tapaderas puestas encima, si son algo pesadas, dificultan la salida del vapor y el líquido hierve á una temperatura algo superior á la que le corresponde, por lo que se produce mejor cocción.

394. *Hipsómetro: medidor de alturas.*—Puesto que la temperatura de ebullición de un líquido disminuye elevándose en la atmósfera, podremos determinar la diferencia de nivel entre dos puntos si observamos cual es la temperatura á que hierve un líquido en ellos. Forbes y Regnault se han ocupado de esta cuestión, dando el nombre

de *hipsómetro* al aparato dispuesto para medir facilmente las alturas.

Observando en diferentes puntos la temperatura de ebullición se han encontrado los números siguientes:

Nombres de las localidades.	Altura sobre el Océano.	Altura media barométrica.	Temperatura de ebullición.
Nivel del mar Océano.....	0	0 <sup>m</sup> . 76	100°
París.....	65 <sup>m</sup> .	0, 754	99, 7
Viena.....	133	0, 747	99, 5
Moscou.....	300	0, 732	98, 0
Madrid.....	638	0, 700	97, 8
Cima del Vesubio.....	1200	0, 672	97, 0
Hospedería de San Gotard..	2075	0, 580	92, 9
Méjico.....	2277	0, 572	92, 3
Quito.....	2850	0, 553	90, 5
Caserío de Antisana.....	4075	0, 454	86, 3
Monte blanco.....	4811	0, 403	84, 0

395. *Influencia de un cuerpo en disolución.*—El líquido que tiene en disolución un cuerpo menos volátil que él, hierve á una temperatura tanto más elevada cuanto más cantidad de cuerpo tiene disuelto; pero el vapor que resulta tomará la tensión correspondiente á la presión atmosférica y no tendrá la temperatura del líquido que le produce, sino la que éste tendrá al vaporizarse si estuviera puro: cuando el cuerpo está sólo en suspensión en el líquido, no aumenta la temperatura de ebullición: el agua saturada de sal común, hierve á 107°, de nitro á 116, de carbonato de potasa á 135, y de cloruro de calcio á 179.

396. *Influencia del vaso.*—Los líquidos no hierven á una misma temperatura en todos los vasos; el agua en uno metálico, hierve á 100°; y si es de porcelana ó cristal, puede llegar hasta 105°; siendo sin embargo 100 la temperatura del vapor; pero si se echan pedazos de metal en el vaso, la temperatura de ebullición es la misma que si todo él fuera metálico. Estos pedazos producen otro efecto, que es el de evitar los movimientos bruscos que resultan en algunos líquidos al vaporizarse; por ejemplo, el ácido sulfúrico cuando se concentra hace estos movimientos, proyectándose fuera de los vasos que le contienen, y por eso para evitarlos se ponen siempre en el fondo algunos pedazos de platino.

397. Influencia del aire y los gases.—Si se hace hervir el agua para quitarla todo el aire que contiene y después se la cubre con una capa de aceite, puede llegar á  $120^{\circ}$  sin entrar en ebullición; pero á esta temperatura el vapor se produce bruscamente. Dony ha hecho también hervir el agua á una temperatura muy superior á  $100^{\circ}$  preparando de otro modo el experimento: se pone en un tubo de vidrio encorvado una cantidad de agua que ocupe una parte de él, y haciéndola hervir algún tiempo, el vapor que forma expulsa el aire del tubo; en este estado se cierra á la lámpara: colocado después el aparato en un baño saturado de cloruro de calcio, se va elevando la temperatura y el agua del interior del tubo no hierve hasta  $138^{\circ}$  produciéndose la evaporación de un modo tan violento, que rompe el vidrio si no es bastante resistente. Dufour ha colocado el agua en suspensión dentro de otro líquido preparado de modo que su densidad fuera la misma que la de aquella, por ejemplo, una mezcla de aceite de linaza y esencia de clavo; el agua en suspensión dentro del líquido no hierve hasta  $120^{\circ}$ , y el ácido sulfuroso cuya temperatura de ebullición es de  $-10^{\circ}$ , en suspensión dentro del ácido sulfúrico diluido convenientemente, no hierve hasta  $+18^{\circ}$ ; pero si dispuestos así los líquidos y estando á una temperatura superior á la de ebullición, se tocan con un cuerpo sólido, la vaporización es instantánea, acaso por la acción del aire que va adherido á la superficie del cuerpo con que se toca; y parece confirmar esta opinión, el que repetido el experimento con el mismo cuerpo, va perdiendo su propiedad de hacer evaporar, sin duda porque pierde el aire que llevaba al principio. En general, cuanto menos aire ó gas tiene un líquido, más se elevará su temperatura de ebullición.

398. Temperatura de ebullición de los líquidos.—La tabla siguiente contiene la temperatura de ebullición de los líquidos más importantes, á la presión de  $0^m$ , 76.

Acido sulfuroso.....	$-10^{\circ}$	Aguarrás.....	150
Eter clorhídrico.....	11	Fósforo.....	290
Eter sulfúrico.....	37,8	Acido sulfúrico concen-	
		trado.....	325
Sulfuro de carbono.....	47	Aceites fijos.....	316 á 330
Alcohol.....	79	Mercurio.....	350
Agua destilada.....	100	Azúfre.....	470

Continuará.