

eficiente de dilatación lineal se quiere conocer. En la extremidad *a* hay una sólida columna que impide que la barra pueda dilatarse en esa dirección, y en la extremidad *n* se apoya sobre un pie que sostiene un anteojo. Este anteojo debe formar siempre un ángulo recto con la barra que le sirve de pie. A una distancia conocida, y que generalmente es de 20 metros, se coloca una regla graduada. Se comienza por poner hielo en la caja con objeto de que la barra adquiera la temperatura de 0° y se dirige una visual *o A*, cuidando de anotar la graduación observada en la regla. En seguida se quita el hielo y se pone agua ó aceite hirviendo. La barra, al pasar de 0° á 100° se dilata é impulsa hacia adelante al pie del anteojo. Cuando la barra cese de alargarse se dirige por el anteojo una segunda visual *o B*. Comparando ahora los triángulos semejantes *o n c* y *o A B* tenemos:

$$\frac{nc}{AB} = \frac{no}{Ao}$$

Despejando á *nc* que es la incógnita:

$$nc = \frac{no}{Ao} \times AB.$$

Una vez conocido el alargamiento de la barra, se divide por la longitud de la barra á 0° y la temperatura del baño, con lo que se obtendrá la dilatación para una sola unidad de longitud y para un solo grado, ó sea el coeficiente de dilatación lineal.

223. *Método de Roy y Ramsden.* — En 1787 el Mayor Roy, de Londres, midió los coeficientes de dilatación lineal de algunos cuerpos empleando el siguiente aparato construido por Ramsden: Se colo-

ran una frente á otra, y paralelamente, tres cubas metálicas de dos metros de largo. En la cuba de en medio está una barra del cuerpo cuyo coeficiente de dilatación lineal se trata de determinar, y en las otras dos cubas hay unas barras de hierro exactamente de la misma longitud que la primera. En las



Fig. 254. Aparato de Roy y Ramsden.

extremidades de las tres barras se fijan unas varillas verticales. Las de las cubas A y B llevan unos pequeños discos taladrados, con unos hilos micro-métricos en forma de cruz, como las *retículas* de los anteojos; y las varillas de la cuba C llevan unos tubos provistos de un objetivo y un ocular de microscopio, también con retícula.

Se llenan las tres cubas con trozos de hielo para que las tres barras adquieran la temperatura de 0°,

y en este momento los centros de las retículas cada lado han de estar en línea recta, es decir, si se dirige una visual por cada anteojo, los centros de las tres retículas han de verse sobrepuestos. Se quita entonces el hielo de la cuba central y se reemplaza por agua, la cual se hace hervir calentándola con tres lámparas de alcohol. La barra se dilata pero solamente en el sentido $m n$, pues en B hay un tope que se lo impide. La retícula m ha quedado en su lugar; pero la retícula n avanza hacia la izquierda. Ahora bien, esta retícula puede volver á su posición primitiva por medio de un tornillo a , cuya cabeza sobresale por fuera de la cuba. Es claro que la dilatación de la barra será igual al espacio que haya tenido que recorrer el tornillo, espacio que se deduce del número de vueltas que hubo que dar al tornillo y del *paso* del mismo.

El número que expresa esa dimensión se divide por la temperatura del baño y por la longitud de la barra á 0°.

He aquí un cuadro con los coeficientes de dilatación lineal, entre 0 y 100°, de los cuerpos más empleados en las artes:

| | | | |
|--------------------|-------------|-----------------|-------------|
| Vidrio..... | 0,00008613 | Cobre rojo..... | 0,000017182 |
| Platino..... | 0,00008842 | Bronce..... | 0,000018107 |
| Acero no templado. | 0,000010788 | Latón..... | 0,000018782 |
| Fundición..... | 0,000011250 | Plata..... | 0,000019097 |
| Fierro dulce..... | 0,000012204 | Estaño..... | 0,000021730 |
| Acero templado... | 0,000012395 | Plomo..... | 0,000028573 |
| Oro..... | 0,000014660 | Zinc..... | 0,000029117 |

224. *Péndulo compensador.* — El péndulo es un aparato que se emplea para regular la marcha de los relojes. Esta aplicación del péndulo se debe á Huyghens, quien la llevó á cabo en 1657.

Al hablar de las leyes del péndulo dijimos que la duración de las oscilaciones es proporcional á la raíz cuadrada de la longitud del péndulo. Luego si aumenta la longitud del péndulo, el reloj se atrasa, y si disminuye la longitud, el reloj se adelanta. Siendo metálica la varilla del péndulo es la sujeta á dilatarse ó contraerse por los cambios de temperatura, y la marcha del reloj no sería precisa.

Un relojero francés, el señor Leroy, tuvo la idea de construir un péndulo *compensador*, fundándose en la desigual dilatabilidad del acero y del latón, es decir, que si la varilla se alarga al aumentar la temperatura, dicho alargamiento es compensado por otro en sentido contrario, de tal manera que la distancia entre el punto de suspensión y el centro de oscilación permanezca constante.

El aparato se compone de una lenteja muy pesada L , sostenida por cinco varillas de acero y cuatro de latón, dispuestas de tal manera que si la dilatación del acero tiende á bajar el centro de oscilación del péndulo, la dilatación del latón tiende á subirlo, y ambos efectos se compensan.

Llamemos a , a' , a'' á las varillas de acero y l , l' á

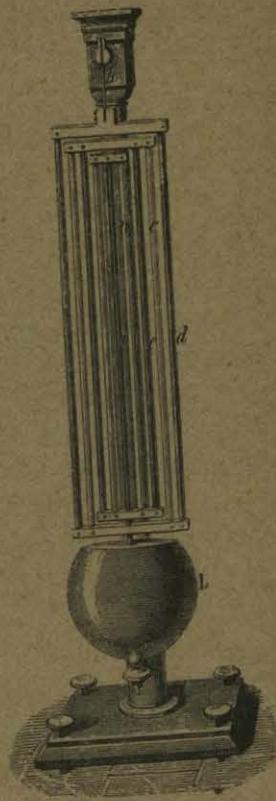


Fig. 255.
Péndulo compensador.

las de latón; γ al coeficiente de dilatación del acero y γ' al coeficiente de dilatación del latón, que es mayor que el del acero, y l á la temperatura. Como para que la longitud del péndulo se conserve invariable se necesita que las dilataciones del total de varillas de acero y de latón sean iguales, pues si la compensación no existiría, tendríamos:

$$(a + a' + a'') \gamma t = (l + l') \gamma' t;$$

ó lo que es lo mismo

$$\frac{a + a' + a''}{l + l'} = \frac{\gamma'}{\gamma}.$$

Se ve por esto que para que haya compensación se necesita que las sumas de las varillas de acero y de latón estén en razón inversa de los coeficientes de dilatación lineal de los dos metales. Este resultado es independiente de la temperatura.

MÁXIMO DE DENSIDAD DEL AGUA

225. *Experimento de Hope.* — El agua presenta este fenómeno notable, contrario al caso general de la contracción: cuando baja su temperatura se contrae hasta llegar á los 4°, pero si se enfría más no solamente deja de contraerse, sino que entonces se dilata hasta el momento de la congelación, que es cuando la temperatura llega á 0°. De modo que el agua tiene su densidad máxima cuando se halla á 4° de temperatura arriba de 0.

El físico escocés Hope ideó el experimento siguiente para comprobar el hecho:

El aparato se compone de una probeta de cristal

con dos taladros, uno cerca del fondo y otro cerca de la parte superior. En la parte media lleva una caja circular de latón destinada á contener hielo, y en cada taladro hay un tapón de goma atravesado por un termómetro. Se llena la probeta con agua y se pone hielo en la caja exterior. Supongamos que al principio del experimento los dos termómetros marquen 12°. Poco después se observa que el termómetro inferior comienza á descender y al cabo de una hora baja hasta 4°, mientras que el termómetro superior ha quedado marcando casi la misma temperatura. Ya que el termómetro de abajo llegó á 4°, el de arriba descende, y después de algún tiempo llega á 0°. Si en este momento observamos el otro termómetro, sigue marcando 4°.

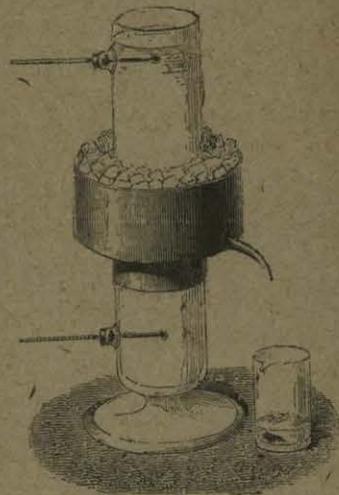


Fig. 256. Aparato de Hope.

Analizaremos lo que ha pasado. El agua que estaba en contacto con la zona central enfriada por el hielo, aumentó de densidad y bajó, siendo substituida por el agua de abajo que se hallaba á 12°. Se establecen, por lo tanto, una serie de corrientes descendentes y ascendentes de la parte media á la parte inferior, y cuando el agua ha alcanzado su máximo de densidad queda ocupando la parte inferior, según las leyes de la hidrostática, y ese máximo lo alcanza á los 4°, como el termómetro nos lo indica.

Después las corrientes se verifican entre la parte media y la capa superior, y llega un momento que el termómetro de arriba marca la temperatura de 0°.

226. *Experimento de Hallström.* — Hallström demostró que el agua á 4° tiene su máximo de densidad suspendiendo de uno de los ganchos de la balanza hidrostática una bola de vidrio á la que se hace equilibrio con municiones. En seguida se introduce la bola en el agua, cuya temperatura se aprecia con un termómetro muy sensible. A causa del empuje la balanza se desequilibra, y se restablece el equilibrio poniendo fracciones de gramo en el platillo de donde cuelga la esfera. En seguida se va enfriando el agua y se observa que, conforme va bajando la temperatura, el empuje va siendo mayor y hay que poner más pesos en el platillo, lo que comprueba que el agua va aumentando de densidad. Pues bien, al llegar el agua á 4° es cuando hay que poner mayor número de pesos, y tan pronto como el agua se enfría más disminuye el empuje, lo que comprueba el principio.

227. *Experimento de Despretz.* — El experimento de Despretz para la demostración del mismo principio fué hecho como sigue:

Introdujo en un vaso con agua dos termómetros, uno de mercurio y otro de agua. Al principio los dos termómetros marcaban la misma temperatura y al ir enfriando el agua del vaso los líquidos de los dos termómetros se fueron contrayendo simultáneamente hasta llegar á 4°. Pero á partir de aquí y mientras el mercurio siguió contrayéndose, el agua del otro termómetro se dilató, con lo que quedó demostrado que el agua á 4° adquiere su densidad máxima.

He aquí cómo va aumentando y en seguida disminuyendo la densidad del agua cuando la temperatura baja de 10° á 0°:

| Temperaturas | Densidades |
|--------------|------------|
| 10 | 0,999731 |
| 9 | 0,999812 |
| 8 | 0,999878 |
| 7 | 0,999929 |
| 6 | 0,999969 |
| 5 | 0,999999 |
| 4 | 1,000000 |
| 3 | 0,999999 |
| 2 | 0,999966 |
| 1 | 0,999927 |
| 0 | 0,999873 |

CONDUCTIBILIDAD CALORÍFICA DE LOS CUERPOS

228. Se llama *conductibilidad* á la propiedad que tienen los cuerpos de conducir el calor de molécula á molécula, á través de su masa.

No todos los cuerpos son igualmente buenos conductores del calor. Los sólidos son, en general, buenos conductores, y los líquidos y los gases son malos conductores. Los sólidos que mejor conducen el calor son los metales, siendo la plata el mejor conductor.

Se hace un experimento muy sencillo para demostrar que no todos los metales conducen igualmente el calor.

Experimento núm. 44. — De unos alambres de cobre se suspenden dos varillas del mismo grueso, de la misma longitud, pero de distintos metales, fierro y cobre, por ejemplo. Estas varillas se suspenden

de manera que queden en contacto por una de sus extremidades, y llevan á distancias exactamente iguales unas esferitas de corcho pegadas con cera de campeche. Se calientan entonces las varillas en una lámpara de alcohol por la extremidad en contacto, cuidando de que la flama bañe por igual los dos metales. Al cabo de un rato se ve que las esferitas de corcho pegadas en la varilla de cobre van cayendo primero que las pegadas en la varilla de hierro, lo que indica que el cobre ha conducido mejor el calor.

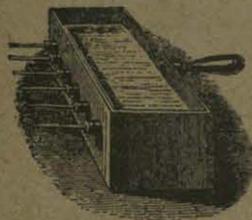


Fig. 257. Experimento de Ingenhouz.

229. *Experimento de Ingenhouz.* — Ingenhouz hacía uso de una caja de metal atravesada en

una de sus caras por varias varillas de distintos metales: plata, cobre, hierro, etc. Cubría todas las varillas de un espesor uniforme de cera blanca, y en seguida vertía agua hirviendo en la caja. La cera se fundía enteramente en la varilla de plata, se fundía menos en la de cobre, menos todavía en la de hierro, etc., según el grado de conductibilidad de cada cuerpo.

230. *Verificación de la ley de Lambert.* — Despretz comparó los poderes conductores de los sólidos por medio de una barra prismática en la cual hay practicadas, de decímetro en decímetro, unas cavidades llenas de mercurio, y en cada una de las cuales se sumerge un termómetro. La barra se calienta en uno de sus extremos con una lámpara de alcohol, y se observa que los termómetros suben sucesivamente á partir del que está más cerca de la lámpara, y después se quedan marcando temperaturas fijas, decrecientes de un termómetro al siguiente.

Con este procedimiento Despretz verificó la ley de Lambert:

Cuando las distancias al foco de calor crecen en pro-

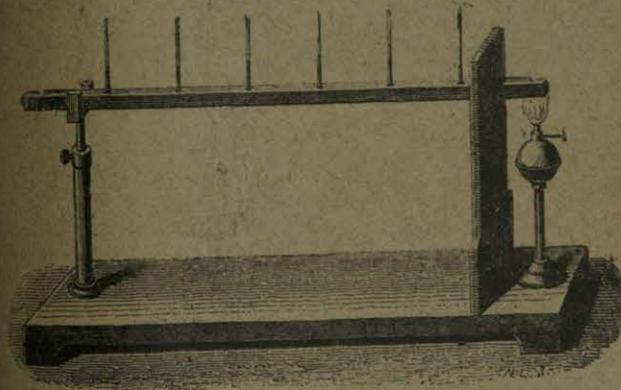


Fig. 258. Experimento de Despretz.

gresión aritmética, los excesos de temperatura sobre el aire ambiente decrecen en progresión geométrica.

231. Los líquidos, con excepción del mercurio, son muy malos conductores del calor, y si los calentamos relativamente con facilidad, es debido á que las capas inferiores al calentarse disminuyen de densidad, suben y son reemplazadas por capas frías que á su vez se calientan. Esto puede demostrarse poniendo en un vaso de vidrio serrín de madera y agua. Tan pronto como comienza á calentarse el agua se ven las columnas



Fig. 259. Los líquidos se calientan por convección.

de agua se ven las columnas

ascendentes y descendentes del serrín, producida por el agua caliente que sube y el agua fría que baja.

Para demostrar que el agua — y en general los líquidos — es muy mala conductora del calor, se pone á calentar la parte superior de una probeta llena de agua y que contiene un termómetro. Al cabo de un rato se ve que aun cuando las capas superiores

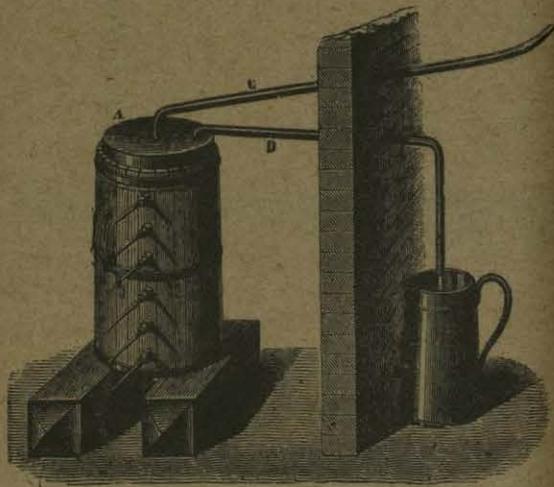


Fig. 260. Los líquidos están sometidos á la ley de Lambert.

del agua están en plena ebullición, apenas ha subido uno ó dos grados el termómetro.

Despretz demostró que aun cuando los líquidos son malos conductores del calor, están sometidos á la ley de Lambert. Para demostrarlo construyó un aparato que consiste en un tonel de 1^m50 de altura y cerrado en su parte superior por un vaso de cobre A. A lo largo de una de las duelas del tonel están fijos, á distancias iguales, unos termómetros. Por el tubo C está llegando lentamente al vaso A una co-

riente de agua á 100° que sale por el tubo D. El vaso se conserva de este modo á una temperatura constante, la capa de agua que está en contacto con él se calienta, después la inferior y así sucesivamente las capas inferiores, pero con mucha lentitud. Despretz prolongó el experimento por espacio de 36 horas, al cabo de las cuales comprobó que los líquidos siguen la misma ley que las barras metálicas, pero su conductibilidad es muchísimo más débil.

232. Los gases son también (con excepción del hidrógeno) malos conductores del calor, y se calientan, á semejanza de los líquidos, por corrientes ascendentes y descendentes. Para demostrarlo basta colocar arriba de un tubo de vidrio un espiral de papel. Si se pone abajo del tubo una vela ó un pico de gas, la espiral adquiere un rápido movimiento de rotación, producido por la corriente ascendente de aire caliente.

233. Hay un experimento para demostrar que el hidrógeno es buen conductor del calor. Dentro de un frasco invertido, de boca ancha, se coloca una delgada espiral de platino que comunica con los polos de una batería eléctrica. Si estando el frasco lleno de aire ó de cualquiera otro gas que no sea hidrógeno, se hace pasar la corriente, la espiral de platino se calienta hasta llegar al rojo; pero si se llena el frasco de hidrógeno y se hace pasar la corriente, el alambre no se enrojece, debido á que gran parte del calor ha sido conducido por el hidrógeno.

234. *Aplicaciones de la conductibilidad.* — La mayor ó menor conductibilidad de los cuerpos es objeto de muchas aplicaciones. Si se desea conservar por mucho tiempo caliente un líquido, se pone en

una vasija de doble cubierta cuyo intervalo está lleno de cuerpos malos conductores, como serrín, carbón machacado ó paja. El mismo medio se emplea para impedir que un cuerpo absorba el calor, así, por ejemplo, para conservar el hielo en el verano se le rodea de paja ó de lana. Si en las habitaciones parece más frío el piso de piedra que el entarimado es porque la piedra conduce mejor el calor que la madera. Cuando apoyamos la mano sobre el hierro ó el mármol experimentamos una sensación de frío debido al calor que nos quitan aquellos cuerpos buenos conductores; pero si estos cuerpos están á temperatura superior á la nuestra nos parecen más calientes de lo que están, como cuando apoyamos la mano en una barra de hierro expuesta al Sol.

Las sustancias filamentosas como las pieles de abrigo, la seda de capullo, los tejidos de lana, el plumaje de las aves, etc., deben la propiedad que poseen de conservar el calor á la mala conductibilidad del aire que existe entre sus intersticios. Esta capa de aire conservada en torno de nuestro cuerpo nos protege contra el frío tanto mejor cuanto más espesa es y cuanto con mayor dificultad se renueva. En los países del Norte se acostumbra poner cristales dobles en las ventanas para conservar el calor en las habitaciones.

Si los tejidos metálicos interceptan la llama de una lámpara se debe precisamente á su buena conductibilidad, y esta propiedad fué utilizada por Davy para construir la lámpara de seguridad que usan los obreros en las minas de carbón de piedra.

CALOR ESPECÍFICO

235. Se entiende por *calor específico* la cantidad de calor necesaria para elevar de 0° á 1° la temperatura de la unidad de peso de un cuerpo.

El calor específico se mide en *calorías*. Estas pueden ser grandes ó pequeñas. La gran caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar de 0° á 1° la temperatura de 1 kilogramo de agua, y la pequeña caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar de 0° á 1° 1 gramo de agua.

Para comprender lo que se entiende por calor específico supongamos que se mezcla un kilogramo de agua á 0° con un kilogramo de agua á 79° . El resultado será 2 kilogramos de agua á $39^{\circ}5$; es decir, que el calor se repartió equitativamente entre los dos kilogramos de líquido. Pero si se mezcla 1 kilogramo de mercurio á 100° con 1 kilogramo de agua á 0° se observa que ambos líquidos quedan á la temperatura de 3° . Vemos que el mercurio bajó 97° y el agua apenas se calentó 3° . Podemos, pues, decir que en igualdad de peso el agua toma 32 veces más calor que el mercurio para la misma elevación de temperatura. Cada cuerpo tiene una capacidad propia en lo que se refiere al calor, y esa capacidad es lo que se llama su *calor específico*.

236. Hay muchos métodos para determinar el calor específico de un cuerpo, pero aquí sólo nos ocuparemos del método de las mezclas, debido al físico Black.

Se comienza por pesar el cuerpo (supongamos que se trata de un sólido) y después se le calienta á una temperatura conocida, manteniéndolo por algún

tiempo en una corriente de vapor de agua á 100° en seguida se le sumerge rápidamente en una masa de agua fría pesada de antemano y de temperatura conocida. Es claro que variará la temperatura del agua, y este nuevo dato nos servirá para conocer el calor específico del sólido.

Llamemos M al peso del cuerpo, T la temperatura que tiene en el momento de introducirlo en el agua y c su calor específico. Designemos por m el peso del agua fría, t su temperatura, m' el peso del vaso que contiene el agua, c' su calor específico (que suponemos ya conocido) y θ la temperatura final del agua después de haber introducido en ella el cuerpo caliente.

Si la temperatura del cuerpo era T y ahora es θ , se habrá enfriado un número de grados igual á $(T-\theta)$ y la cantidad que ha perdido de calor estará representada por $Mc(T-\theta)$. En cambio el agua y el vaso se calientan un número de grados igual á $(\theta-T)$ y habrán absorbido cantidades de calor representadas respectivamente por $m(\theta-t)$ y $m'c'(\theta-t)$. Y como la cantidad de calor cedida por el cuerpo caliente es igual á la suma de las cantidades de calor absorbidas por el agua y el vaso, en el supuesto de que no haya habido causa exterior de absorción ó emisión de calor, tendremos:

$$Mc(T-\theta) = m(\theta-t) + m'c'(\theta-t).$$

Resolviendo la ecuación con respecto á c queda:

$$c = \frac{(m + m'c')(\theta - t)}{M(T - \theta)}.$$

El calorímetro empleado en esta operación se compone de un vaso de latón de paredes delgadas y

muy bien pulimentadas, que se sostiene por medio de hilos de seda con objeto de evitar la pérdida de calor por conductibilidad. Se llena el vaso con agua destilada y se introduce allí un termómetro para ver la temperatura. Al introducir el cuerpo caliente se mueve el líquido con un agitador de cristal para que la temperatura se uniforme en toda la masa.



Fig. 261. Calorímetro de agua.

237. Experimento de Tyndall (*).—Tyndall demostraba con un sencillo experimento que

los diferentes cuerpos, aunque tengan igual peso, no absorben ó emiten la misma cantidad de calor,



Fig. 262. Experimento de Tyndall.

cuando experimentan igual elevación de temperatura.

(*) Tyndall, sabio inglés. Fué un gran popularizador de las ciencias. Las conferencias dominicales que dió por tanto tiempo en Londres, revistieron siempre el mayor interés.

Se calientan en un baño de aceite á la temperatura de 200° varias esferas de igual peso, pero de metales diferentes: cobre, hierro, zinc, estaño, bismuto y plomo. Después se las extrae del baño y se las coloca *al mismo tiempo* sobre una torta de cera que está sostenida en un tripié. Al poco tiempo observamos que las balas de cobre, hierro y zinc funden la cera, se incrustan en ella y la atraviesan rápidamente, la de estaño se incrusta, pero no perfora, y las de bismuto y plomo apenas dejan una pequeña huella. Así es que vemos que cuerpos del mismo peso y elevados á la misma temperatura no han transmitido á la cera la misma cantidad de calor, luego *cada cuerpo necesita para adquirir determinado temperatura una cantidad de calor que le es específico.*

FUSIÓN Y SOLIDIFICACIÓN

238. *Fusión.* — Cuando se calienta un cuerpo sólido se dilata, y tanto más cuanto mayor es la temperatura; pero la dilatación tiene un límite, pasado el cual la atracción molecular ya no es suficiente para conservar el cuerpo en estado sólido. Entonces el sólido pasa al estado líquido, y este fenómeno se conoce con el nombre de *fusión*. Definiremos, pues, la fusión de la manera siguiente:

La fusión es el paso de un cuerpo del estado sólido al estado líquido, bajo la acción del calor.

Las leyes á que está sometido el fenómeno de la fusión son éstas:

1.^a *La temperatura de fusión es constante para cada cuerpo, y esa temperatura se llama punto de fusión.*

2.^a *Desde que empieza la fusión la temperatura deja de subir y permanece constante mientras dura el fenómeno.*

239. *Calor latente de fusión.* — Resulta de la segunda ley de la fusión que el calor cedido por el manantial calorífico á la masa en fusión no es sensible al termómetro, todo se gasta en verificar el cambio de estado, y esta cantidad de calor recibe el nombre de *calor de fusión*. Así, por ejemplo, un kilogramo de hielo necesita 79 calorías para fundirse.



Fig. 263. El plomo se funde con el calor.

Si se vierte 1 kilogramo de hielo machacado á 0° en 1 kilogramo de agua á 79°, el hielo se derrite inmediatamente y resultan 2 kilogramos de agua á 0°, es decir, á la temperatura á que estaba el hielo. Así es que el hielo solamente para derretirse, puesto que no ha cambiado de temperatura, ha absorbido y hecho latente todo el calor necesario para elevar un peso igual de agua de 0° á 79°. Esta cantidad de calor, que es considerable, explica por qué el hielo tarda tanto en fundirse en las condiciones ordinarias. Definiremos, pues, calor latente diciendo que es *el calor que un cuerpo absorbe y hace insensible al termómetro para pasar del estado sólido al estado líquido sin cambiar de temperatura.*

Cuadro de la temperatura de fusión de diversas substancias

| | | | |
|------------------|-----|---------------------|--------|
| Mercurio..... | 39° | Plomo..... | 320° |
| Hielo..... | 0 | Zinc..... | 433 |
| Fósforo..... | 43 | Plata..... | 1,000. |
| Potasio..... | 58 | Palastro blanco.... | 1,100 |
| Estearina..... | 60 | Palastro gris..... | 1,200 |
| Cera virgen..... | 63 | Oro..... | 1,250 |
| Sodio..... | 90 | Hierro dulce..... | 1,500 |
| Azufre..... | 115 | Platino..... | 2,000 |
| Estaño..... | 230 | Iridio..... | 2,500 |

240. *Solidificación.*— La solidificación es el paso de un cuerpo líquido al estado sólido.

Este fenómeno está sometido á dos leyes:

1.^a *En cada cuerpo la temperatura de solidificación es enteramente igual á la de fusión.*

2.^a *La temperatura de solidificación permanece constante mientras dura el fenómeno.*

Así como hemos dicho que un sólido al fundirse absorbe y hace latente cierta cantidad de calor, un



Fig. 264. El agua aumenta de volumen al solidificarse.

líquido al solidificarse restituye el *calor de fusión* y éste mantiene constante la temperatura á pesar del enfriamiento.

241. *Cambio de volumen de un cuerpo durante la fusión.*— Por regla general la fusión de un cuerpo va acompañada de un aumento de volumen; el líquido obtenido es, por lo tanto, menos denso que el sólido del que procede. Cuando se funde azufre se observa que la parte que aun permanece sólida queda en el fondo del líquido.

El hielo es, sin embargo, una excepción á la regla. Al fundirse el hielo disminuye de volumen; por eso vemos que un trozo de hielo flota en el agua; la densidad del hielo con respecto al agua es de 0,930.

Para probar que el agua aumenta de volumen en el momento de solidificarse, el Sr. William abandonó al aire á una temperatura de algunos grados abajo de cero dos bombas llenas de agua y con las aberturas muy bien tapadas con unos tacos de madera. En el momento de la solidificación del agua el tapón de una de las bombas fué proyectado hacia afuera y salió por el taladro un cilindro de hielo; la otra bomba se reventó y se formó en la fisura una zona helada.

Durante el invierno la savia de los vegetales se congela y por su expansión produce la ruptura de los vasos del vegetal.

242. *El rehielo.*— Cuando aumenta la presión en un cuerpo que se dilata al pasar del estado líquido al sólido, se favorece la solidificación.

El rehielo es un fenómeno que demuestra este hecho. Dos pedazos de hielo se sueldan uno con otro apenas se ponen en contacto, aun cuando floten en agua bastante caliente.

Tyndall hacía un experimento que consiste en llenar de fragmentos de hielo dos moldes hemisféricos de madera dura. En seguida se pone un molde en

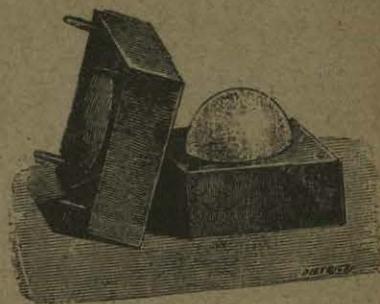


Fig. 265. Experimento del rehielo.

cima del otro y se ejerce una presión. Los fragmentos se rompen en cristales más pequeños que seguidamente se sueldan por el fenómeno del rehielo; una nueva presión produce una nueva ruptura y otro rehielo, y así sucesivamente, hasta que, si la presión es suficiente, se consigue obtener una esfera de hielo.

Con moldes especiales pueden fabricarse lentes de hielo con las cuales, concentrando los rayos solares, es posible incendiar un cerillo.

Experimento núm. 45. — Colóquese un grueso trozo de hielo entre dos soportes cualesquiera y abrácese con un aro de alambre del que cuelgue un peso algo considerable. El alambre va pasando á través del hielo, dejando una huella bien marcada, y ya que pasa del otro lado se observa que el hielo se ha soldado íntimamente. Esta es otra prueba del fenómeno del rehielo.

243. *Sobrefusión.* — Hay algunos líquidos que colocados en determinadas condiciones no se solidifican aun cuando la temperatura baje más allá del punto de solidificación.

Gay Lussac demostró que basta que el agua esté privada de aire y tranquila para que su temperatura baje mucho sin que el líquido se solidifique. Puso agua destilada rodeada de una mezcla refrigerante en el recipiente de la máquina neumática y el agua llegó á *doce grados bajo cero* sin solidificarse. Pero basta una ligera agitación para que el agua se solidifique inmediatamente.

El azufre que se solidifica á 110° puede persistir al estado líquido aun á la temperatura ordinaria, con tal de que se le deje enfriar con mucha lentitud y sin agitar el vaso en lo más mínimo.

244. *Disolución.* — Un cuerpo se disuelve cuando

por su afinidad química con las moléculas del líquido en contacto, adquiere el estado líquido. La disolución es, pues, el paso de un sólido al estado líquido; y este fenómeno se llama *fusión acuosa* para distinguirlo de la *fusión ígnea* ó sea la producida por el calor.

Por regla general, siempre que un cuerpo sólido como el azúcar, la sal común, se disuelven en el agua, baja la temperatura, y este hecho se aprovecha en las mezclas refrigerantes. Pero si hay acción química enérgica, entonces puede haber elevación de temperatura. Así, por ejemplo, mezclando cuatro partes de hielo, en peso, con una de ácido sulfúrico, baja la temperatura; pero si mezclamos una parte de hielo con cuatro de sulfúrico, la temperatura asciende mucho.

245. *Mezclas refrigerantes.* — El objeto de estas mezclas es obtener artificialmente que baje mucho la temperatura. En la mayor parte de las mezclas se emplea el hielo, pero su uso no es siempre necesario. Basta disolver en agua una sal bastante soluble para conseguir una producción de frío.

He aquí un cuadro de las principales mezclas refrigerantes con expresión de las bajas de temperatura que se producen.

Mezclas refrigerantes

| CUERPOS MEZCLADOS | Proporciones | Baja del termómetro |
|-------------------------------------|--------------|---------------------|
| Sal marina | 1 | —18° |
| Hielo machacado | 2 | |
| Cloruro de calcio | 2 | —54° |
| Hielo machacado | 1 | |
| Agua | 1 | —16° |
| Nitrato de amoníaco | 1 | |
| Sulfato de sosa | 8 | —17° |
| Ácido clorhídrico diluido | 5 | |