

plata (que se contrae cuando su temperatura aumenta, y esto á un punto distante de su fusión), todos los demás cuerpos sólidos ó líquidos se dilatan por efecto del calor; sólo que la dilatación del cuerpo en su forma líquida sigue las más veces una ley distinta de la que observa en la forma sólida. Por último, acabamos de ver que en el tránsito de un estado á otro, ciertas substancias, como el agua y el bismuto, sufren una contracción

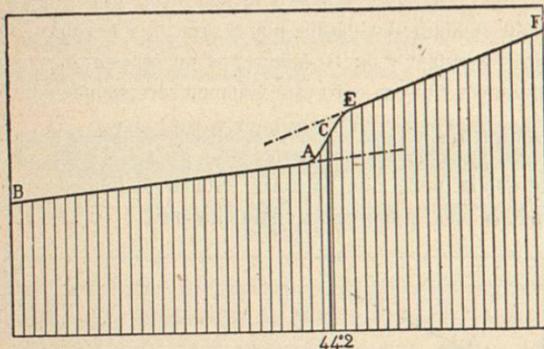


Fig. 559.—Curva de dilatación del fósforo

lado del punto de fusión, pudiendo comprenderse fácilmente por medio de un trazado cómo se conducen dichos cuerpos, que son: el agua, el fósforo y la aleación fusible cuyas proporciones hemos dado en la página 608. Contando las temperaturas en el eje XX' y figurando el volumen del cuerpo con una ordenada ó recta perpendicular al eje, las variaciones de volumen resultan representadas por una curva que se obtiene reuniendo con una línea continua los extremos de todas las ordenadas: mientras esta curva se aparta del eje hay dilatación; por el contrario, si dicha curva se acerca, hay contracción.

Las figuras 558, 559 y 560 presentan tres ejemplos de la ley de variación en la proximidad de los puntos de fusión en el agua, el fósforo y la aleación fusible susodicha; nos muestran que un poco antes de la inmediación al referido punto, la dilatación está representada por una línea oblicua al eje, y que sucede lo propio con la dilatación del cuerpo á cierta distancia del punto crítico.

Mas por lo que respecta al agua, la inclinación de la segunda línea EF es menor que la de la primera AB, viniendo á ser la confirmación del conocido hecho de que el coeficiente de dilatación del hielo es mayor que el del agua. Lo contrario sucede con el fósforo; y con respecto á la aleación fusible, las dos líneas son la prolongación

más ó menos brusca; por el contrario, los demás experimentan una dilatación. Pero en todos ellos la proximidad al punto de fusión ó de solidificación es asiento de una perturbación que probablemente depende de la nueva distribución de las moléculas que forzosamente ocasiona el cambio de estado. El físico alemán Ermann ha estudiado en tres cuerpos las variaciones de volumen á uno y otro

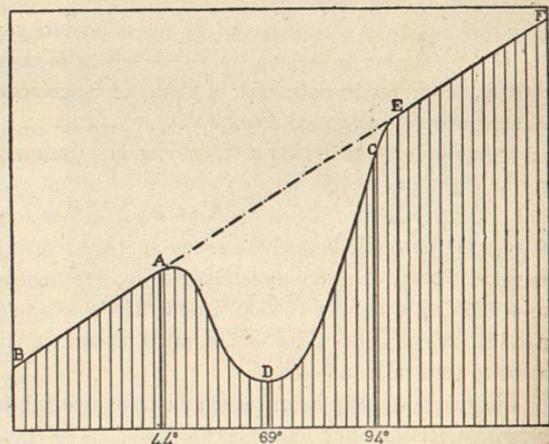


Fig. 560.—Curva de dilatación de la aleación fusible Ermann

una de otra, viéndose por tanto que la dilatación de la aleación líquida es la misma que la de la sólida.

En cuanto á lo que ocurre á la proximidad del punto de fusión, examinando las curvas podemos formarnos una idea muy clara de ello. El hielo tomado bajo 0° empieza por dilatarse cuando se le calienta; un poco antes de llegar al punto de fusión se contrae, y esta contracción continúa cuando el agua se ha hecho líquida hasta á +4°, que es el máximum de densidad; luego, á partir de este punto, empieza de nuevo la dilatación, creciendo rápidamente al principio y acabando por adquirir una marcha regular, pero menos rápida que la del hielo á aumentos de temperatura iguales.

Por lo que hace al fósforo, dos líneas rectas BA y EF figuran su dilatación en estado sólido y en el líquido. No ha sido posible determinar su marcha hacia el punto de fusión.

Finalmente, respecto de la aleación fusible, véase que una curva análoga á la del agua enlaza las dos líneas rectas entre las temperaturas de 43,7 y 100°; desde el primer número de grados hasta los 60,7 hay contracción rápida; el volumen se dilata desde este punto hasta los 94°, temperatura de la fusión, y en seguida hasta los 100°, recobrando entonces la dilatación el mismo valor que en el estado sólido.

Las causas de estas singulares variaciones son desconocidas, mas por lo general se las atribuye á los cambios de estructura molecular que preceden y acompañan al cambio de estado. Son tan notables las particularidades relativas á estas modificaciones de estructura en tres cuerpos simples, tres metaloides, el azufre, el selenio y el fósforo, que no podemos dispensarnos de describirlas con algunos detalles.

V

ESTADOS ALOTRÓPICOS DEL AZUFRE, DEL SELENIO Y DEL FÓSFORO

El punto de fusión del azufre es 115°, como se puede ver en el cuadro anterior. Si se calienta poco á poco azufre sólido en un matraz hasta dicha temperatura, se le verá volverse líquido, conservando su color amarillo, y su fluidez será entonces comparable con la de un aceite graso.

Echando en agua fría una porción de azufre líquido á dicha temperatura de fusión ó á otra algo mayor, se solidificará en fragmentos globulares, muy quebradizos, recobrando el aspecto común del azufre amarillo; pero si se continúa calentando el matraz hasta unos 150°, se verá cómo se espesa el líquido, cuyo color es ya más oscuro; la viscosidad ha aumentado con la temperatura, y el color pasará del rojo al rojo pardo. Esta consistencia pastosa llega á su máximum á los 230°, y entonces se puede volcar la vasija que contiene el azufre sin que se vierta una sola gota. Enfriado bruscamente en agua, subsiste blando y transparente.

El *azufre blando* (tal es el nombre que se le da en este caso), calentado á más de 230°, se va haciendo poco á poco menos viscoso, sin dejar de conservar su color pardo-rojizo; á los 330° ó 340° se torna mucho más líquido, como si hubiera sufrido otra fusión.

El selenio, cuyas propiedades eléctricas hemos tenido ocasión de explicar al describir el fotófono, se presenta, como el azufre, en cuatro distintos estados físicos: *selenio negro, rojo cristalizado, rojo amorfo ó vítreo*, insoluble en el sulfuro de carbono. Calentado el selenio vítreo á más de 100°, se vuelve pastoso y parecido al lacre derre-

tido; según Mitscherlich, es entonces idéntico al selenio negro, cuyo punto de fusión es 217°, y en su estado pastoso se le puede estirar formando hilos, de color de rubí por transparencia.

Ya hemos visto que el fósforo común tiene su punto de fusión á unos 44°. Calentado á 70° y enfriado bruscamente, se transforma en una masa opaca negra que, mediante una nueva fusión y otro enfriamiento lento, reproduce el fósforo común.



Fig. 561. — Fusión del azufre

El fósforo negro es más blando que el otro. Pero la forma más interesante de este metaloide es la conocida con el nombre de fósforo rojo ó amorfo. Schræter ha demostrado que se forma por la acción prolongada de una temperatura de 250° sobre el fósforo común. La substancia obtenida con este procedimiento forma masas compactas, que tienen el aspecto de la hematita, de fractura concoidea y brillante, ó bien un polvo de color de carmín.

A más de 250°, el fósforo rojo se derrite, y á los 360° se convierte de nuevo en fósforo común. Las propiedades de estos dos estados singulares de una misma substancia son tan distintas que se la tomaría por dos cuerpos simples diferentes: color, estructura molecular, densidad, calor específico, solubilidad, olor, inflamabilidad, alterabilidad al aire libre, acción en los órganos, todo difiere de uno á otro.

He aquí el cuadro de estas diferencias, según M. Cahours:

FÓSFORO COMÚN	FÓSFORO ROJO
Incoloro.	Rojo escarlata.
Cristalizable.	Amorfo.
Densidad variable entre 1,82 y 1,84.	Densidad sensiblemente igual á 2.
Calor específico = 0,1887.	Calor específico = 0,1668.
Muy soluble en el sulfuro de carbono, soluble en los aceites grasos y volátiles.	Insoluble en el sulfuro de carbono, en los aceites esenciales y en los grasos.
Inmediatamente alterable al aire libre y fosforescente.	Apenas alterable al aire libre y no fosforescente.
Inflamable á los 60°.	Inflamable á más de 230°.
Hierve á los 290°.	Calentado á los 260° en el vacío ó en un gas inerte, pasa de nuevo al estado de fósforo común.
Se combina con el azufre á la temperatura de fusión de este cuerpo, con explosión.	Se combina con el azufre á +230°.
Olor particular y característico.	Inodoro.
Muy deletéreo.	No deletéreo.

Se ha dado el nombre de *alotropía* al fenómeno de transformación que experimentan los cuerpos de que acabamos de hablar, admitiendo así que, por efecto del calor, sus moléculas, ó mejor dicho, sus átomos constitutivos se agrupan de un modo muy distinto á ciertos grados de temperatura.

CAPÍTULO VII

CAMBIO DE ESTADO DE LOS CUERPOS.—SOBREFUSIÓN.—DISOLUCIÓN.—SOBRESATURACIÓN

I

DIFERENTES INFLUENCIAS EN LAS TEMPERATURAS DE FUSIÓN DE LOS SÓLIDOS

Hemos visto que los sólidos susceptibles de pasar bruscamente al estado líquido por la acción del calor, tienen un punto de fusión fijo, y tan diferente de un cuerpo á otro, que puede servir para caracterizar cada clase de substancia. Esta temperatura fija de fusión es también generalmente la de la vuelta al estado sólido, *solidificación* ó *congelación*.

Pero esta ley no es absoluta, y el punto de fusión puede variar por efecto de circunstancias excepcionales. La presión exterior es una de estas causas de variación, pero es menester que su intensidad sea mucha para producir un cambio perceptible, aunque débil, en las temperaturas de fusión. Para los cuerpos que se dilatan al pasar del estado sólido al líquido, es decir, para aquellos cuyas moléculas se separan á causa del cambio de estado, todo aumento de presión es un obstáculo que contraría la acción del calor, y por lo tanto la temperatura de fusión de estos cuerpos debe de ser más elevada por efecto de esta influencia. Lo contrario debe suceder cuando se trata de cuerpos que, como el hielo, se contraen al licuarse. Los experimentos hechos por Bunsen y W. Thomson han confirmado estas consideraciones puramente teóricas.

El primero de dichos físicos se valía de un tubo doblemente acodado, cerrado por ambos extremos, lleno de mercurio desde *b* hasta *f*. El espacio *ef* estaba ocupado por la substancia que había de estudiar, por ejemplo de esperma ó grasa de ballena. El espacio *ab* contenía aire. Calentando en un baño la parte inferior de este aparato, la dilatación del mercurio comprimía el aire, y este aumento de presión interior reaccionaba sobre la grasa de ballena. En el momento de entrar ésta en fusión, se anotaba la presión del manómetro *ab* y la temperatura del baño. Bunsen vió de este modo que el punto de fusión de la grasa de ballena, que es 47°,7 á la presión de una atmósfera, llega á 49°,7 cuando la presión es de 96 atmósferas, y á 50°,9 si de 156: la elevación es casi proporcional al aumento de presión. Tres experimentos hechos por Bunsen con la parafina han dado por resultado 46°,3 á una atmósfera, 48°,9 á 85 y 49°,9 á 100; aquí ya no hay proporcionalidad.

La figura 563 representa el aparato ideado por Thomson para comprobar la influencia de la presión en la fusión del hielo. Un cilindro de vidrio, cerrado por arriba y por abajo con virolas de cobre A B, contiene fragmentos de hielo mantenidos en la mitad inferior por un disco de plomo, y agua destilada hasta el remate. La tapa superior da paso á un tapón ó pistón metálico *a* que se puede apretar á beneplácito con



Fig. 562. -- Influencia de la presión en el punto de fusión. Aparato Bunsen.