

fera, y se desea saber cuál será la presión necesaria para que se reduzca á 12 litros sin variar la temperatura.

La proporción, 12 : 30 :: 1 :  $x$  dará:  $x=2'5$  atmósferas. De modo, que para reducir el volumen á 12 litros debe sujetarse á una presión de 2 atmósferas y media.

Veinte litros de cierto gas pesan 26 gramos á la temperatura de 4 grados y bajo la presión de 76 centímetros de mercurio, y se quiere saber cuánto pesará dicho gas á igual temperatura y bajo la presión de 84 centímetros.

Para resolver este problema recordaremos que el peso de un volumen dado de gas es proporcional á las presiones que sufre; y por esto se formará la proporción 76 : 26 :: 84 :  $x$ , que nos dará  $x=28'737$  gramos. Es decir, que á la presión de 84 centímetros de mercurio pesará 28 gramos 737 miligramos.

Hay una porción de vapor cuyo volumen es de 0'65 m. c. cuando la columna de mercurio tiene 76 centímetros, y se pregunta, cuál será su volumen bajo la presión de 1'90 metros.

De la proporción, 190 : 76 :: 0'65 :  $x$  resulta  $x=0'26$  m. c.

Esto es, á la presión de un metro noventa centímetros, el volumen quedará reducido á 26 centésimos de metro cúbico.

Para determinar el volumen del vapor producido por un litro de agua, cuando se conoce la temperatura y su

349

fuerza elástica se usa de la fórmula  $V=\frac{349}{c}(270+t)$  en

la cual  $c$  representa la altura de la columna de mercurio que el vapor equilibra, medida en centímetros, y  $t$  la temperatura en grados del termómetro centígrado.

Ejemplo : Cuál será el volumen de vapor producido por un kilogramo de agua bajo la temperatura de 135 grados centígrados y á la presión de 228 centímetros en la columna de mercurio.

Sustituyendo en la fórmula será :

$$V=\frac{349}{228}(270+135)=620 \text{ litros próximamente.}$$

De manera, que un litro de agua producirá 620 litros de vapor á la temperatura de 135° centígrados bajo la presión de 228 centímetros de mercurio.

MANÓMETRO. La construcción y uso del manómetro se funda en la ley de Mariotte, y sirve para dar á conocer la fuerza expansiva del vapor en el interior de las calderas.

Este instrumento (fig. 38) consiste en un tubo de vidrio perfectamente cilíndrico y bien seco, de 8 á 10 milímetros de diámetro y de 35 á 40 centímetros de largo, cerrado en la parte superior. El otro extremo está abierto y sumergido en un recipiente  $a$  que contiene mercurio, el cual se halla en comunicación con la caldera por medio del tubo  $c$ . El cajón ó recipiente  $a$  está herméticamente cerrado, y los tubos se hallan ajustados por medio de un betun ó mezcla calcárea para evitar que escape el vapor.

En esta disposición, abriendo la llave  $b$  se introduce el vapor en el recipiente por el tubo  $c$ , y llenando completamente la cajita comprime el mercurio del interior y le obliga á subir por el tubo  $ae$ . Si el vapor de la caldera adquiere la tensión de una atmósfera, se equilibrará con la fuerza elástica del aire contenido en el interior del tubo, y el punto en que llegue el mercurio se señalará con cero. Cuando el vapor adquiera una tensión mayor, el volumen del aire encerrado en el tubo disminuirá según la ley de

Mariotte; y con arreglo á esta se podrán señalar las divisiones para indicar las atmósferas y fracciones de atmósfera á que equivalga la presión del vapor en la caldera.

Para graduar el manómetro puede emplearse el siguiente medio geométrico. Sea *es* la longitud del tubo: trácese las *eg*, *sh* perpendiculares al mismo haciendo que la *eg* equivalga á su mitad y que la *sh* comprenda cuatro ó mas veces la misma *eg*. Hecho esto se trazarán las líneas *gp*, *gm*, *gn* y *gh* á los puntos correspondientes, y las divisiones 1, 2, 3 y 4 señalarán la presión de 1, 2, 3 y 4 atmósferas sobre la del aire. Si se quieren señalar mitades, tercios ó partes cualesquiera de atmósfera, se dividirán las *sp*, *pm*, *mn*, etc., en dos, tres, etc., partes iguales, y dirigiendo á los puntos de division líneas que partan de *g*, su interseccion con el tubo indicará la fraccion correspondiente de atmósfera. Este manómetro de aire comprimido se llama de *alta presión*, porque puede señalarla hasta muchas atmósferas.

Cuando la fuerza elástica del vapor en la caldera es menor de tres atmósferas, se puede usar el *manómetro de aire libre*, es decir, aquel en que el tubo se halla abierto por la parte superior. Este manómetro se fija directamente en la caldera ó en un tubo que comunica con ella, y por la columna de mercurio con que se equilibra la tensión del vapor, se deduce su fuerza elástica á razon de una atmósfera por cada 76 centímetros de altura.

Tambien se usa el manómetro metálico de Bourdon, que consiste en un tubo de laton hueco, de seccion elíptica, arrollado en forma de espiral: uno de sus extremos comunica con la caldera, y el otro hace mover una aguja ó señalador que recorre un cuadrante graduado. Si la tensión del vapor aumenta ó disminuye, el tubo se hincha ó aplaca, y variando su curvatura hace girar la

aguja para indicar todos los grados de presión interior.

*La temperatura* de un cuerpo consiste en el grado calorífico, que sin cambiar de estado le hace variar de volumen. La temperatura es mas alta cuando el calor aumenta, y es mas baja cuando disminuye.

TERMÓMETRO. El termómetro sirve para apreciar el grado de temperatura de los cuerpos, y para comparar las variaciones y cantidades de calor correspondientes.

La construccion y uso de los termómetros comunes está fundada en que todos los cuerpos se dilatan por el calor y se contraen con el frio.

Para la construccion de los termómetros se usa del mercurio ó del alcohol. Se da la preferencia al mercurio, porque se dilata mas uniformemente que los otros líquidos, es fácil obtenerlo puro, no se adhiere á las paredes del tubo, no se congela sino con un frio muy intenso y no hierve sino á una temperatura muy alta. El alcohol se usa porque resiste los mayores frios sin congelarse.

Todos los cuerpos pueden servir de termómetros, pero son preferidos los líquidos, porque los sólidos solo servirían para apreciar temperaturas muy elevadas y los gases para señalar ligeras variaciones.

El termómetro (fig. 39) consiste generalmente en un tubo capilar de cristal, cerrado por el extremo superior y terminado en la parte inferior con una esfera ó cilindro de diámetro mucho mayor. Tiene mercurio hasta cierta altura, y en su interior no puede haber la mas pequeña cantidad de aire.

En tal disposicion se gradúa partiendo de dos puntos fijos, esto es, de dos fenómenos que puedan reproducirse á voluntad y que exijan siempre una misma cantidad de calorífico. Estos dos puntos son el *hielo fundente* y el *agua hirviendo*.

Preparado el instrumento en las condiciones indicadas se introduce en el hielo que está fundiéndose, y el mercurio se contrae hasta cierto punto en el cual se señala cero. Hecho esto, se enjuga bien el tubo y se introduce, mediante algunas precauciones, en el agua hirviendo, y con tal calor el mercurio se dilata hasta cierta altura que se señala con el número 80. Se divide luego la distancia entre los dos puntos en 80 partes iguales llamadas grados, y poniéndolas en una escala al lado del tubo, se tendrá el *termómetro de Réaumur*. Estas partes se continúan debajo del cero. Si el punto correspondiente á la temperatura del agua hirviendo se señala con el número 100 y se divide la misma distancia en 100 partes iguales resultará el *termómetro centígrado*.

En Inglaterra se hace mucho uso del *termómetro de Fahrenheit*, y es el mismo que hemos descrito, con la sola diferencia de que el punto del hielo fundente está señalado con el número 32, el de la ebulicion con 212° y la distancia entre los dos se divide en 180 grados.

De lo dicho resulta, que 80 grados de Réaumur equivalen á 100 del termómetro centígrado y á 180 de Fahrenheit, luego, se puede establecer la relacion para reducir estas graduaciones, que será  $4^{\circ} R = 5^{\circ} C = 9^{\circ} F$ . De modo, que 4 grados de Réaumur son lo mismo que 5 del termómetro centígrado, é iguales á 9 de Fahrenheit.

Los termómetros de alcohol son absolutamente lo mismo que los de mercurio, se gradúan comparándolos con uno de estos, y su límite superior es por lo regular de 76 grados.

Ejemplos: Hallar la temperatura correspondiente al termómetro centígrado sabiendo que el de Réaumur señala 18 grados 4 décimos.

Se formará la proporcion  $4^{\circ} R : 5^{\circ} C :: 18^{\circ} 4 R : x = 23^{\circ} C$ .

Es decir, que  $18^{\circ} 4$  de Réaumur equivalen á  $23^{\circ}$  centígrados.

Suponiendo que en Lóndres se hallaba la temperatura á  $76^{\circ}$  de Fahrenheit, determinar esta misma temperatura relativamente á los termómetros centígrado y de Réaumur.

Primero debe restarse  $32^{\circ}$  de la temperatura dada de Fahrenheit, para que se iguale el punto de partida ó del hielo fundente con los demás termómetros, y formando luego la proporcion correspondiente se hallará lo que se pide.

Así,  $76^{\circ} - 32^{\circ} = 44^{\circ} F$  y  $9^{\circ} F : 5^{\circ} C :: 44^{\circ} F : x = 24^{\circ} \frac{4}{5} C$ ; del mismo modo:  $9^{\circ} F : 4^{\circ} R :: 44^{\circ} F : z = 19^{\circ} \frac{5}{9} R$ .

Por manera, que la temperatura de  $76^{\circ}$  de Fahrenheit corresponde á 24 grados  $\frac{4}{5}$  del termómetro centígrado, y á 19 grados  $\frac{5}{9}$  de Réaumur.

Tambien usan los fisicos un termómetro de gas para apreciar la dilatacion del aire y demás gases bajo una presion constante; y Mr. Gay-Lussac ha probado por sus continuados experimentos, que el aire y todos los gases secos se dilatan en una misma fraccion de su volúmen por una misma elevacion de temperatura, y que la dilatacion es uniforme desde cero á cien grados; de modo que cada gas por un grado de aumento en la temperatura aumenta 375 cien milésimos de su volúmen á cero grados. Así, representando por uno el volúmen de un gas ó vapor á la temperatura cero, cuando se haya elevado á la temperatura  $t$ , el volúmen estará expresado por  $v = 1 + 0'00375 t$ .

Ejemplo. El volúmen de un gas á la temperatura cero es de 0'75 metros cúbicos, y se quiere saber cuál será este volúmen á la temperatura de  $6^{\circ}$  centígrados.

Por la fórmula se tiene  $v=1+0'00375 \times 6=1'0225$ .

Es decir, que el volúmen á la temperatura indicada será 1'0225 veces el primitivo : esto es,  $0'75 \times 1'0225$ , que da 0'767 de metro cúbico próximamente.

## HIDRODINÁMICA.

La hidrodinámica trata del movimiento de los flúidos ; y al ocuparse de elevar y conducir las aguas y de emplearlas en mover las máquinas se llama *hidráulica*.

Tanto en la hidrostática como en la hidrodinámica se supone que los líquidos son verdaderamente incompresibles, perfectamente flúidos y que se hallan exentos de viscosidad ; pero como estas propiedades se verifican imperfectamente en los líquidos, se sigue, que las leyes demostradas en este sentido serán mas ó menos aproximadas á los resultados de la experiencia.

Si tenemos un vaso lleno de líquido y se practica una abertura ú orificio en el fondo ó en una de sus paredes, el líquido se derrama en virtud de dos fuerzas ; la pesantez que le solicita verticalmente, y la presión del líquido que obra perpendicularmente á la pared y proporcionalmente á la altura del nivel sobre el orificio. El chorro que resulta se llama *vena flúida* ó *vena líquida*.

Si el orificio se halla en el fondo, la pesantez y la presión del líquido obrarán en igual sentido y la vena será vertical y rectilínea ; pero si el orificio ó abertura se ha practicado en una pared vertical ó inclinada, las dos fuerzas que solicitan el líquido son la una vertical y la otra horizontal ú oblicua, y por esto, obedeciendo á la resultante de aquellas dos fuerzas produce una vena que toma la forma curvilínea, que á no ser por la resistencia del aire sería una verdadera *parábola*.