

### CAPÍTULO IV

#### NEUMÁTICA

SUMARIO. — Presión del aire. — Barómetros. — Ley de Mariotte. — Manómetros. — Máquina neumática. — Bombas. — Sifón. — Frasco de Mariotte. — Principio de Arquímedes aplicado á los gases. — Globos. — Globos sonda

48. Se da el nombre de *neumática* á la parte de la Física que se ocupa del estudio de las propiedades de los gases ó flúidos elásticos.



Fig. 98. Los gases son expansibles.

Lo que caracteriza á los gases es su fuerza expansiva, ó sea la constante repulsión en que se hallan sus moléculas, lo que hace que toda masa ga

seosa tienda siempre á ocupar el mayor volumen posible.

*Experimento núm. 31.* — Hacemos uso de un aparato que consiste en un cilindro de vidrio muy grueso cerrado herméticamente en una extremidad por medio de un casquillo de metal y un botón de madera. Dentro de este cilindro penetra un émbolo que roza fuertemente contra las paredes de aquél. Estando el cilindro lleno de aire ó de cualquier otro gas, si se introduce el émbolo y se oprime con fuerza, el gas se deja reducir considerablemente de volumen, y si después se suelta el mango, el émbolo es empujado hacia arriba hasta que el gas recobra casi su volumen primitivo.



Fig. 99. Los gases son compresibles.

Con este experimento hemos demostrado también la elasticidad de los gases, es decir, la propiedad que tienen de recobrar su volumen cuando cesa de obrar la presión que se ejercía sobre ellos.

*Experimento núm. 32.* — Parece, á primera vista, que dada la gran fluidez de los gases, y sobre todo, su extremada expansibilidad, debían escapar á las leyes de la pesantez, es decir, debían no pesar; pero estos flúidos pesan, no obstante su gran sutileza. Del gancho de uno de los platillos de la balanza hidrostática se suspende un cilindro de cartón abierto por la parte superior y se hace la tara en el otro platillo. Si en seguida se vierte en el cilindro gas



ácido carbónico, se ve que inmediatamente la lanza se inclina de este lado, debido á que el bórico pesa más que el aire.

Para demostrar que el aire pesa se suspende en el fiel de una balanza muy sensible un globo de vidrio

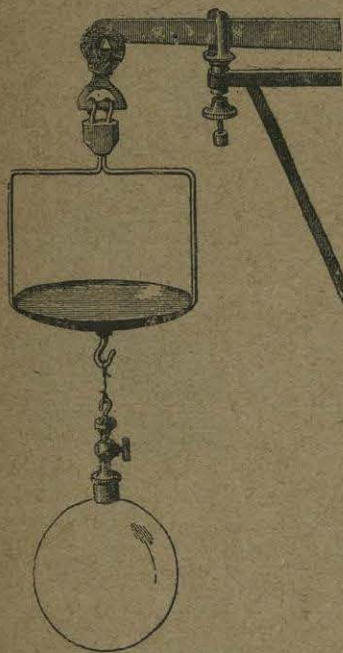


Fig. 100. Los gases tienen peso.

que es el más denso de todos los gases, pesa 5 gr.

49. *Trasvasación de los gases.*—Los gases, lo mismo que los líquidos, pueden ser pasados de un vaso á otro. El experimento sale muy bien con el ácido carbónico, que es más denso que el aire. Se llena una probeta con gas ácido carbónico, se cubre con otra probeta igual llena de aire, y se invierten de manera que la probeta con carbónico quede arriba

poco rato el gas carbónico se ha pasado á la parte inferior y el aire á la parte superior.

Se convence uno acercando un cerillo á la boca de cada una de las probetas. En la inferior se apaga el cerillo y en la otra sigue ardiendo.

de tres á cuatro litros. 50. *Composición del aire.*—La atmósfera, ó sea la capa de aire que rodea á la tierra y cuyo espesor se ha calculado en 80 kilómetros, está formada de 20.8 partes de oxígeno, 79.2 de nitrógeno, 10 milésimos de vapor de agua, 4 diezmilésimos de ácido carbónico y 1 centésimo de un nuevo gas descubierto en 1895 por los Sres. Rayleigh y Ramsay, quienes le dieron el nombre de *argón*.

El aire en pequeña masa es incoloro; pero visto á través de todo su espesor, tiene un color azul característico.

51. *No hay gases permanentes que habrían resistido grandes presiones y enfriamiento considerable, eran los siguientes:* oxígeno (O), hidrógeno (H), nitrógeno (N), bióxido de nitrógeno (NO), óxido de carbono (CO) y gas de los pantanos (CH<sup>4</sup>).

había sido posible reducir al estado líquido. Los gases permanentes que habrían resistido grandes presiones y enfriamiento considerable, eran los siguientes: oxígeno (O), hidrógeno (H), nitrógeno (N), bióxido de nitrógeno (NO), óxido de carbono (CO) y gas de los pantanos (CH<sup>4</sup>).

La división de los gases en permanentes y no permanentes, no existe ya. Dos sabios distinguidos, los Sres. Cailletet y Pictet, lograron, á fines del año 1877,



Fig. 101. Los gases pueden pasarse de un vaso á otro.



licuar los gases que habían estado considerados como permanentes.

El Sr. Cailletet hizo sus notables experimentos en el laboratorio de la Escuela Normal de París, delante de Saint-Claire-Deville, Berthelot, Mascagn y otros hombres de ciencia, siguiendo este procedimiento:

El gas que se desea convertir en líquido, previamente purificado y bien seco, se introduce en un tubo estrecho de cristal, cerrado en su parte superior y que por su parte inferior se encuentra sumergido en una cubeta de acero llena de mercurio.

Este tubo se introduce en un recipiente de cristal que contiene ácido sulfuroso líquido, el cual desempeña la función de refrigerante. Las enormes presiones que debe someterse el gas (300 atmósferas para el oxígeno, 200 para el nitrógeno, 280 para el hidrógeno) se obtienen por medio de una prensa hidráulica de gran potencia y se transmite directamente al mercurio que, elevándose poco á poco en el tubo, va comprimiendo el gas. Llegado á las presiones indicadas, si se quita súbitamente al gas su presión el enfriamiento producido por expansión (enfriamiento que puede muy bien ser de 200 grados) ocasiona en seguida la licuación del gas, que aparece en el tubo bajo la forma de niebla ó de gotas muy finas. Esas gotitas, como lo ha demostrado el señor Raul Pictet, para el oxígeno, pueden, como el ácido carbónico líquido, solidificarse súbitamente y se las hace salir en seguida del tubo.

Se ve por esto que el 31 de Diciembre de 1877 es una fecha memorable en la historia de la ciencia. Después de estos experimentos, se supieron ya las condiciones necesarias para realizar el cambio de estado de un gas, siendo la principal llegar más abajo de la temperatura crítica ó del punto crítico. Recordaremos que se entiende por punto crítico la temperatura más arriba de la cual no puede licuarse un gas, por grande que sea la presión. El punto crítico del aire es de  $-140^{\circ}$ , á una presión de 40 atmósferas; pero para obtener aire líquido se necesita una temperatura de  $-191^{\circ}$ .

52. Presión atmosférica.—La atmósfera ejerce presión en todos los sentidos, y hay varios experimentos para demostrar este hecho.

Experimento núm. 33.—Se hace uso de dos hemisferios huecos de latón de 10 á 12 centímetros de diámetro y que ajustan muy bien uno con otro. Uno de los hemisferios lleva una tuerca con llave que puede tornillarse en la platina de la máquina neumática y el otro tiene una argolla que sirve para colgarle; mientras existe aire dentro de los hemisferios pueden separarse con toda facilidad, pero si se hace el vacío y después se cierra la llave, se necesita una fuerza verdaderamente considerable para separarlos. Otto de Guéricke, que fué el primero en hacer este experimento, construyó unos hemisferios de 65 centímetros de diámetro, hizo en ellos el vacío, y poniendo cuatro grandes caballos que tiraban de cada uno de los hemisferios, no consiguió que éstos se separasen.

Recordaremos que se entiende por punto crítico la temperatura más arriba de la cual no puede licuarse un gas, por grande que sea la presión. El punto crítico del aire es de  $-140^{\circ}$ , á una presión de 40 atmósferas; pero para obtener aire líquido se necesita una temperatura de  $-191^{\circ}$ .

52. Presión atmosférica.—La atmósfera ejerce presión en todos los sentidos, y hay varios experimentos para demostrar este hecho.

Experimento núm. 33.—Se hace uso de dos hemisferios huecos de latón de 10 á 12 centímetros de diámetro y que ajustan muy bien uno con otro. Uno de los hemisferios lleva una tuerca con llave que puede tornillarse en la platina de la máquina neumática y el otro tiene una argolla que sirve para colgarle; mientras existe aire dentro de los hemisferios pueden separarse con toda facilidad, pero si se hace el vacío y después se cierra la llave, se necesita una fuerza verdaderamente considerable para separarlos. Otto de Guéricke, que fué el primero en hacer este experimento, construyó unos hemisferios de 65 centímetros de diámetro, hizo en ellos el vacío, y poniendo cuatro grandes caballos que tiraban de cada uno de los hemisferios, no consiguió que éstos se separasen.



Fig. 102. Los hemisferios de Magdeburgo.



Este experimento se conoce con el nombre de *el agua no se cae*. El papel sólo tiene por *hemisferios de Magdeburgo*, por haber sido en esto oponerse á la separación de las partículas líquidas holandesas donde por primera vez se verificó.



Fig. 103. El rompe-vejigas.

se observa que la membrana se deprime y después se revienta, escuchándose una detonación por la repentina entrada del aire.

*Experimento núm. 35.* — Hay un experimento muy sencillo para comprobar la presión del aire.

Se toma un vaso de cristal, se llena enteramente de agua y se cubre con una hoja de papel. En seguida, tomando el vaso con la mano derecha, se apoya la palma de la izquierda en el papel, se invierte el vaso y, quitando la mano



Fig. 104. La presión del aire.

*Pipeta.* — Se emplea en los laboratorios un pequeño instrumento llamado pipeta, que consiste en un cilindro de vidrio terminado en sus dos extremidades

*Experimento núm. 34.* — Para hacer el experimento del *rompe-vejigas*, se hace uso de unos tubos más angostos, uno de los cuales terminado que consiste en un cilindro en punta. Se introduce esta punta en el agua, de cristal abierto en las dos extremidades. En una de ellas la pipeta se ha llenado de líquido se tapa la extremidad más ancha con el dedo y, sacando el tubo atándola fuertemente, y la otra en el agua, se observa que el líquido no cae.

*3. Historia del Barómetro.* — A mediados del siglo XVII, los fontaneros del Gran Duque de Florencia, para llevar el agua al palacio de unirse á la máquina neumática, cuidaron de untar sebo alrededor de la

Al comenzar á hacer el experimento se observa que la membrana se deprime y después se revienta, escuchándose una detonación por la repentina entrada del aire.

Al comenzar á hacer el experimento se observa que la membrana se deprime y después se revienta, escuchándose una detonación por la repentina entrada del aire.

Al comenzar á hacer el experimento se observa que la membrana se deprime y después se revienta, escuchándose una detonación por la repentina entrada del aire.

Al comenzar á hacer el experimento se observa que la membrana se deprime y después se revienta, escuchándose una detonación por la repentina entrada del aire.

Al comenzar á hacer el experimento se observa que la membrana se deprime y después se revienta, escuchándose una detonación por la repentina entrada del aire.



prever que la presión del aire podría solamente en equilibrio una columna de mercurio del del mar. El espacio comprendido entre el nivel altura 14 veces menor, es decir, de 0<sup>m</sup>75 a

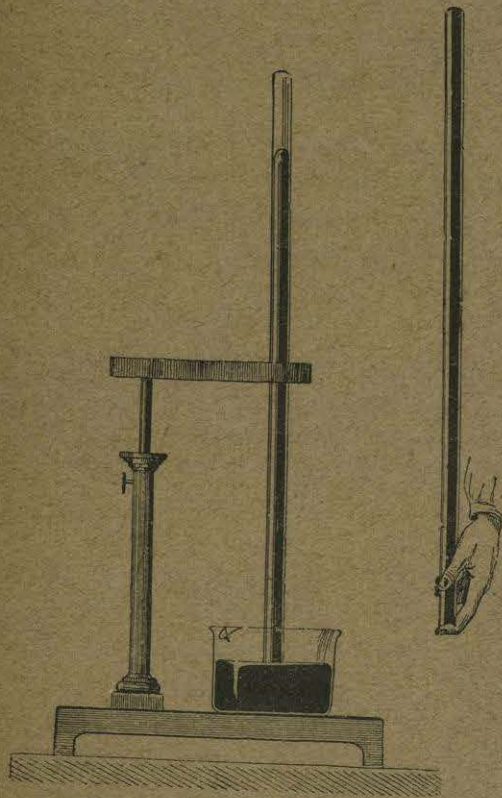


Fig. 105. Experimento de Torricelli.

columna que mide 0<sup>m</sup>760 contados del nivel del mercurio en la cuba al nivel del mercurio en el. Esto es en el caso de que el experimento se ha nivel del mar. Repetido en la ciudad de México altura de la columna es de 0,586, debido a

madamente mismo, se llama *cámara barométrica* ó *vacio de Torricelli*. Este aparato, que desde luego se consideró siguiente el para la medida de la presión del mento que, se conoce con el nombre de *barómetro*. Cuando la presión del aire

*Experimenta*, la altura barométrica *aumenta* y se dice que el barómetro toma un *tubo*; cuando la presión del aire disminuye, la altura de la columna barométrica también disminuye, y en longitudes se dice que el barómetro *baja*. centímetros vista de esto el nivel del mercurio diámetro, la cuba no es constante y habría na de me estar desalojando el cero de la puro, se *ataca*, lo que no deja de ser un in-el dedo, *inconveniente* grave.

vierte sobre 54. *Barómetro de Regnault*.—Para cuba que observaciones de precisión se em-tenga me sea un barómetro ideado por Re-y si de Regnault y que se conoce con el nombre quita el de *barómetro normal*. En la parte in-observa *superior* de una gruesa plancha de ma-mercurio *superior*, se fija una cuba prismática de quedando *superior* llena de mercurio; en este lí-tro del tubo *superior* penetra un tubo de cristal de



Fig. 106. Barómetro patrón.

metro de altura y de 3 centímetros de diámetro. El objeto de que el tubo sea tan grueso, es suprimir la acción capilar. A una de las *partes* laterales de la cuba se fija una pieza metálica *superior* que sostiene una tuerca, por la cual pasa un tornillo



de dos puntas, cuya longitud se conoce de antemano. Antes de hacer la lectura, se cuida de que la punta inferior del tornillo toque ligeramente

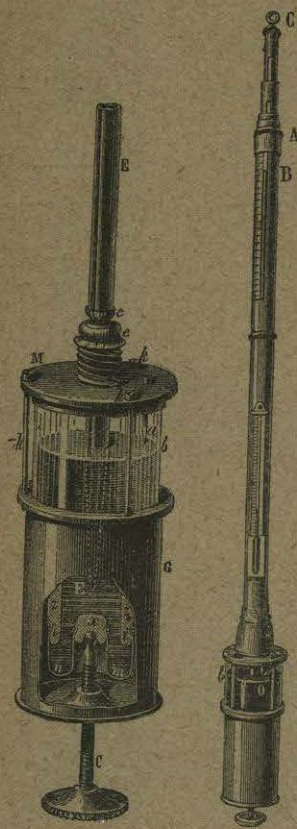


Fig. 107. Barómetro de Fortin

del mercurio de la cuba, logrando así que el menisco esté siempre en el mismo lugar.

Para hacer la lectura del barómetro, se comienza por instalarlo verticalmente. Después se mueve el tornillo hasta que la superficie libre del mercurio

está en contacto con la punta de marfil. Como la superficie metálica hace veces de espejo plano, el contacto se efectuará en el instante en que se toquen la punta y su imagen. El tubo barométrico está protegido por un estuche de metal que lleva dos ranuras longitudinales opuestas que permiten ver el mercurio. La graduación en milímetros está grabada en el estuche, y un vernier permite apreciar décimos ó vigésimos de milímetro. El tornillo del vernier se mueve hasta que la parte inferior de éste sea tangente al menisco del mercurio. El barómetro se debe instalar en un departamento bien iluminado y ventilado. Se le suspende á una plancha de madera fija en el muro y que lleva en la parte superior un gancho y en la inferior un anillo horizontal con tres tornillos equidistantes. La plancha de madera debe colocarse en una posición tal, que estando el barómetro suspendido libremente del gancho la cubeta pase por la mitad del anillo, entre los tres tornillos, los cuales se oprimen ligeramente contra la cubeta para que el barómetro quede en posición vertical. Cuando las observaciones no se hacen en una estación permanente, sino en el campo, entonces se emplea un tripié con suspensión á la Cardán (\*). El tubo está colocado en el centro de dos círculos concéntricos; el mayor de estos círculos está sostenido por tres pies que se apoyan sobre el suelo, el segundo está sostenido en el interior del primero por

55. Barómetro de Fortin. — Este barómetro emplea mucho en los observatorios. Consiste en una cuba de cristal protegida por un estuche metálico. El fondo de la cuba es de gamuza, la que se levanta de subir ó bajar por medio de un tornillo metálico. En la tapa de la cuba hay una punta de marfil, la cual debe estar siempre en contacto con la superficie superior

de dos puntas, cuya longitud se conoce de antemano. Antes de hacer la lectura, se cuida de que la punta inferior del tornillo toque ligeramente

el nivel del mercurio en la punta y su imagen. El tubo barométrico está protegido por un estuche de metal que lleva dos ranuras longitudinales opuestas que permiten ver el mercurio. La graduación en milímetros está grabada en el estuche, y un vernier permite apreciar décimos ó vigésimos de milímetro.

El tornillo del vernier se mueve hasta que la parte inferior de éste sea tangente al menisco del mercurio.

El barómetro se debe instalar en un departamento bien iluminado y ventilado. Se le suspende á una plancha de madera fija en el muro y que lleva en la parte superior un gancho y en la inferior un anillo horizontal con tres tornillos equidistantes. La plancha de madera debe colocarse en una posición tal, que estando el barómetro suspendido libremente del gancho la cubeta pase por la mitad del anillo, entre los tres tornillos, los cuales se oprimen ligeramente contra la cubeta para que el barómetro quede en posición vertical.

Cuando las observaciones no se hacen en una estación permanente, sino en el campo, entonces se emplea un tripié con suspensión á la Cardán (\*). El tubo está colocado en el centro de dos círculos concéntricos; el mayor de estos círculos está sostenido por tres pies que se apoyan sobre el suelo, el segundo está sostenido en el interior del primero por

(\*) Jerónimo Cardán, sabio distinguido, nació en París en 1501, murió en 1576.



dos varillas diametralmente opuestas, alrededor de las cuales puede girar; por último, el tubo está sostenido por dos tornillos, también diametralmente opuestos, que parten del segundo anillo y que son perpendiculares a las varillas del primer anillo. El tubo es susceptible de desalojarse en direcciones rectangulares entre sí, puede tomar todas las direcciones posibles, así es que se colocará de manera que su centro de gravedad caiga en la vertical que pasa por el punto de suspensión. Como el aparato es perfectamente simétrico alrededor de este eje, su centro de gravedad está sobre este eje, y, por lo tanto, el tubo quedará vertical.



Fig. 108. Barómetro de Gay-Lussac

56. *Barómetro de Gay-Lussac.* La forma de este barómetro había ya ideada por el célebre geómetra Blas Pascal, pero Gay-Lussac la perfeccionó, mejorándola.

Este barómetro se compone de dos tubos de cristal perfectamente iguales, del mismo diámetro y unidos por un tubo capilar encorvado. La rama pequeña está cerrada en su estremidad superior lo mismo que la rama grande, de modo que puede entrar el polvo del aire, y ensuciaría el mercurio. Un agujero cónico, practicado lateralmente en la rama pequeña con una aguja enrojecida, basta para penetrar el aire y para que se transmita la presión

atmosférica. La altura barométrica se mide con auxilio de dos escalas que tienen su cero común en la mitad de la rama grande y graduadas en sentidos contrarios, sobre dos reglas de cobre paralelas al tubo barométrico. Se mide con aproximación de décimos de milímetro las distancias del *cero* al nivel del mercurio en la rama pequeña y al nivel del mercurio en la rama grande, y la suma de ambas da la altura barométrica.

El barómetro de Gay-Lussac puede servir, sea de barómetro fijo, sea para viajes. En el primer caso se le coloca en una tabla; en el segundo se empieza por invertirlo; la rama grande se llena entonces de mercurio, el tubo capilar no se vacía, y el exceso del líquido cae al fondo de la rama menor. De esta manera se puede trasladar el sifón sin peligro de que se introduzca el aire, y como va protegido por un estuche de metal, se evita todo peligro de ruptura.

57. *El barómetro y la previsión del tiempo.* — El barómetro puede servir para prever el tiempo por las variaciones de altura de la columna mercurial.

En los *climas medios* se ha observado que el mercurio permanece generalmente más arriba de 758<sup>mm</sup> cuando hace buen tiempo; mientras que en los días de lluvia, nieve, viento y tempestad permanece abajo de esa graduación, y si se conserva en 758 entonces el tiempo es variable. En México, según ya indicamos, la presión media es de 586<sup>mm</sup>, y cuando el barómetro indica mayor presión puede presagiarse buen tiempo, y será malo si el mercurio está más abajo de 586.

Los barómetros traen generalmente las siguientes



tes indicaciones que no siempre resultan exactas

785 milímetros....	Muy seco.
776 — ....	Buen tiempo fijo.
767 — ....	Buen tiempo.
758 — ....	Variable.
749 — ....	Lluvia ó viento.
740 — ....	Gran lluvia.
731 — ....	Tempestad.

Se comprende que estas indicaciones no sirven para México, donde el barómetro jamás llega á milímetros.

58. *Barómetro de cuadrante.* — El físico Horrocks imaginó en 1665 un barómetro que consiste en un tubo encorvado en forma de S y conteniendo mercurio. La superficie libre del líquido se apoya un flotador cuyo hilo pasa por la garganta de una palanca y lleva en la otra extremidad un contrapeso. En el eje de la palanca hay una aguja que se mueve sobre un cuadrante donde están marcadas las indicaciones de *variable, lluvia, buen tiempo, etc.*



Fig. 109. Barómetro de cuadrante.

sube el mercurio en la rama pequeña, sube el flotador y entonces la aguja se mueve en sentido contrario

59. *Barómetros metálicos ó aneroides.* —

enunció el principio en que se fundan estos aparatos y que consiste en que cuando sobre una caja metálica, de paredes delgadas y elásticas y en la cual está hecho el vacío, se ejerce una presión, la caja se aplasta, y si esta presión disminuye la caja se ensancha.

Hay dos modelos de barómetros aneroides, el de Vidi y el de Bourdon.

El de Vidi se compone de una caja metálica cilíndrica, cuya base inferior es plana, y la superior está acanalada circularmente. En la caja está hecho el vacío. Al aumentar la presión la caja se flexiona, y entonces hace mover á un tope metálico grueso y pequeño, fijó en el centro de la base acanalada, y el movimiento

se transmite á una aguja que gira alrededor de un círculo graduado.

El barómetro de Bourdon está formado por un tubo metálico aplanado, de sección elíptica, herméticamente cerrado y dentro del cual está hecho el vacío. Las extremidades de este tubo tienen dos vástagos articulados á una palanca móvil, la cual, por medio de un sector dentado y de un piñón comunica los movimientos del tubo á una aguja que se mueve sobre un cuadrante. Cuando la presión atmosférica aumenta el tubo se aplasta, sus extremidades se acer-



Fig. 110. Barómetro de Bourdon.



can y la aguja se mueve en un sentido; cuando la presión disminuye el tubo se ensancha, sus extremidades se alejan y la aguja se mueve en sentido contrario. Un barómetro de esta clase, una vez comparado con un barómetro patrón, puede dar muy buenas indicaciones y es muy fácil de transportar.

60. *Correcciones barométricas.*—Las principales correcciones barométricas son dos: la de temperatura y la de capilaridad. Al aumentar la temperatura la columna de mercurio se dilata, y hay que restar á la altura real barométrica el valor de dicha dilatación. En caso de que la temperatura sea menor el mercurio se contrae, y entonces hay que añadir á la altura leída el valor de la contracción. La fórmula empleada para determinar la corrección de temperatura es la siguiente:

$$h = \frac{H \times 5550}{t + 5550}$$

$h$  representa la altura corregida;  $H$  la altura que muestra la lectura directa y  $t$  la temperatura indicada por el termómetro que acompaña siempre á los barómetros (\*).

Respecto á la acción capilar vimos ya que cuando un líquido no moja al tubo en el cual está encerrado hay depresión, y esto pasa en el tubo barométrico, puesto que el mercurio no moja al vidrio.

Se ha observado que la altura de la flecha del menisco no es la misma después del movimiento ascendente que después del descendente; sin embargo, la diferencia no es muy considerable, y en

(\*) Véase «Los Fenómenos del aire», Tratado de Meteorología por Luis G. León.

cada barómetro se determina, de una vez para todas, la corrección capilar con objeto de aplicarla en cada lectura.

El Sr. Deleros ha calculado la siguiente tabla:

Diámetro interior en milímetros	ALTURA DE LA FLECHA DEL MENISCO								
	0 <sup>mm</sup> 2	0 <sup>mm</sup> 3	0 <sup>mm</sup> 4	0 <sup>mm</sup> 5	0 <sup>mm</sup> 6	0 <sup>mm</sup> 7	0 <sup>mm</sup> 8	0 <sup>mm</sup> 9	0 <sup>mm</sup> 10
4	0,00	0,89	1,16	1,41	1,65	1,86	2,05	2,21	2,35
6	0,24	0,36	0,48	0,59	0,70	0,80	0,99	0,99	1,07
8	0,12	0,18	0,24	0,30	0,35	0,40	0,46	0,50	0,55
10	0,07	0,10	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31
12	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13	0,14	0,16	0,18
14	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11

La primera columna vertical de la izquierda comprende los diámetros interiores de los tubos; la primera línea horizontal, las alturas de las flechas; y las otras columnas las depresiones, tomándose como unidad el milímetro.

Si, por ejemplo, el diámetro interior del tubo es de 10 milímetros y la altura de la flecha es de 0<sup>mm</sup>4, se encuentra en el punto de cruzamiento de la línea horizontal con la vertical una depresión de 0<sup>mm</sup>13, cantidad que habrá que sumar á la altura barométrica.

61. *Variaciones barométricas.*— Cuando se observa un barómetro por varios días consecutivos se nota que la presión varía en un mismo lugar de la tierra, no solamente de un día á otro, sino también de una hora á otra. La amplitud de esas variaciones no es la misma en todas partes, pues crece del Ecuador á los polos. Se llama *altura media diurna* al número que resulta de dividir la suma de



las veinticuatro observaciones sucesivas del barómetro, hechas de hora en hora, por veinticuatro días. La altura *media mensual* se obtiene sumando las alturas medias diurnas durante un mes y dividiendo la suma por treinta. Por último, la *altura media anual* se obtiene sumando las alturas medias cada día por espacio de un año y dividiendo el producto por 365.

La media general al nivel de los mares es de 0<sup>m</sup>760; la media en la ciudad de México es de 0<sup>m</sup>586.

La media mensual es más alta en invierno que en verano, lo cual es una consecuencia del enfriamiento de la atmósfera.

En el barómetro se distinguen dos especies de variaciones: unas *horarias*, que se producen periódicamente á ciertas horas del día, y otras *accidentales*, que no presentan regularidad alguna y que dependen de las estaciones, dirección de los vientos y perturbaciones atmosféricas.

En el Ecuador y en las regiones intertropicales las variaciones horarias se repiten con gran regularidad; hay dos máximas, una á las once de la mañana y otra á las diez de la noche; y dos mínimas, una á las cuatro de la mañana y otra á las cuatro de la tarde.

62. *Valor en peso de la presión atmosférica.* — Al ejecutar el experimento de Torricelli (\*) vimos que

(\*) Evangelista Torricelli nació en 1608 y murió en 1644. Matemático y físico distinguido; sucedió á Galileo en la Cátedra de Matemáticas en Florencia. La corta duración de su existencia sólo le permitió llevar á cabo un corto número de experimentos.

el mercurio permanecía en equilibrio en el tubo de vidrio: la altura de la columna nos permite calcular el peso de la atmósfera sobre una superficie dada; supongamos, por ejemplo, que la columna tenga 76 centímetros, siendo de un centímetro cuadrado la sección del tubo. Resulta que el volumen del mercurio será de 76 centímetros cúbicos, y como la densidad del mercurio es de 13,6, resulta para el peso:  $13,6 \times 76 = 1.033$  gramos. Esta es la presión que la atmósfera ejerce sobre un centímetro cuadrado de superficie al nivel del mar; sobre un decímetro cuadrado será de  $103^k3$ ; y sobre un metro cuadrado sería de  $10.330^k$ . Ahora bien, como la superficie de un hombre de mediana estatura es de metro y medio cuadrado, resulta que un hombre recibe al nivel del mar por parte de la atmósfera el enorme peso de  $15.495^k$ , que si no lo aplasta es debido á la reacción de los flúidos interiores.

Una presión elevada es hasta cierto punto necesaria para la conservación de la salud. En efecto, cuando aumenta la presión, lo que nos es indicado por el ascenso de la columna barométrica, las funciones del organismo se efectúan con mayor energía y experimentamos una sensación de bienestar; pero cuando la presión atmosférica disminuye mucho, como pasa en las altas montañas y en las ascensiones aerostáticas, la respiración se hace difícil y penosa, la sangre no encuentra resistencia bastante en las extremidades de los vasos y se producen hemorragias más ó menos abundantes, zumbido de oídos y una sensación de profundo malestar. En una ascensión verificada por los señores Glaisher y Coxwell el 5 de Septiembre de 1862, poco antes de llegar á los 10.000 metros de altura,



el Sr. Glaisher notó que había perdido el movimiento del brazo derecho; quiso mover el brazo izquierdo y estaba igualmente paralizado. El célebre físico perdió por completo la sensación visual, que hablar y no pudo, y al fin cayó desvanecido.

El Dr. Vergara Lope cree, y con justa razón, que el mal de las montañas y los accidentes sufridos por los aeronautas, no se deben á la disminución del oxígeno atmosférico, sino á la decompresión.

Cuando por estar muy baja la presión sentimos malestar y cansancio acostumbramos decir que el *aire está muy pesado*, cuando precisamente se halla más enrarecido.

LEY DE MARIOTTE

63. El físico francés Mariotte descubrió en el siglo XVII la siguiente ley:

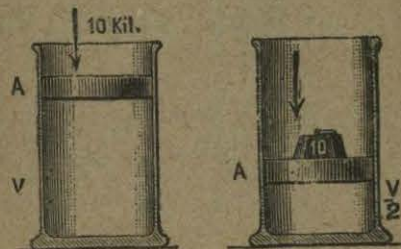
*Los volúmenes ocupados por una masa dada de gas suponiendo constante la temperatura, están en razón inversa de las presiones que soportan.*

Es decir, que á mayor presión corresponde menor volumen, y viceversa. Si la presión es doble, el volumen se reducirá á la mitad; si la presión es triple, el volumen se reducirá á la tercera parte, etc.

Para entender bien el enunciado de la ley, y antes de indicar cómo se demuestra en los gabinetes, supongamos un vaso de vidrio que contenga una masa de aire y que esté cerrado por un émbolo A que soporte la presión atmosférica y consideramos que, dada la superficie del émbolo, esa presión valga 10 kilogramos. En esas condiciones, la masa de aire contenida en el recipiente tiene un volumen igual

á V y está sometida á una presión de 10 kilogramos. Si se van poniendo progresivamente pesos en el émbolo, éste se sumerge poco á poco y el volumen de la masa de aire disminuye. Dejamos de poner pesos cuando el volumen del gas se reduce á  $\frac{V}{2}$ , es decir, á la mitad, y observamos que esos pesos corresponden á 10 kilogramos. En este momento la masa gaseosa contenida en el recipiente sufre el peso de la atmósfera, que consideramos de 10 kilogramos, más 10 kilogramos, lo que da 20 kilogramos. Luego, cuando la presión es doble, el volumen se reduce á la mitad.

Para demostrar la ley de Mariotte se hace uso de un tubo de cristal en forma de sifón. La rama



Figs. 111 y 112. La teoría de la Ley de Mariotte.

pequeña está cerrada, la rama grande está abierta y todo el tubo se halla fijo en una plancha de madera. La rama chica está dividida en partes de igual capacidad, y la rama grande lo está en centímetros.

Se comienza por poner mercurio en el tubo hasta que los niveles queden iguales en las dos ramas.

Esta primera operación no es muy sencilla, porque al caer el mercurio comprime al aire de la rama pequeña, y como aumenta la fuerza elástica del gas, generalmente resulta más bajo el nivel en esta rama que en la rama grande. Entonces hay que inclinar un poco la plancha de madera para conseguir que se escapen una ó dos burbujas de aire y que se