

hueca, y que se adaptan por medio de una llave al conducto de la máquina neumática (fig. 65). Mientras están llenos de aire, basta el más ligero esfuerzo para separarlos, pero cuando se hace el vacío en el interior de la esfera, es menester un gran esfuerzo

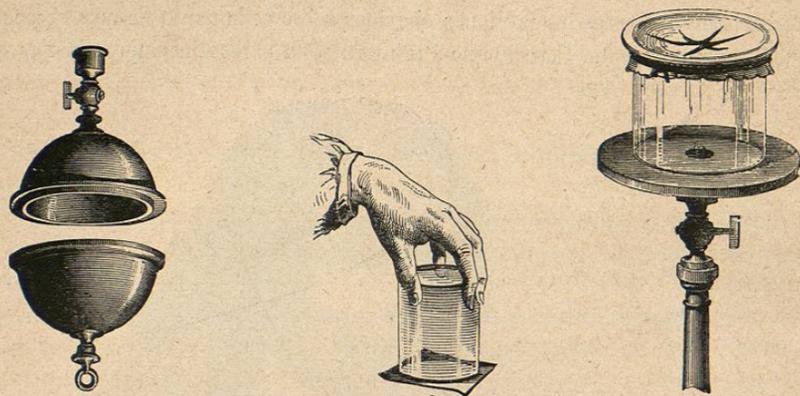


Fig. 65.—Hemisferios de Magdeburgo Fig. 66.—Prueba de la presión atmosférica Fig. 67.—Rompe vejigas

para desprenderlos, como se comprenderá fácilmente si se tiene en cuenta que la presión ejercida por el aire sobre dos hemisferios de 2 decímetros solamente de diámetro es ya de 324 kilogramos en cada uno de ellos. En uno de los experimentos que el ilustre burgomaestre de Magdeburgo llevó á cabo, hizo que tiraran de cada hemisferio cuatro vigorosos caballos que no pudieron separarlos: siendo el diámetro de 65 centímetros, la presión era de 3,428 kilogramos en cada uno de ellos, ó sea 6,856 kilogramos de presión total. La presión total en las superficies de los hemisferios es dos veces mayor de la que indican estas cifras; pero aquí no se trata más que de la suma de las ejercidas en la dirección de la resistencia, las cuales equivalen en cada lado á la presión sobre un círculo del mismo diámetro que la esfera.

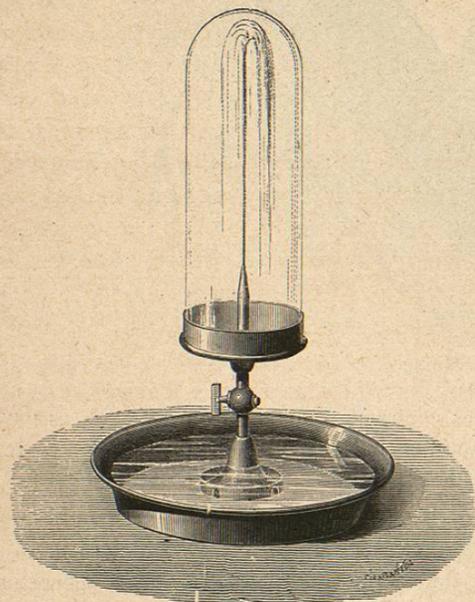


Fig. 68.—Surtidor en el vacío

Si se llena de agua hasta los bordes un vaso, y se aplica sobre la superficie del líquido una cartulina ó una hoja de papel, se puede volver el vaso sin que el agua se vierta, como se ve en la figura 66; la presión atmosférica mantiene el papel adherido al líquido y sostiene el peso de este último sin ninguna dificultad, pues el papel no produce en este caso otro efecto sino impedir la división de las moléculas de la columna líquida.

El experimento del rompe-vejigas consiste en hacer el vacío en una vasija cuya boca se haya tapado con una membrana bien estirada, la cual impide que el aire penetre en

el vaso. A medida que se va haciendo el vacío, se va deprimiendo la membrana por efecto de la presión atmosférica hasta que por fin estalla (fig. 67). Una fuerte detonación, parecida á la de un pistoletazo, acompaña á la rotura, detonación que reconoce por causa la brusca entrada del aire en la capacidad vacía del vaso.

Si se aplica una fruta, por ejemplo una manzana, contra los delgados bordes de un tubo de metal y se hace en seguida el vacío en este tubo, el peso de la columna atmosférica comprime la manzana, los bordes del tubo la recortan y de este modo penetra en el interior del mismo. Tal es el experimento del *corta-manzanas*.

Por último, se hace otro no menos curioso que demuestra la presión del aire en la superficie de los líquidos. Colócase un fanal ó campana cilíndrica de cristal sobre una armadura metálica provista de un tubo con una llave, merced á la cual se la puede aplicar á la máquina neumática y extraer el aire contenido en la campana. Hecho ya el vacío, se introduce el extremo inferior del tubo en una cubeta llena de agua, y abriendo entonces la llave del tubo, se pone en comunicación el interior del recipiente con el líquido. La presión atmosférica ejercida sobre el agua de la cubeta hace al punto brotar un chorro que llega hasta las paredes superiores del fanal (fig. 68).

III

EL BARÓMETRO

En todo cuanto precede hemos supuesto que el peso de la columna de aire era la única causa de la presión atmosférica, que esta presión era constante, y que en una superficie dada equivalía al peso de una columna de agua de $10^m,33$ ó al de otra de mercurio de 76 centímetros, que tuviera la misma sección que la superficie. Pero la experiencia prueba que esta presión está sujeta á variaciones, aun cuando la altitud del lugar no varíe. Más adelante estudiaremos estas variaciones en su relación con los fenómenos meteorológicos; mas para esto es preciso disponer de un instrumento que las consigne. Este instrumento, que en principio es el tubo de Torricelli, y que lleva el nombre de *barómetro*, merece que lo describamos detalladamente, debiendo advertir que se le ha construido de varios modos, según el uso á que se le destina.

El barómetro más sencillo y más exacto á la vez consiste en un tubo de vidrio ó de cristal, perfectamente recto, cilíndrico por lo regular y sumamente homogéneo, de un diámetro un tanto grande, por ejemplo de 2 á 3 centímetros. Después de llenarlo de mercurio, se le introduce en una cubeta que contenga el mismo metal, y tanto ésta como el tubo están sujetos á una tablilla vertical fija en el sitio donde se han de hacer las observaciones. Como se ve, este barómetro no es otra cosa que un tubo de Torricelli. Mas para instalarlo hay que tomar algunas precauciones de cuya importancia es fácil penetrarse, y que también son necesarias para la construcción de las demás clases de barómetros.

Una de las más esenciales es que el mercurio empleado sea de gran pureza, lo cual se consigue disolviendo con ácido nítrico el óxido de mercurio ó las partículas de metales heterogéneos que pudiera contener el líquido. Otra de las condiciones indispensables es que no contenga burbujas de aire, pues éstas, por su ligereza específica, podrían subir á lo largo de las paredes del tubo por el espacio vacío que lleva el nombre de *cámara barométrica*. Como el vapor de agua y el aire son gases elásticos, comprimirían el nivel superior del tubo, de suerte que la altura del mercurio no indicaría la presión

atmosférica. Para obviar este inconveniente, se empieza por limpiar y secar perfectamente el tubo antes de llenarlo. Una vez lleno, se hace hervir el líquido poniendo el tubo sobre una especie de parrilla inclinada que contenga en toda su longitud brasas de carbón. El tubo se calienta progresivamente, así como el mercurio, cuya temperatura se eleva hasta un punto próximo á la ebullición; entonces se hace hervir el mercurio, pro-

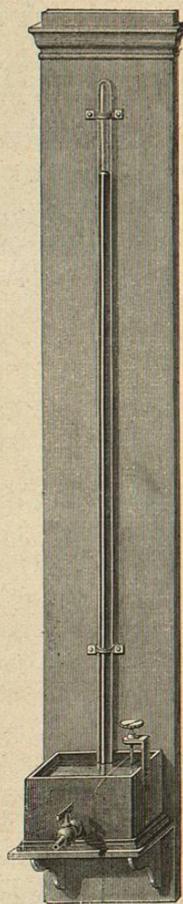


Fig. 69.—Barómetro normal ó fijo

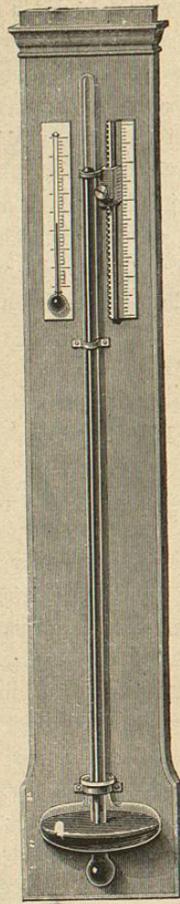


Fig. 70.—Barómetro de cubeta

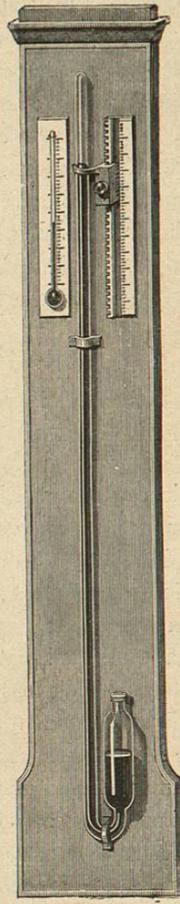


Fig. 71.—Barómetro de sifón

gresivamente también y partiendo de la base, avivando el fuego, hasta que desaparezcan todas las burbujas de aire que contiene el líquido ó que quedan adheridas al tubo. En este momento el mercurio debe presentar el aspecto de un espejo sumamente terso, de un brillo vivo y metálico, indicio de pureza perfecta é indispensable en semejante circunstancia.

El tamaño del diámetro del tubo que forma el barómetro *fijo* ó *normal* tiene sobre los tubos más estrechos la ventaja de facilitar á la columna mercurial un nivel no alterado por las fuerzas moleculares, que constituyen la *capilaridad*. Así pues, para conocer la altura del barómetro, bastará medir la distancia vertical que media entre dicho nivel y el del mercurio en la cubeta, lo cual se hace con el *catetómetro* (fig. 72), que

se compone esencialmente de una regla graduada, en la cual se mueve un anteojo horizontal.

En la figura 69, que representa un barómetro fijo, se ve un tornillo de doble punta adaptado á la cubeta. La punta inferior debe enrasar con la superficie del mercurio, lo cual es fácil realizar por medio del tornillo, siendo la distancia de la punta superior (punta que el dibujante se ha olvidado de figurar) al nivel del tubo la que da el catetómetro. Añadiendo á ella la longitud constante del tornillo, se tiene la altura ó la presión atmosférica buscada.

El barómetro de cubeta se distingue del anterior en que, presentando la cubeta una gran superficie (fig. 70), el nivel del mercurio se considera en él como si fuera constante. La tabla á que está fijo el instrumento lleva una escala dividida en milímetros, por la cual sube y baja una corredera, colocada de tal suerte que su arista superior enrase con el nivel del mercurio. Como el cero de la escala es por hipótesis el nivel de la cubeta, se lee en la escala misma la altura de la columna mercurial. Por último, la escala está provista de un nonio, merced al cual se pueden apreciar hasta fracciones de milímetro.

Lo que hace á este instrumento menos perfecto que el anterior es que el cero de la escala ó nivel de la cubeta se supone constante; pero como el cristal y el mercurio se dilatan á causa de las variaciones del calor, esto produce asimismo variaciones en la posición del cero. Sucede con frecuencia que, al cabo de cierto tiempo, estas variaciones accidentales acaban por determinar una alteración permanente, y entonces hay que rectificar la escala.

Constrúyense también *barómetros de sifón*, ó de dos brazos encorvados, el menor de los cuales es de un diámetro mucho más ancho que el otro (fig. 71); pero en ellos resalta todavía más el inconveniente de que hemos hablado, como no se reduzca el observador á tomar siempre por altura la diferencia de los niveles del mercurio en los dos brazos.

Los barómetros de Fortín, de Gay-Lussac y de Bunten no presentan estos inconvenientes; pero como están contruídos con el objeto de transportarlos fácilmente, el diámetro del tubo es menos ancho que en el barómetro fijo, de suerte que la capilaridad deprime el nivel superior del mercurio. Así pues, las observaciones que se hacen con dichos instrumentos requieren una corrección relativa á esta clase de influencia. Pero tanto en los barómetros de Gay-Lussac y de Bunten como en el fijo, se mide la altura por dos lecturas correspondientes á los dos niveles del líquido, de suerte que después de hechas todas las correcciones la diferencia expresa la verdadera presión atmosférica. En el de Fortín se mantiene el cero constante, gracias á una disposición muy ingeniosa que se comprenderá fácilmente examinando la figura 74. Esta figura representa la sección vertical de la

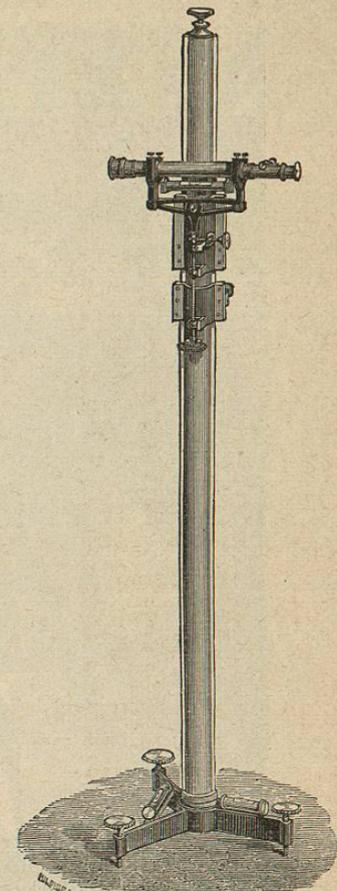


Fig. 72.—Catetómetro

cubeta cilíndrica que contiene el mercurio en el cual penetra la parte aguzada del tubo. La superior del cilindro es de cristal y en ella se ve el nivel del líquido. Una punta metálica interior indica la posición del cero de la escala y el nivel á que debe llegar el mercurio, siempre que se trate de hacer una observación. Como el mercurio descansa en un saco de piel impermeable sujeto á las paredes inferiores de la cubeta, y el fondo



Fig. 73.—Instalación del barómetro de Fortín

metálico está atravesado por un tornillo cuya extremidad se apoya en el saco móvil, resulta de aquí que se puede subir y bajar como se quiera el fondo del líquido, ó lo que es igual, subir ó bajar el nivel hasta que enrase con la punta metálica. Para que los movimientos del mercurio no rompan el tubo cuando se va de viaje, se introduce el tornillo hasta que la cubeta queda enteramente llena por su parte superior.

Como todo el aparato va metido en un cilindro de bronce que lo resguarda de los choques, obsérvese el nivel del mercurio en el tubo al través de dos hendeduras longitudinales opuestas que dejan en descubierto el cristal del tubo, y en los bordes de estas hendeduras están grabadas en milímetros las divisiones de la escala, que tiene su

cero en el nivel constante marcado por la punta metálica de la cubeta. Un anillo provisto de un nonio (fig. 75) y de un botón que permite moverle por medio de una barra dentada, da la posición precisa del nivel en la escala y la altura en décimos de milímetro.

El aparato se instala en el suelo puesto en un trípode, según puede verse en la figura 73, debiéndose tener siempre cuidado de colocar el tubo en una posición vertical, lo cual se consigue por el método de suspensión *á la Cardán*, llamado así del nombre de su inventor.

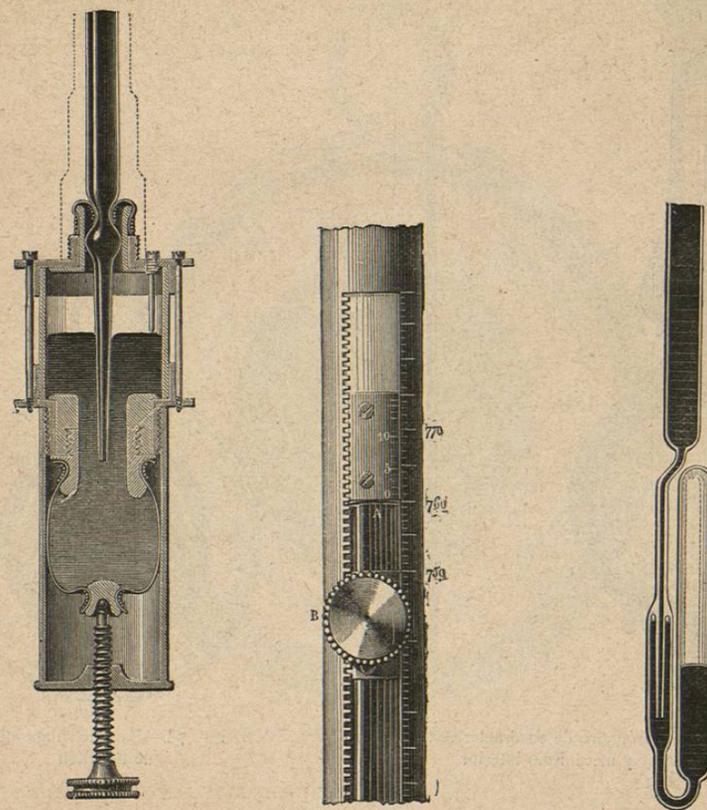


Fig. 74.—Cubeta del barómetro de Fortín Fig. 75.—Nonio del barómetro de Fortín Fig. 76.—Barómetro de Gay-Lussac modificado por Bunten

El barómetro de Fortín es cómodo para las exploraciones científicas, porque el aire no puede introducirse en él y porque no está expuesto á romperse con los movimientos y agitaciones del camino. Hay que tener en cuenta la capilaridad para corregir las lecturas. Además, como el grado de temperatura hace variar la densidad del líquido y por consecuencia la altura de la columna que mide la presión atmosférica, se ha de hacer también una corrección relativa á esta influencia.

La figura 76 representa el barómetro de Gay-Lussac modificado por Bunten. Consiste este barómetro en dos porciones de un mismo tubo unidas por otra más estrecha ó capilar; una pequeña abertura practicada en la porción más corta da paso al aire sobre el nivel inferior. Para anotar la altura barométrica, se mide con una escala divi-