

## LAS PRIMERAS BOMBAS NEUMATICAS

Por

**E. N. DA C. ANDRADE**

El primer hombre que creó deliberadamente un vacío, y se dió cuenta clara de lo que había hecho, fue Torricelli, discípulo de Galileo. Este, en el primer día de sus Diálogos había llamado la atención sobre el hecho de que una bomba no podía elevar agua a una altura mayor de 18 brazos (que parece equivalían a 1.060 cm., un margen holgado por encima del límite lograble de hecho). También había señalado que el aire posee un cierto peso, pero, con toda seguridad, no relacionó entonces el peso de la atmósfera con la altura de la columna de agua. En 1644 Torricelli describió su famoso experimento en una carta a Michel Angelo Ricci. Lo que nos importa aquí es el desarrollo del método de Torricelli para crear un espacio vacío en que realizar experimentos; esto fue llevado a cabo por la Academia del Cimento y publicado en sus Saggi di Naturali Esperienze en 1667.

La parte superior del tubo barométrico se agrandó, dándose acceso a este espacio por una abertura que podía obturarse con una membrana de vejiga sujetada convenientemente. En tal espacio se llevaron a cabo experimentos notables. Se mostró, por ejemplo, que la fuerza magnética era la misma en el vacío que en el aire; que en el vacío, el humo producido al calentar una bola pequeña de betún con luz solar enfocada con un espejo descendía; que una vejiga de cordero, estrujada y atada de tal manera que sólo contuviese un poco de aire, se inflaba en el vacío hasta formar una esfera (Figs. 1) (a) y 1 (b)). Este método de crear un vacío, que fue utilizado mucho después por Rumford, puede ser considerado como equivalente a emplear una bomba de mercurio de un solo golpe de

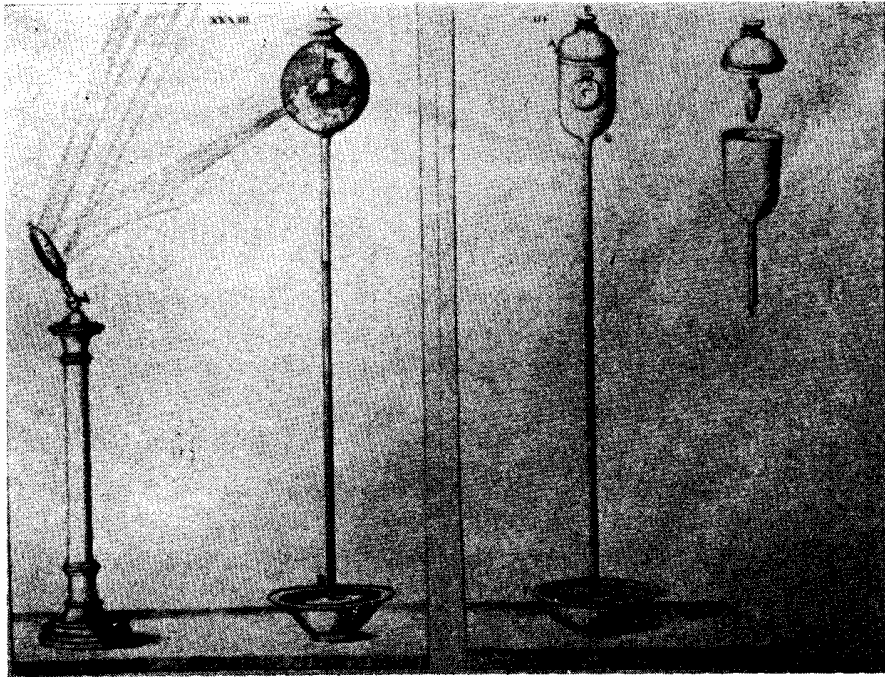


FIG. 1

émbolo, y los experimentos conseguidos son precursores lejanos de aquellos realizados con las bombas Geissler y Toepler doscientos años más tarde. Fueron, desde luego, posteriores a la invención de la bomba neumática de Guericke y de las más antiguas de Boyle, que describiremos a continuación.

Fue Guericke, naturalmente quien primero construyó una bomba neumática entendida como un instrumento mediante el que podía vaciarse progresivamente cualquier espacio hasta el límite impuesto por los escapes y la presión del vapor. Es incierta la fecha exacta de su primer resultado satisfactorio. El mismo Guericke, que nació en noviembre de 1602, dió una relación completa de todo su trabajo en sus *Experimenta Nova (ut vocantur) Magdeburgica de Vacuo Spatio* en 1672, bastante después de haber sido ejecutados. Sin embargo, el famoso experimento de Magdeburgo fue citado mucho antes y la bomba descrita, con la aprobación y conocimiento de Guericke, por el Jesuíta Kaspar Schott, escritor muy fecundo en materias científicas, en su *Mechanica Hydraulico-Pneumatica*

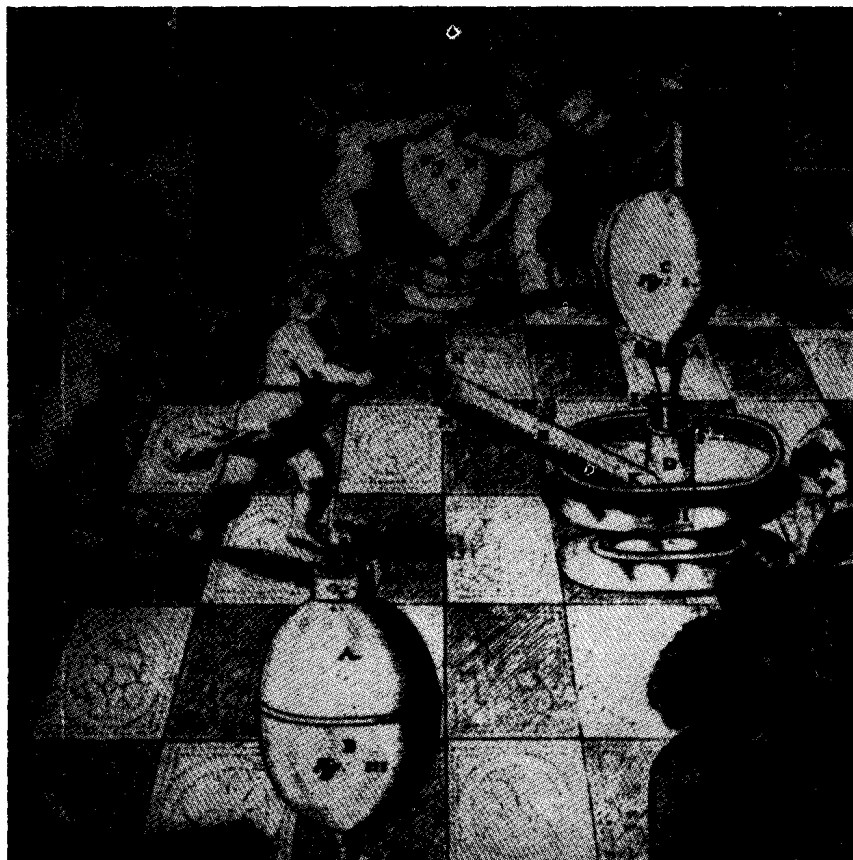


FIG. 2

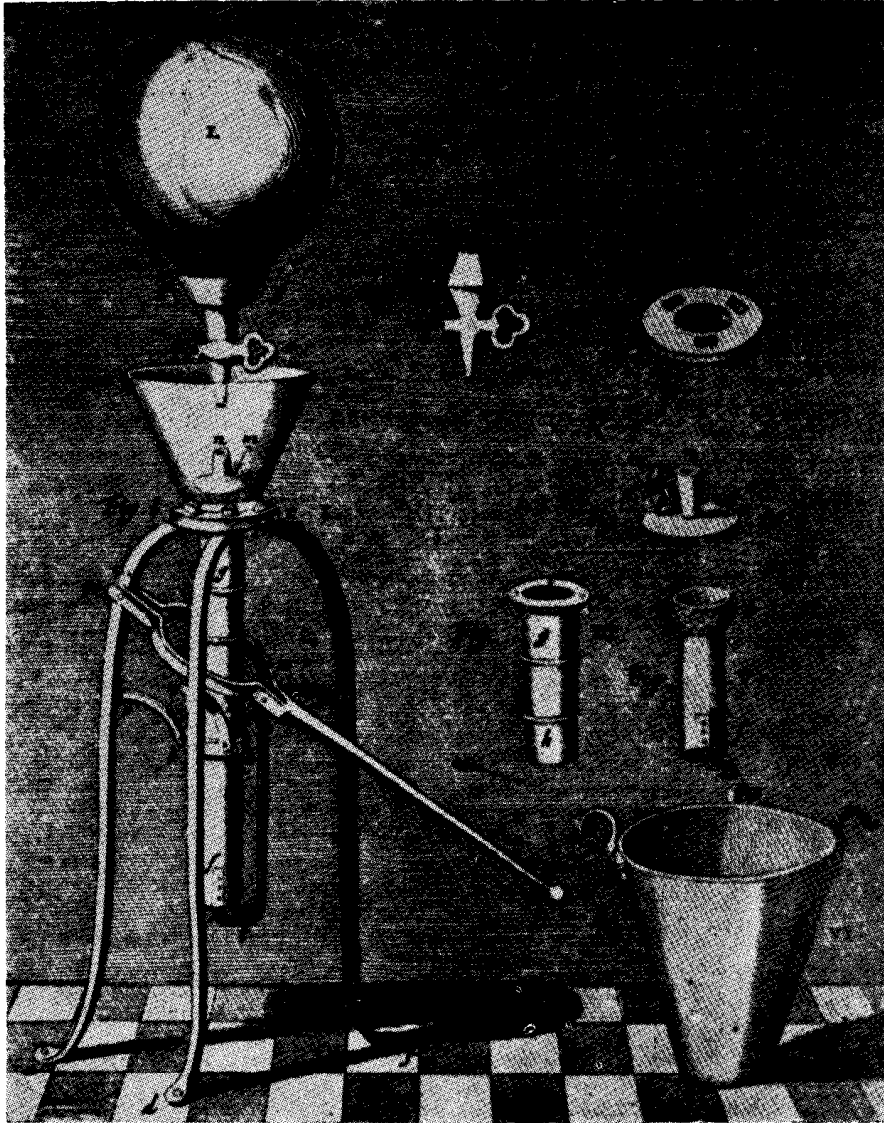
(1657), libro que sirvió para despertar el interés de Robert Boyle en la bomba neumática. El experimento fue llevado a cabo en 1654 en la presencia del Emperador y de los Príncipes, reunidos en Magdeburgo.

En la fig. 2 se muestra la bomba neumática ilustrada por Schott, que es la primera representación de tal máquina que se ha publicado. Tiene dos válvulas, una en H, y la otra en I. No se dan detalles de estas válvulas, pero se nos dice que la que está en I se abre hacia adentro, hacia I, y se cierra D — esto debe interpretarse como que se abre cuando se retira el émbolo y se cierra cuando se le empuja hacia adentro mien-

tras que la que está en H se abre hacia afuera, hacia el aire, bajo la presión interna y se cierra cuando ésta disminuye. Claramente la colocación de las válvulas no es muy eficiente, y Schott dice que el movimiento (agitatio) del émbolo ha de prolongarse por dos, tres o más horas, la capacidad del recipiente C. Los querúbcos mozos de laboratorio que aparecen en el fondo han colocado un recipiente evacuado boca abajo sobre el agua; Schott dice que, cuando se abra la llave, el agua se precipitará hacia dentro con gran tumulto, como si hirviese. La llave E puede usarse para cerrar la vasija una vez evacuada. Por lo visto el experimento de Magdeburgo se llevó a cabo con un instrumento semejante.

La forma final de la bomba de Guericke, tal como se la representa en *De Vacuo Spatio*, donde se la escribió por vez primera, aparece en la Fig. 3. Presenta mucho parecido con la de Boyle, y es muy probable que Guericke hubiera visto el libro de aquél, del que que apareció una edición latina en 1661, aunque no le cita en ninguna parte. El cilindro vertical gh estaba sujeto por un trípode y aparece en detalle en la Fig. III. En la parte superior había una arandela de plomo para lograr un ajuste hermético. El émbolo, ilustrado en la Fig. V, era de madera, con un prensaestopas. Para permitir la salida del aire había una válvula de cuero z, cerrada por un muelle (Fig. IV). Este funcionaba durante los primeros ciclos: cuando la presión del aire disminuía demasiado para abrirlo, se utilizaba la válvula de clavija m operada a mano. El funcionamiento de la llave qr y de la válvula m era como en el modelo de Boyle, y serán descritos cuando se considere éste. La misión de la vasija cónica xx en la parte superior del cilindro y de la que aparece en la Fig. VI, que estaba colgada de tal forma que envolvía el extremo inferior del cilindro, era contener agua con el propósito de cerrar herméticamente las diversas juntas. El recipiente era de vidrio, pegado al accesorio de latón que sujetaba la llave.

Boyle describió por vez primera su bomba en *New Experiments Physico-Mechanical Touching the Spring of the Air*, publicado en 1660. Dice ahí que conocía, pero que no lo había hojeado, el libro del prolífero jesuita Schottus, y escribe que



*FIG. 3*

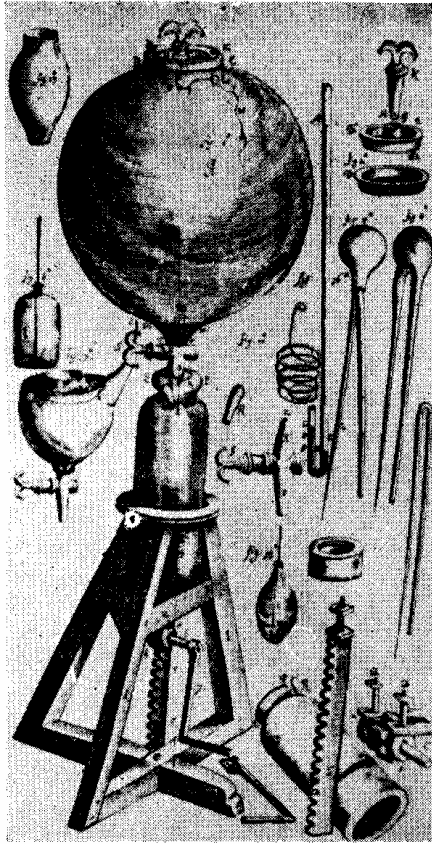


FIG. 4

“aquel ingenioso caballero Otto Guericke, Burgomaestre de Magdeburgo había empleado últimamente en Alemania una forma de vaciar vasijas de vidrio, extrayendo el aire en la boca de la vasija sumergida en agua”. Robert Hooke, empleado como ayudante en aquella época por Boyle, fue quien construyó la bomba, como éste reconoce abiertamente, la cual lleva la marca del genio de su constructor. En la Fig. 4 puede verse la bomba, que constaba de un cilindro hueco de latón de unos 8 cm. de diámetro interno, en el que se movía un extractor, probablemente de madera, puesto que tenía clavado un disco de cuero para ajustarlo al cilindro. Sobre este extractor,

movido por un engranaje de cremallera y piñón, se vertía aceite para facilitar el movimiento y conseguir un ajuste hermético, pero Boyle afirma que una mezcla — una emulsión diríamos nosotros — de aceite y agua era mejor. Un fuerte soporte de madera mantenía el cilindro verticalmente. El recipiente consistía en una bombona de vidrio, de unos 25 litros de capacidad, que era, según se dice, el tamaño máximo que los sopladores de vidrio podían lograr con el espesor requerido. Una gran ventaja era la abertura en la parte superior, a la que se pegaba un anillo de latón, adaptada para recibir un tapón muy ajustado que aparece en detalle en el ángulo superior derecho de la figura. El orificio pequeño en la parte inferior del tapón K era para suspender objetos dentro del

recipiente. Este, muy bien logrado, facilitaba la realización de experimentos en el vacío. El que Guericke no lo adaptase pudo muy bien ser debido a la incapacidad de sus artífices para fabricarlo satisfactoriamente. En la parte inferior del recipiente se acoplaba un accesorio de latón, provisto de la llave S.

La parte superior del cilindro estaba perforada por un orificio, cerrado por una válvula-tapón muy bien ajustada de latón (R). El modo de operación era el siguiente: con la llave cerrada y el tapón retirado se movía el émbolo hasta la parte superior del cilindro, expeliendo el aire a través del orificio. Se cerraba entonces éste con el tapón, se retiraba el émbolo y se abría la llave de manera que parte del aire del recipiente pasaba al cilindro. Se cerraba después la llave, se abría la válvula retirando el tapón y se repetía el proceso. Este fue el método adoptado por Guericke en su último modelo, pero él añadió la válvula secundaria, que se abría por la presión del aire, durante los ciclos iniciales de extracción. La cremallera y piñón, el acceso fácil al recipiente y el diseño general y construcción, que hacían innecesario el uso de agua para sellar las juntas, hicieron que la máquina de Boyle fuera el mejor de todos los instrumentos.

En la Fig. 5 aparece la segunda bomba de Boyle, descrita por él en 1669. Su gran ventaja estribaba en que el recipiente era una campana pegada a una platina mediante una mezcla de cera de abejas y trementina, composición usada aún en la técnica neumática hasta bien entrado este siglo. Así podía retirarse la campana y reemplazarla fácilmente. La bomba consistía en un cilindro sumergido en el baño de agua ilustrado. El émbolo estaba atravesado por un orificio, que podía abrirse y cerrarse por medio de un tapón colocado en el extremo de una larga varilla, que aparece sobresaliendo bastante por encima del agua. Puede verse la llave en la tubería que va a la campana.

Debe recordarse que Hooke que construyó el primer modelo, dejó de estar al servicio de Boyle en 1662 y probablemente no tuvo participación en la construcción del segundo. Quizá pueda atribuirse a esto el paso retrógrado de sumergir la bomba en agua; parece que sin la habilidad de

Hooke, no pudo asegurarse la hermeticidad del émbolo sin esta inmersión. El uso del agua es todavía más sorprendente puesto que en la descripción de su primera bomba,

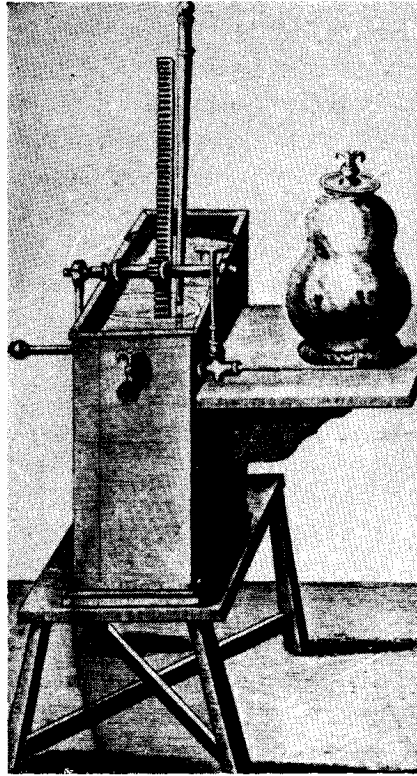


FIG. 5

construída por Hooke, Boyle dice que quería un instrumento “en que no sea necesario, como en el otro (el de Guericke), mantenerlo dentro del agua (que en algunas ocasiones es un inconveniente) y que puede manejársele más fácilmente”. Este es uno de los primeros ejemplos de la influencia de la ejecución técnica sobre el diseño. Como ejemplo típico de las manipulaciones en vacío incluimos el mecanismo para tañer una campanilla dentro del recipiente (Fig. 6).

Denis Papin, un genio que, como Hooke en sus primeros tiempos, tuvo que ganarse a menudo la vida ayudando a otros más ricos trabajaba en 1674 con Huygens. Este inventor holandés había visto la primera bomba de Boyle en Inglaterra cuando estuvo allí en 1661, y a su regreso a Holanda había construído, como sabemos por sus cartas, una bomba con arreglo al diseño de Boyle: tenía, sin embargo, la gran ventaja de poseer una platina sobre la que se montaba una campana para obtener el espacio experimental. Así pues se anticipó a Boyle en esta característica, aunque no publicó relación alguna de ella. Huygens, en París en aquella época, puso a Papin a construir de este modelo, qu fue descrita en la primera publicación de Papin, *Nouvelles Expériences du Vuide*, 1674, y que aparece ilustrada en la Fig. 7. El émbolo accionaba mediante una cremallera y piñón, como en la de

construída por Hooke, Boyle dice que quería un instrumento “en que no sea necesario, como en el otro (el de Guericke), mantenerlo dentro del agua (que en algunas ocasiones es un inconveniente) y que puede manejársele más fácilmente”. Este es uno de los primeros ejemplos de la influencia de la ejecución técnica sobre el diseño. Como ejemplo típico de las manipulaciones en vacío incluimos el mecanismo para tañer una campanilla dentro del recipiente (Fig. 6).

Denis Papin, un genio que, como Hooke en sus primeros tiempos, tuvo que ganarse a menudo la vida ayudando a otros más ricos trabajaba en 1674 con Huygens. Este inventor holandés había visto la primera bomba de Boyle en



Boyle. Una de las válvulas era un pequeño orificio en M, que se abría cuando el émbolo descendía para expulsar el aire, y se tapaba con el dedo cuando aquel ascendía, la conexión del cilindro con el recipiente estaba regulada por la llave en F, que estaba controlada por la manilla Q (detalle en la

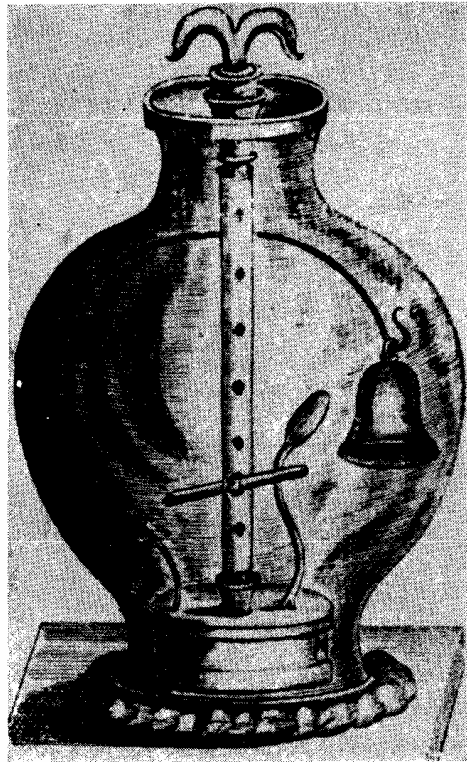


FIG. 6

era un orificio ordinario, para comunicar con el recipiente y el otro una ranura, aa, para comunicar con el aire, Papin es pues el autor de la invención de la llave de dos conductos. que de ordinario es atribuída a Wolferd Senguerd, quien la utilizó en la bomba que describimos a continuación. La llave del instrumento de Papín tuvo que haber estado bien hecha, pues era innecesario cubrirla con agua. Otra característica era el estribo para aplicar la considerable fuerza necesaria para retirar el émbolo contra la presión atmosférica.

derecha de la Fig. 7). El émbolo se ajustaba herméticamente con estopa empapada en agua, vertiéndose después aceite desde arriba. El recipiente estaba colocado sobre una platina y existía también una vara de aforar. El conjunto estaba montado muy sólidamente.

Esta era otra versión de la bomba de Huygens: en la misma publicación, Papin describe un modelo mejorado, ilustrado en la Fig. 8, que es creación suya. En este se efectuaba el control de la abertura mediante una llave de dos conductos, mostrada en la Fig. VI, en la que uno de los canales

(De la revista "Endeavour", N° 61, año 1957).

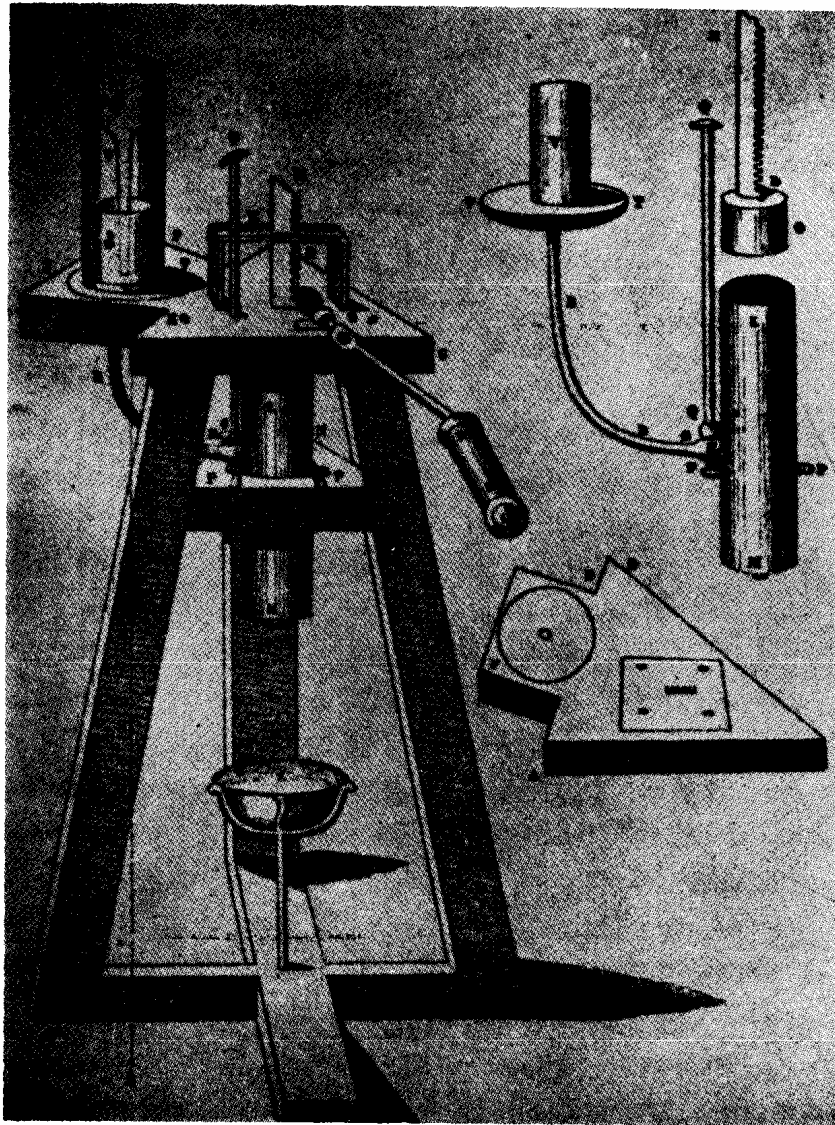


FIG. 7

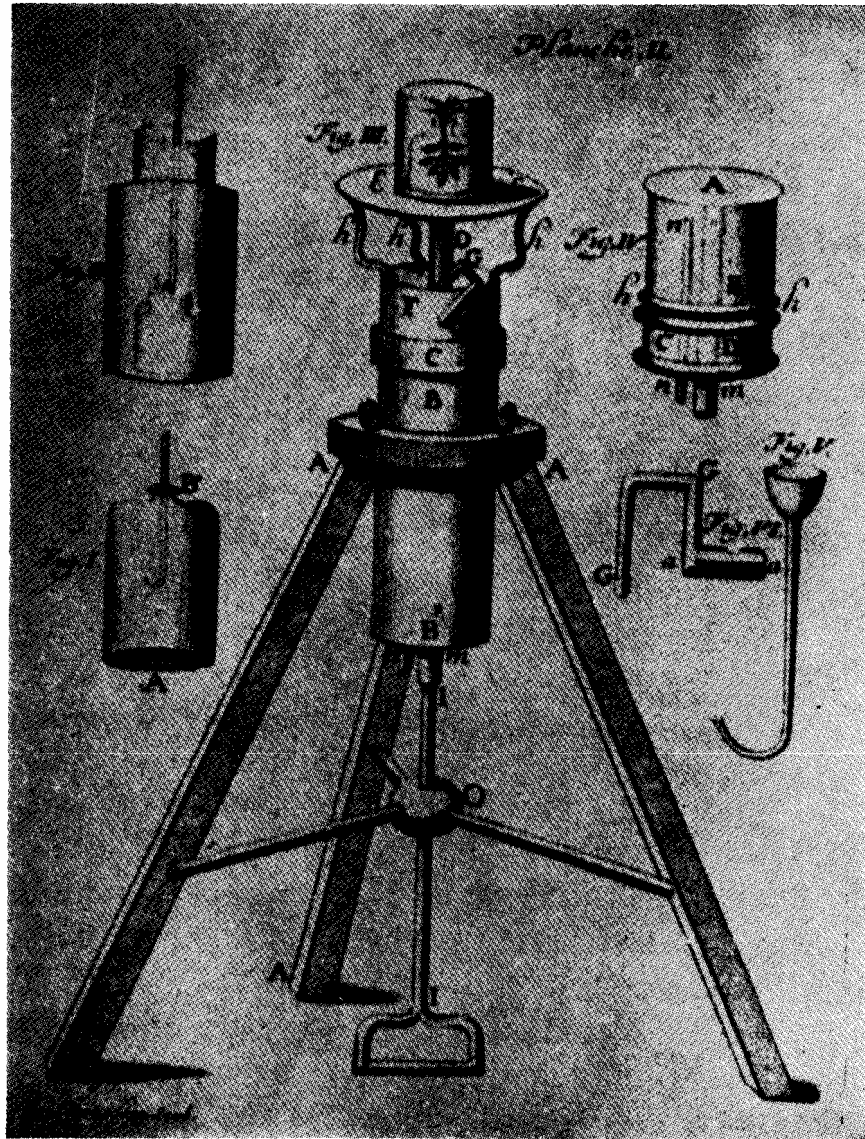


FIG. 8