

sico Charles, aun cuando se atribuye generalmente á Nicholson; está construido de tal suerte que sumergido en el agua enrasa precisamente con un punto marcado en su vástago superior cuando en el platillo que lo remata se pone un peso conocido, por ejemplo 100 gramos. Colócase el cuerpo cuya densidad se desea averiguar en este pequeño platillo, y se añaden pesas hasta conseguir el enrase. Si se han puesto, por ejemplo, 35,8 gramos, la diferencia 64,2 gr. entre este último peso y 100 gramos da evidentemente el peso del cuerpo en el aire.

Lo que precede demuestra que el areómetro es una verdadera balanza. Se quita el objeto puesto en el platillo superior y se le coloca en el vasito colgado debajo del instrumento; entonces pierde de su peso, de suerte que el areómetro sube, y hay que

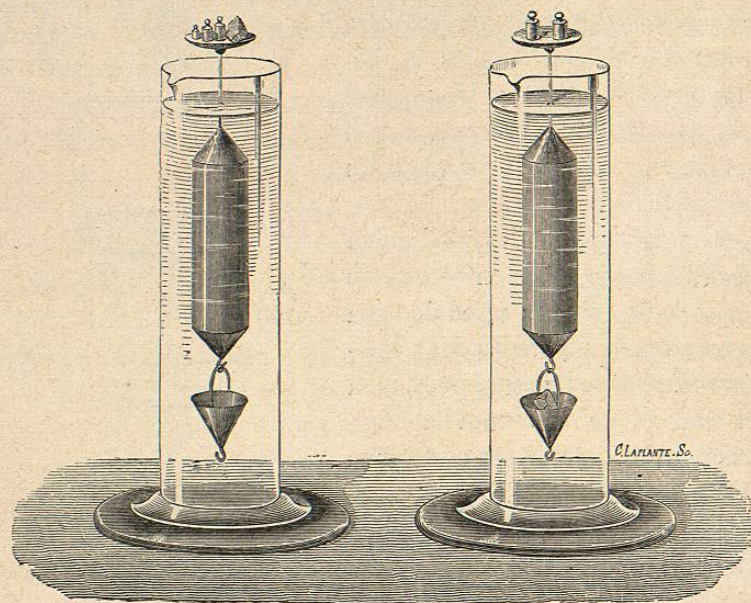


Fig. 170.—Densidad de los cuerpos sólidos. Areómetro de Charles ó de Nicholson

añadir pesas para restablecer el enrase; por ejemplo 31 gramos. Tal es el peso de un volumen de agua igual al del cuerpo. Dividiendo 64,2 por 31, resulta 2,07, densidad que se busca (es la del azufre).

En el caso de que el cuerpo sea menos denso que el agua, se da vuelta al vasito

de Siracusa, gritando como un loco: "*Eureka, eureka!* ¡He dado con ello!," Tratábase de un problema cuya solución le había encomendado el rey Hierón, y que consistía en averiguar si en una corona que un platero había entregado á dicho monarca asegurándole que era de oro puro, habían entrado ó no otras materias. El descubrimiento del principio hidrostático que lleva el nombre del inmortal geómetra le puso sobre la vía, y éste conoció que en la construcción de la corona se había mezclado con el oro cierta cantidad de plata. Dícese que Arquímedes hacía poco caso de las aplicaciones prácticas de la geometría y de las ciencias; pero la verdad es que estuvo muy lejos de desdenarlas, citándose una multitud de inventos debidos á su genio. Atribúyesele el de los areómetros, instrumentos basados inmediatamente en el principio de que todo cuerpo sumergido ó flotante en un líquido desaloja cuando se restablece el equilibrio un volumen de líquido que tiene precisamente un peso igual al peso del cuerpo; este mismo principio, descubierto y demostrado por Arquímedes, fué el que le facilitó la solución del problema de la corona. Otros historiadores científicos han considerado como autora del descubrimiento de los areómetros á la bella y sabia Hipatia, desdichada víctima del fanatismo religioso de los monjes de Alejandría. Lo que parece más cierto es que estos pequeños aparatos, tan preciosos, deben su forma actual á Homberg, físico moderno.

inferior poniéndolo del revés, y como el cuerpo que tiende á sobrenadar encuentra en él un obstáculo, continúa sumergido como antes.

El tercer método para averiguar la densidad de los sólidos es el del frasco. Se pone en el platillo de una balanza el fragmento del cuerpo cuya densidad se desea saber, y junto á él un frasco exactamente lleno de agua, muy bien tapado con un tapón esmerilado (fig. 171). En seguida se ponen pesas en el otro platillo para equilibrar la balanza. Entonces se quita el frasco del platillo, se introduce el cuerpo en él y se le vuelve

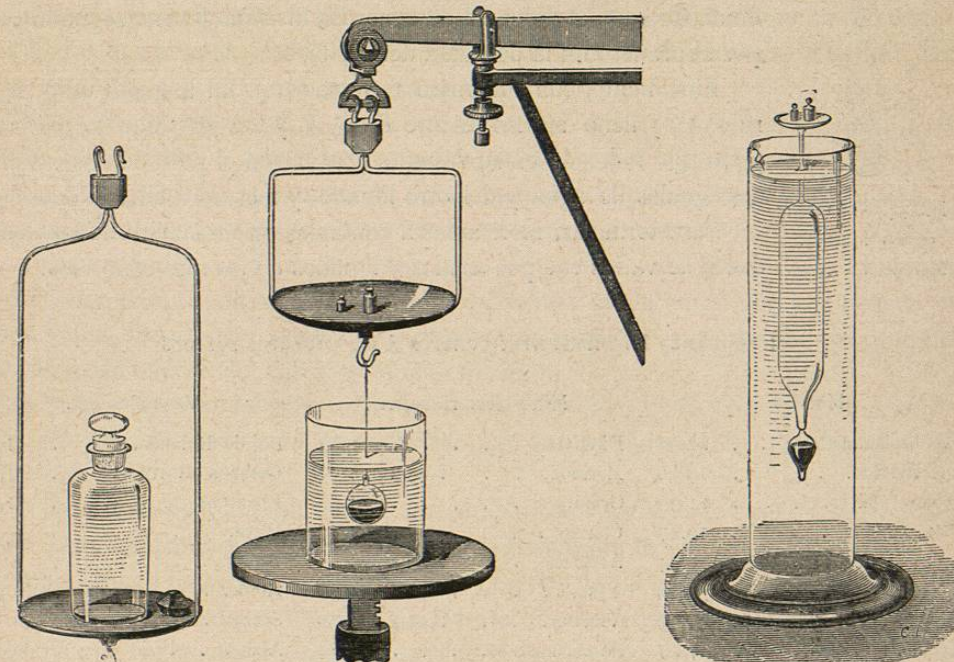


Fig. 171.—Densidad de los líquidos. Método del frasco

Fig. 172.—Densidad de los líquidos. Balanza hidrostática

Fig. 173.—Densidad de los líquidos. Areómetro de Fahrenheit

á tapar, cuidando de meter el tapón hasta el mismo nivel. Del frasco ha debido salir cierta cantidad de agua cuyo volumen es precisamente igual al del objeto que ha ocupado su puesto.

Después de secar bien el frasco por fuera, se le pone de nuevo en el platillo de la balanza, y las pesas que es preciso quitar para restablecer el equilibrio representan el peso del agua desalojada. Como se ve, este procedimiento no es otra cosa sino una aplicación del principio de Arquímedes, como los dos primeros.

Estos tres métodos requieren algunas precauciones; el cuerpo sumergido en el agua retiene adheridas á su superficie algunas burbujas de aire que importa expulsar. Si el cuerpo absorbe fácilmente el agua ó si se disuelve en ella, hay que hacer uso de otro líquido, por ejemplo de aceite; pero como de este modo se obtiene la densidad del cuerpo relativamente al aceite, hay que averiguar la relación de este resultado con respecto á la densidad del agua, cosa que no ofrece dificultad.

La densidad de los líquidos se averigua por procedimientos análogos á los que acabamos de describir. Del platillo de la balanza hidrostática se cuelga un globo de cristal lastrado de modo que sea más pesado que los líquidos que se han de comparar (figura 172). Pesado en el aire y luego en el agua, la diferencia de las pesadas da el peso

de un volumen de agua igual al suyo. Bien enjugado y pesado en el líquido cuya densidad se busca, esta segunda diferencia da el peso de un volumen igual del líquido. Dividiendo este último resultado por el primero, da por cociente la densidad desconocida.



Fig. 174.—Densidad de los líquidos. Método del frasco

El areómetro de Fahrenheit (fig. 173), metido en el agua, requiere un peso dado para llegar al punto de enrase marcado en su vástago. Es obvio que este peso adicional unido al del instrumento marca el peso del volumen de agua desalojado. Sumergido en otro líquido, por ejemplo en aceite, se obtiene del mismo modo el peso de un volumen de aceite igual al volumen de agua. La división de este segundo peso por el primero da la densidad del aceite.

Finalmente, con un frasco terminado en un angosto tubo (figura 174), y lleno sucesivamente de agua y del otro líquido hasta un punto fijo marcado en su vástago, se averigua el peso de dos volúmenes iguales de agua y del otro líquido, y merced á ellos la densidad.

Para terminar, insertamos á continuación un cuadro de las densidades de varios cuerpos sólidos y líquidos de los más conocidos.

DENSIDADES DE DIFERENTES CUERPOS Á 0°. — CUERPOS SÓLIDOS

Metales		Minerales, rocas, etc.		Vegetales, etc.	
Platino laminado.	22,06	Diamante.	3,53	Boj de Holanda.	1,32
Oro fundido.	19,26	Mármol.	2,65 á 2,84	Corazón de roble.	1,12
Plomo fundido.	11,35	Granito.	2,75	Ebano negro.	1,19
Plata fundida.	10,47	Cuarzo.	2,65	Haya.	0,75
Cobré laminado.	8,94	Arenisca.	2,20 á 2,65	Abeto.	0,66
— fundido.	8,85	Yeso.	2,20	Roble.	0,85
Hierro.	7,79	Vidrio.	2,44 á 2,50	Sauce.	0,49
Estaño.	7,29	Porcelana.	2,24	Alamo.	0,39
Zinc laminado.	7,19	Azufre.	2,09	Alcornoque.	0,24
Aluminio.	2,56	Hielo.	0,93	Médula de saúco.	0,08
Níquel.	8,64	Espato de Islandia.	2,72	Hulla.	1,33
Latón.	8,24	Flint-Glass.	3,34	Marfil.	1,92

DENSIDADES DE VARIOS LÍQUIDOS Á 0°

Azogue á 0°.	13,596	Agua á 4°.	1,000	Vino de Borgoña.	0,991
Bromo.	3,187	Agua á 0°.	0,9998	Aceite de oliva.	0,915
Acido sulfúrico concent.	1,848	Agua de mar.	1,026	Esencia de trementina.	0,869
Acido nítrico (agua fuer- te.)	1,520	Leche.	1,032	Alcohol puro.	0,795
		Vino de Burdeos.	0,999	Eter sulfúrico.	0,736

V

PESA-SALES, PESA-ÁCIDOS, ALCOHÓMETROS

Acabamos de describir los areómetros destinados especialmente á medir con la necesaria exactitud las densidades de los cuerpos. Réstanos hablar del uso que se hace en la industria y el comercio de otros aparatos análogos, que llevan el mismo nombre y cuyo objeto consiste en utilizar el principio de Arquímedes para averiguar la composición de ciertas mezclas.

Por lo regular son vástagos cilíndricos de vidrio, que rematan en su parte inferior en un apéndice globular lleno de mercurio ó de granalla de plomo. Siendo invariable el peso de un aparato construído de esta suerte—á lo cual debe su nombre de *areómetro de peso constante*, por oposición á los *areómetros de peso variable*,—la parte sumergida es tanto mayor cuanto menor la densidad del líquido, puesto que el líquido desalojado debe tener siempre igual peso que el instrumento.

El agua pura es el líquido que sirve de término de comparación, y por consiguiente el cero de la graduación se pone en el punto del vástago en que el instrumento enrasa con el agua. Pero en lugar de hacer una sola graduación para los líquidos ó mezclas más densos que el agua y para los más ligeros, ha parecido más cómodo construir dos clases de areómetros para una y otra categoría.

La figura 175 representa el areómetro de Baumé, llamado *pesa-sales*, *pesa-ácidos*, á veces *pesa-jarabes* ó *pesa-vinagres*, según sus aplicaciones, porque sirve para averiguar la mayor ó menor concentración de una solución salina, la densidad de una combinación hidratada, es decir, de un ácido y del agua. El cero ocupa un punto de la extremidad superior del vástago; metido el areómetro en una solución que contenga 15 partes en peso de sal marina y 85 de agua, enrasa en un punto más bajo, donde se marca 15; la división del intervalo de 0° á 15° en quince partes iguales, prolongada hasta la parte inferior del vástago, da la graduación.

El punto extremo del *pesa-sales* de Baumé es 60°: en él se detiene el areómetro sumergido en ácido sulfúrico monohidratado; 36° corresponden al ácido nítrico y 26° al clorhídrico.

El *pesa-licores* (fig. 176), llamado también *pesa-alcoholes*, *pesa-espíritus*, *pesa-éter*, se usa para comparar los líquidos de menor densidad que la del agua; está construído de modo que, metido en una solución de 10 por 100 de sal marina, el punto de enrase se halla en la parte inferior del vástago. Hácese la graduación marcando el cero en el punto de que hablamos; pasando en seguida el areómetro al agua pura á 12°,5, se divide el intervalo en diez partes iguales, que se marcan sobre el cero, hasta los 50° próximamente; escala suficiente para las necesidades del comercio. Un areómetro graduado de esta suerte marca 65° en el éter anhidro, 47°,5 en el alcohol puro, 22°,5 en el amoníaco á 0,92 de densidad.

Las expresiones vulgares: *alcohol á 36°*, *alcohol á 40°*, indican, pues, que el *pesa-licores* de Baumé, metido en un líquido alcohólico ó espirituoso, enrasa con las divisiones 36 ó 40 de areómetro graduado de tal suerte.

Constrúyense areómetros para conocer la riqueza alcohólica de los vinos, en cuyo caso se les da el nombre de *pesa-vinos* ó *enómetros*; otros para conocer si la leche tiene agua ó no, y se les llama *pesa-leche* ó *galactómetros*.

M. Bignet hace notar como sigue, en sus *Manipulaciones de física*, los inconvenientes del sistema de graduación de Baumé:

“Estos instrumentos están graduados según ciertas reglas puramente convencionales. Las cifras inscritas en su vástago no tienen relación alguna con la densidad de los líquidos en que se les introduce, y únicamente se la puede conocer haciendo un cálculo más ó menos complicado. Verdad es que, para uso de los laboratorios, hay tablas de la densidad correspondiente á cada uno de los grados marcados por éstas dos clases de areómetros.... Pero, aparte del inconveniente de no dar el peso específico de los líquidos ni la proporción relativa de los elementos que lo constituyen, el sistema de graduación de M. Baumé tiene los dos siguientes, que no carecen de importancia: 1.º la escala

de los areómetros para líquidos más densos que el agua no tiene el mismo punto de partida que los destinados á líquidos menos densos; el agua destilada enrasa con el punto 0° en el primer caso y con el 10° en el segundo; 2.° se marcan los grados valiéndose de un agua salada á 15 por 100 cuando se trata de líquidos más densos que el agua, y á 10 por 100 solamente si de líquidos menos densos. Este es un lamentable defecto de identidad.,

Con objeto de obviar estos inconvenientes se construyen ahora areómetros cuya graduación da directamente y á primera vista la densidad de los líquidos en que se los sumerge: unos sirven para los líquidos menos densos que el agua y otros para los que lo son más; pero en razón de su principio y de su uso han recibido el nombre común de *densímetros*.

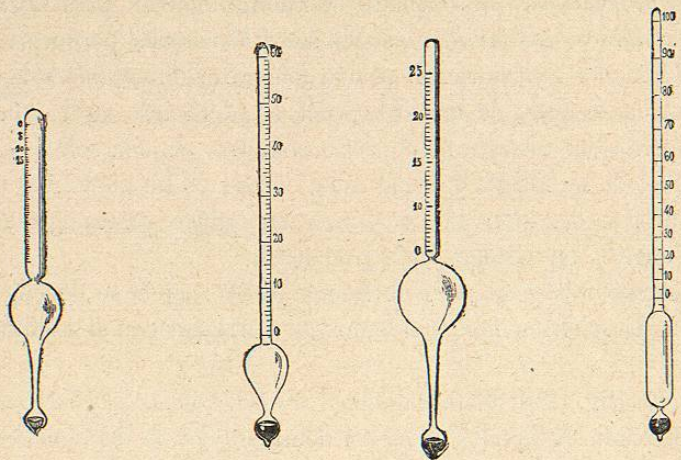


Fig. 175.—Pesa-sales ó pesa-ácidos ó areómetro de Baumé.

Fig. 176.—Pesa-licores y pesa-éter

Fig. 177.—Alcohómetro centesimal de Gay-Lussac

Para graduar los densímetros se los sumerge lastrados en agua destilada, siendo el lastre tal que el vástago de los instrumentos de la primera categoría enrasa con un punto inmediato al extremo superior, y el de los de la segunda con un punto de la parte más baja. En este punto de enrase se marca 100 y corresponde á la densidad 1. Luego se les introduce en un líquido de densidad conocida, 1,25 para los más densos y 0,80 para los menos densos que el agua. En los nuevos puntos de enrase se marca 80, cuyo número indica la graduación en volumen: divídese el intervalo en 20 partes iguales, siendo evidente que cada grado corresponde á densidades fáciles de calcular. Las cifras deducidas así por el cálculo se marcan además en las divisiones del instrumento, cuya escala indica á la vez los volúmenes y las densidades.

Los densímetros de graduación doble han sido adoptados por el Código de 1866, juzgándolos preferibles al areómetro de Baumé.

El alcohómetro centesimal de Gay-Lussac (fig. 177) tiene también una gran ventaja sobre el de Baumé; su graduación no indica tan sólo la fuerza comparativa en alcohol de las mezclas de alcohol puro y de agua, sino que marca instantáneamente la proporción en centésimas de los volúmenes del espíritu y del agua. Así pues, cuando el instrumento, introducido en una mezcla de dichos líquidos, marca 70°, es que ésta contiene en realidad 70 partes de alcohol puro y 30 de agua. Para graduar un alcohómetro centesimal, Gay-Lussac lo introducía sucesivamente en mezclas que contenían 0, 10, 20, 30.... 100 de alcohol puro, operación delicada y prolija, porque la mezcla de los dos

líquidos origina contracción de volumen y elevación de temperatura, de suerte que era preciso aguardar á que se hubiesen enfriado hasta una misma temperatura (la de 15° centígrados) para calcular la nueva proporción de los dos volúmenes. Por esto no guardan la misma distancia entre sí los grados de su escala, en lo cual difiere el alcohómetro centesimal de los densímetros que acabamos de describir.

Hase adoptado oficialmente en Francia dicho alcohómetro para medir la fortaleza de los aguardientes, de los espíritus y de todos los licores alcohólicos cuya introducción paga derechos. En Alemania se usa el de Tralles, que sólo difiere del de Gay-Lussac en la temperatura de la graduación (60° Fahrenheit ó 15° $\frac{5}{9}$ centígrados).

Conviene advertir que de los distintos aparatos cuya descripción acabamos de hacer, los unos tan sólo indican indirectamente la densidad de las mezclas líquidas en las que se les introduce, sin dar á conocer esta densidad (pero se han calculado tablas que la marcan por cada grado), al paso que los otros la demuestran con bastante aproximación. Pero estos últimos no indican nada acerca de la composición de la mezcla, que puede sufrir alteración á causa de la introducción de sustancias extrañas á su composición normal.

CAPÍTULO III

LA PRESNA HIDRÁULICA.—LOS POZOS ARTESIANOS

I

PRESNA HIDRÁULICA. — PRINCIPIO Y CONSTRUCCIÓN

Pascal había demostrado que toda presión ejercida en un punto cualquiera de la masa de un líquido se transmite con igual energía en todas direcciones, y de aquí dedujo la consecuencia de que, con un esfuerzo relativamente débil, se puede ejercer una presión considerable con tal que se tome un líquido, el agua por ejemplo, por intermediario de esta transmisión, y con tal que el émbolo sobre el cual se ejerce el esfuerzo, se apoye en una superficie del fluido mucho más pequeña proporcionalmente que la del émbolo que recibe la presión; en una palabra, había probado que la presión se transmite aumentando en razón de las superficies de los dos émbolos. La *presna hidráulica* quedaba con esto inventada teóricamente; pero las dificultades de ejecución no permitieron aplicarla prácticamente. Transcurrió largo tiempo sin que se supiera cómo evitar que el agua se escapara por las juntas de los émbolos, á causa de la fuerza misma con que el líquido, muy compresible como es sabido, era comprimido en el interior del aparato; filtraba por los más leves intersticios.

El ingeniero inglés Bramah halló en 1796 el medio de remediar este inconveniente, medio tan sencillo como eficaz.

La figura 178 representa un modelo de presna hidráulica, tal como se la emplea hoy en la industria para comprimir ciertas materias. Estas materias C están colocadas entre dos plataformas, la una fija en el extremo superior de una armazón sólida; la otra, movable entre las columnas de la misma armazón, es impelida en su marcha de abajo arriba por la cabeza de un émbolo P. Este último va metido en un cuerpo de bomba