

BIBLIOTECA
FAC. DE MED. U. A. R. J.

emplea en los laboratorios. Se pesa desde luego un frasco esmerilado lleno de agua destilada. Sea P este peso, *p* el del cuerpo en el aire; se introduce en seguida el sólido en el frasco, y con evidencia desaloja un volumen de agua igual al suyo; si en este estado se pesa de nuevo y llamamos P' á ese peso, ó lo que es lo mismo al del frasco con el agua y el sólido, tendremos que $P+p-P'$ será evidentemente el peso del volumen de agua desalojado, y por consiguiente la densidad del cuerpo igual

$$\frac{P}{P+p-P'}$$

Ejemplo:

Peso del frasco lleno de agua.	185,545
Peso de un pedazo de plata en el aire.	22,474
Total.	206,017

Peso del frasco, cuando contiene el agua y el cuerpo. 205,872
 Peso del agua desalojada = 206,017 - 205,872 = 2,145

Y densidad, en fin, de la plata = $\frac{22,474}{2,145} = 10,477$

Este método es aplicable á los cuerpos mas ligeros y mas pesados que el agua, y es sobre todo ventajosísimo para los cuerpos en polvo como la arena, el carbon, etc., pero en tales casos hay que colocar el frasco en la máquina neumática para facilitar el desprendimiento del aire interpuesto. En algunos casos tambien se hace hervir el líquido.

58 a. Hay cuerpos tan porosos que el sumergirlos en el agua absorven una gran cantidad, y entonces es necesari-

FACULTAD DE MEDICINA
BIBLIOTECA

rio servirse de métodos especiales. Puede pedirse ó la densidad *real* y *efectiva* ó la densidad aparente. Para la primera se opera del modo que acabamos de indicar, dejando mucho tiempo el cuerpo en contacto con el agua para que sea completa la imbibicion. Designando por P el peso del cuerpo en el aire, por P' el peso del volumen de agua desalojada, $\frac{P}{P'}$ es la densidad efectiva.

Pesando ahora el cuerpo despues de la total absorcion, tendremos un peso *p* que será el del agua que hubiera sido desalojada, si no hubiera habido absorcion, v. g. si el cuerpo hubiera estado barnizado; y por consiguiente la densidad aparente ó exterior de cuerpo deberá representarse por

$$\frac{p}{p'+p}$$

59. Si la sustancia fuera soluble en el agua, en vez de esta se emplearia otro líquido que no le disolviera y cuya densidad con respecto al agua fuese tambien conocida; sirviéndose, por ejemplo, del mercurio que pesa 15,589 veces mas que el agua, no habria mas que multiplicar la densidad obtenida por 15,586 para llegar á obtener la verdadera. Puede ocurrir, que el cuerpo se altere en el agua y en el mercurio, como le sucede al potasio; en cuyo caso se emplea, v. g. el aceite de nafta, y se multiplica el resultado por 0,8 densidad del último.

FACULTAD DE MEDICINA
BIBLIOTECA

Tabla de la densidad á 48° de un cierto número de cuerpos sólidos.

Platina laminada.	22,0690	Rodio.	4,9480
— pasada por la hilera.	21,0417	Espato pesado.	4,4500
— forjada.	20,5566	Gergon de Ceylan.	4,4164
— purificada.	19,5000	Espato fluor.	5,1914
Oro forjado.	19,5617	Turmalina (verde).	5,1555
— fundido.	19,2581	Mármol de Paros.	2,8576
Tungsteno.	19,6000	Esmeralda (verde).	2,7755
Mercurio á 0°.	15,5980	Cal carbonatada cristalizada.	2,7182
Plomo fundido.	11,5525	Cristal de roca, puro.	2,6550
Paladio.	11,5000	Azufre nativo.	2,0552
Rodio.	11,0000	Marfil.	1,9170
Plata fundida.	10,4745	Alabastro.	1,4780
Bismuto fundido.	9,8220	Antracita.	1,8000
Cobre en alambre.	8,8785	Alumbre.	1,7200
— rojo fundido.	8,7880	Ulla compacta.	1,5292
Molibdeno.	8,6110	Succino.	1,0780
Arsénico.	8,5080	Hielo.	0,9500
Niquel fundido.	8,2790	Madera de encina.	0,8520
Urano.	8,1000	— de olmo.	0,8000
Acero no batido.	7,8165	— de manzano.	0,7550
Cobalto fundido.	7,8119	— de naranjo.	0,7050
Hierro en barras.	7,7880	— de pino.	0,6570
Estaño fundido.	7,2914	— de ciprés.	0,5980
Hierro fundido.	7,2070	— de cedro.	0,5610
Zinc fundido.	6,8610	Alamo de España.	0,5290
Antimonio fundido.	6,7120	Corcho.	0,2400
Teluro.	6,4150		
Cromo.	5,9000		

De los areómetros.

40. Las nociones precedentes contienen todo lo mas importante para determinar los pesos especificos. No debemos, sin embargo, pasar en silencio los areómetros ó pesalicores, instrumentos que sirven para abreviar la operacion cuando se trata de líquidos, y que son por otra parte muy usados en el comercio para medir los de los aguardientes, ácidos, etc.

41. Los areómetros son ó de volumen constante ó de volumen variable. La construccion estriba en que si un cuerpo está sumergido y flotante en parte en un líquido el volumen del líquido desalojado es igual al del total del cuerpo. (Nº 46, tomo I.)

El areómetro de Farenheit es de volumen constante, y compuesto unas veces de hoja de lata y las mas de cobre muy delgado. Su forma es la que representa la Figura 12. C es un platillo donde se colocan los pesos, y DC un alambre de media linea de diámetro; DE un tubo de una á dos pulgadas de diámetro y M una bola llena generalmente de plomo, para que sea estable el equilibrio del aparato. En todos los esperimentos debe sumergirse hasta la señal ó marca *b*, y se le da en total un peso con el que no pueda hundirse hasta esa raya en el líquido mas lijero. Se colocan ciertos pesos sobre el platillo superior, que reunidos al del instrumento, representan el del volumen de líquido desalojado, y como ese volumen es constante en todos los esperimentos, se tienen todos los datos necesarios para estimar las densidades. Supongamos que el instrumento pesa *P* y que sea necesario añadir *p* para que penetre en el agua hasta *b*; si en otro líquido hay que añadir *p'* para que se detenga asimismo en *b*, es evidente que

las densidades de los dos líquidos estan en la relacion de $P+p$ á $P+p'$.

Ejemplo. Un areómetro que pesa 55s,252 necesita 18s, 254 de peso adicional para que la marca esté á flor de agua.

El mismo instrumento en otro líquido y para satisfacer á la misma condicion, necesita 25s,474.

La densidad del segundo con respecto al agua, es

$$\frac{60,426}{50,505} = 1,196.$$

Este instrumento es poco usado en el dia.

Para servirse de las fórmulas anteriores se deben referir todos estos resultados á la temperatura de 4°.

41 a. Nicholson, adaptando otro platillo á la parte inferior, ha generalizado y estendido los usos del instrumento de Farenheit, convirtiéndole en una especie de balanza hidrostática con la que pueden estimarse las densidades de los cuerpos sólidos. Para esto no hay mas que colocarle, primero, en el platillo superior, cuando la marca está á flor de agua; naturalmente, por poco que el cuerpo pese, se hunde el instrumento, se quitan entonces las pesas necesarias para que la señal vuelva al nivel del agua, y esas pesas representan exactamente el peso del cuerpo en el aire; colocásele despues en el platillo inferior, y si es mas ligero que el agua se le sujeta de un modo cualquiera; los pesos que hay que añadir para que la señal vuelva á flor de agua representan el peso del volumen de agua desalojada; dividido por este, el peso del cuerpo en el aire, se obtiene por cuociente la densidad del cuerpo sólido. La Fig. 45 representa el instrumento: puede servir en los viajes mineralógicos, pero no es bastante preciso para operaciones mas delicadas.

41 b. El areómetro de volumen variable y peso constan-

te, da las densidades inmediatamente, sin necesidad de hacer intervenir los pesos.

Su forma es con corta diferencia igual á la del areómetro de Farenheit, pero el alambre no es tan fino, pues suele tener de 2 á 5 líneas de diámetro; todo el instrumento (Fig. 44) es de vidrio. Si sumergido en el agua, se detiene en el punto D y sumergido en otro líquido de doble densidad queda en el punto B su nivel, es evidente que el volumen del vástago BD es la mitad del volumen DBC, y dividiendo ese trozo en diez partes iguales, cada una de ellas será la décima del volumen BC; mas como el peso de todo el areómetro es constante, el volumen desalojado en cada líquido tendrá el mismo peso, y las densidades de los líquidos estarán en razon inversa de los volúmenes sumergidos. Si el volumen en el agua es 20, las densidades correspondientes á las divisiones 10, 11, 12, 13, 14, etc., serán

$$\frac{20}{10}, \frac{20}{11}, \frac{20}{12}, \frac{20}{13}, \frac{20}{14}, \text{etc.}$$

y graduado de este modo el areómetro, dará inmediatamente las densidades de un líquido mas pesado que el agua.

Si por el mismo método se quiere saber la de un líquido mas ligero, se dispone el aparato de modo que en el agua destilada esté fuera del nivel la casi totalidad del vástago, como representa la Fig. 45. A es el punto del agua destilada, B en el que se detiene el areómetro sumergido en un líquido cuya densidad es la mitad de la del agua.

El vástago AB, cuyo volumen es igual al de la parte AC, está dividido en partes iguales; al lado se hallan escritas las densidades correspondientes á cada líquido, comenzando desde A, y son sucesivamente como los números.

$$\frac{40}{41}, \frac{40}{41}, \frac{40}{42}, \frac{40}{20} \dots$$

42. En esta graduacion son iguales los grados trazados sobre la escala, aunque corresponden á densidades que crecen ó menguan una cantidad desigual. Hemos tomado, para mayor sencillez, las densidades en razon dupla, aunque la graduacion se haria siempre de la misma manera cualquiera que fuese esa relacion.

Pero como este método supone que el diámetro del tubo es uniforme en toda su longitud, vamos á describir otro aparato absolutamente independiente de esa condicion.

Si el areómetro se detuviera, en el agua destilada, en el punto A, y quisieran escribirse las densidades sobre el vástago, el problema seria sencillísimo, teniendo á mano líquidos de diferentes densidades; pues no habrá mas que ir sumergiendo el instrumento en todos ellos y anotar la altura correspondiente á cada uno. Una marcha semejante en las operaciones exige un gran número de líquidos; afortunadamente sin ellos puede seguirse otro camino. Con un poco de agua pura, unas cuantas pesas y una balanza, se gradua perfectamente un areómetro. En efecto suméjase el instrumento en un líquido mas denso que el agua, hasta que llegue v. g. al punto B; saquésele de esa vasija para introducirle en el agua, y quitense entonces los pesos necesarios hasta que su nivel rase con la misma marca B. Llamemos ahora p al peso primitivo del instrumento cuando se detiene en B en el líquido cuya densidad es d ; x al peso que es necesario quitar al areómetro, al tiempo de meterle en el agua, para que permanezca tambien en B y como, en ambos casos, es idéntico el volumen desalojado, las densidades de los líquidos serán entre sí como los pesos del instrumento en los dos casos, y tendremos

$$p-x:p::d:d, \text{ de donde } x=p-\frac{p}{d}.$$

Dando un valor á d , se hallará para x otro que representará el peso que es necesario quitar al areómetro, para que este instrumento, si estuviera sumergido en el agua pura, se detuviera en el mismo punto, que con todo su peso marcaba en el líquido de densidad d ; dando á d diferentes valores desde 2 hasta 1, se tienen todos los puntos del vástago correspondientes á esas densidades, y el instrumento queda enteramente graduado. Despues de esto, será necesario volverle su peso primitivo y cerrarle á la lámpara, y en ese caso ya está corriente para indicar todas las densidades desde 1 hasta 2.

Puede servir tambien para señalar las densidades de los líquidos mas pesados que el agua, siguiendo exactamente, para la graduacion, la misma marcha que si los líquidos fueran mas ligeros. Sea CD (Fig. 47) el vástago que se detiene en D en el agua pura; introducido en seguida en un líquido menos denso se detendrá en el punto C, pero aumentando convenientemente el peso del instrumento se le podrá hundir hasta C en el agua destilada. Si x es el peso adicional, y p el primitivo del instrumento, tendremos la proporcion

$$d:1::p:p+x, \text{ de donde } d=\frac{p}{p+x}.$$

Dando á d sucesivamente los valores 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5, se tendrán los pesos que habrá que añadir al peso, p del instrumento; y sumergiéndole en seguida en el agua se anotarán sobre el vástago las densidades 0,9; 0,8...; 0,5, acabando el resto como anteriormente hemos dicho.

42 a. Los areómetros mas conocidos en el comercio son los que llevan el nombre de su inventor, Beaumé; indican

que un líquido es mas pesado ó ligero que otro, pero no marcan la densidad; los números trazados en su escala no guardan proporcion entre sí. Para los líquidos mas pesados que el agua, se sumerge el instrumento primero en agua pura, y despues en una mezcla de 85 partes de ese líquido y 15 de sal, y se divide en 15 partes el espacio, colocándolo el cero en el punto correspondiente al agua, y en seguida ya no hay mas que prolongar la escala con un compás hasta donde se quiera. El grado 54 corresponde al ácido nítrico y 66 al ácido sulfúrico. Para los líquidos mas ligeros que el agua se opera del mismo modo, con la sola diferencia de que en la disolucion se echan 10 partes de sal, y que el cero se marca en el punto en que se detiene cuando está sumergido en esa disolucion. Se divide el intervalo en 10 partes iguales prolongando la division encima del décimo grado que corresponde al agua. El alcohol del comercio señala 55°. Cuando está puro 44° á 45°, 70° el éter sulfúrico, etc.

Hé aquí el modo de graduarlo para que inmediatamente indique las densidades.

Supongamos que el instrumento (Fig. 18) se hunde hasta A en el agua pura y que penetra hasta B en otro líquido de menor densidad; supongamos ademas que el espacio AB comprende un número de divisiones m que se quieren determinar, y que cada una de ellas ha de corresponder, por ejemplo, á $\frac{1}{100}$ de variacion de densidad, y que V sea el volumen CA y V' el volumen CB; estos dos volúmenes que tienen el mismo peso (el del instrumento) estan en razon inversa de las densidades de los líquidos.

Si 1 representa la densidad del agua, tendremos

$$V:V'::1-\frac{m}{100}:1, \text{ de donde } V'=\frac{100V}{100-m};$$

y de ahí $V'-V=AB=\frac{mV}{100-m}$.

Si ahora hacemos sucesivamente $m=1, =2, =3, \text{ etc.}$,

tendremos $\frac{1V}{99}; \frac{2V}{98}; \frac{3V}{97}$ para los trozos del vástago que

corresponden á las densidades $1-\frac{1}{100}; 1-\frac{2}{100}, \text{ etc.}$; de

manera que ya no hay mas que trazar sobre el vástago, á

partir de A, las divisiones que corresponden á los volúmenes $\frac{1V}{99}; \frac{2V}{98}; \frac{3V}{97}, \text{ etc.}$

Para eso se construye un triángulo equilátero (Fig. 49) sobre una línea mn previamente dividida, á partir de A, en partes proporcionales á

$$\frac{1}{99}; \frac{2}{98}; \frac{3}{97}; \text{ haciendo } pK=AB.$$

KF, paralela á mn é igual á pK y AB, debe estar dividida en partes proporcionales á mn , de manera que colocando el vástago ó varilla del areómetro sobre la línea KF, de modo que los puntos A y K coincidan; quedará convenientemente dividida. Y del mismo modo se procederá para otro areómetro cualquiera.

Arreglado el instrumento del modo que acabamos de explicar, sirve para tomar las densidades de los líquidos mas ligeros que el agua, y servirá tambien para los mas pesados, con solo prolongar la division del vástago, encima de A, de manera que las partes, á partir de ese punto, sean

$$\frac{V}{101}; \frac{V}{102}; \frac{V}{103}; \text{ etc.}$$

Sea en efecto V'' el volumen del areómetro sumergido

en un líquido de una densidad $1+\frac{m}{100}$, y tendremos

$V:V'':4=\frac{m}{100}:1$, de donde $V-V''=\frac{Vm}{100+m}$ haciendo ahora $m=1, =2, =5$, podrá establecerse la progresion

$$\frac{V}{101}; \frac{2V}{102}; \frac{5V}{105} \dots$$

En cuya graduacion las partes del vástago, siendo desiguales, corresponderán á diferencias iguales de densidad.

Como por los métodos indicados anteriormente se obtienen areómetros mucho mas perfectos para medir las densidades, se han consagrado esclusivamente los últimos á los usos del comercio.

Del *maximum* de densidad del agua.

- 45. En general la densidad de un cuerpo es tanto mayor, cuanto menor es su temperatura. El agua, sin embargo, saliéndose de la ley, llega á su *maximum* de densidad á $+4^{\circ}$ centígrados, y pasado este punto la densidad es tanto mas debil quanto mas baja es la temperatura. Hay varios modos de demostrar esta proposicion.

Hope, fisico inglés, coloca dos termómetros en un cilindro, cerca de su abertura el uno y el otro en la parte inferior; llena en seguida todo el cilindro de agua á 0° , y le traslada en seguida á una habitacion á 15° ; ha observado que pasados $5^{\circ},55$ en un esperimento y $5^{\circ},88$ en otro, el primer termómetro marcaba mayor temperatura que el segundo; y que cuando las temperaturas eran superiores sucedia lo contrario, de donde infirió que el *maximum* de temperatura estaba entre $5^{\circ},55$ y $5^{\circ},88$. Esta gran discordancia no prueba mas que defecto en la observacion ó en los termómetros.

Tralés, sabio suizo, coloca el mismo punto en $4^{\circ},55$. Los

señores Gilpins y Blagden, pesando el agua á diferentes temperaturas, han fijado en $5^{\circ},88$ la de su máxima densidad.

Lefevre-Guineau, midiendo las pérdidas que experimenta un cubo metálico sumergido sucesivamente en el agua á diversas temperaturas, han hallado que la pérdida mayor se verifica á $4^{\circ},44$.

M. Hallestrom se vale, para medir las pérdidas que experimenta el agua á diversas temperaturas, de una bola de vidrio hueca y llena de arena, cuyo peso no es mucho mayor que el del agua, y ha preferido este método á los de Tralés y de Hope, porque estos le daban resultados muy discordes entre sí.

Los valores extremos que ha obtenido, son $4^{\circ},85$ y $5^{\circ},4$; pero el conjunto de los esperimentos hechos por él y por diferentes físicos, le ha conducido á admitir $4^{\circ},4 \pm 0,27$, es decir de $4^{\circ},57$ á $5^{\circ},85$.

Yo tambien me he ocupado en este asunto desde principios de 1852, sirviéndome principalmente de dos métodos. Consiste el primero, en observar las contracciones que experimenta el termómetro de agua, midiendo las temperaturas correspondientes con un instrumento análogo de mercurio desde 8 hasta 0; con las contracciones observadas trazo una curva del modo siguiente; divido en partes iguales la horizontal AB (Fig. 20), y estas partes representan los grados del termómetro de mercurio; y de cada una de las temperaturas que me da el esperimento levanto una perpendicular proporcional á la contraccion del líquido.

Al principio, descende la columna, pero al poco rato vuelve á subir, y el *maximum* aparente se presenta cuando el agua se contrae menos que el vidrio. Para determinar el máximo absoluto se toma una altura AD, que represente la dilatacion del vidrio correspondiente á un número dado de grado, v. g. 45.

Y entonces, la línea DE puede considerarse como si representase la dilatación del vidrio en el intervalo de 45° , y esa línea es recta, porque en dicho intervalo la dilatación del vidrio es uniforme. Tirando ahora á la curva una tangente paralela á la línea DE, el punto de contacto corresponderá á la máxima temperatura, y sus distancias á la curva á derecha é izquierda serán las dilataciones absolutas del agua. He empleado 4 tubos diferentes en estos experimentos.

1ª Serie, $5^{\circ},99$; 2ª, $4^{\circ},92$; 3ª, $4^{\circ},01$; 4ª, $5^{\circ},96$, término medio $4^{\circ},00$.

En el segundo método, me he servido de un vaso cilíndrico de tierra que contenía 6 kilog., y por cuyas paredes atravesaban cuatro termómetros colocados horizontalmente de modo que los puntos medios de sus respectivos depósitos se hallaban en el eje del vaso (Fig. 21). Llenaba después el vaso de agua ó á cero ó á 40° , esponiéndole después á la acción de una atmósfera caliente ó fría, observando los termómetros de minuto en minuto; y trazaba después la curva correspondiente á cada termómetro del modo que á continuación vamos á indicar. Divídese una línea horizontal AB en partes iguales, y cada una de ellas representa un minuto; por todos estos puntos, levanto perpendiculares proporcionales á las temperaturas, y por sus puntos extremos hago pasar una curva. Creí que estas curvas se cortarían en un solo punto, y que la distancia de este á la horizontal AB representaría la máxima temperatura. Sin embargo no ha sucedido así, sino que se han cortado en una porción de puntos, cambiando varias veces de dirección, cuyos cambios é intersecciones son más frecuentes cerca del máximo. Este, enfín, se obtiene tomando el término medio de todas las temperaturas correspondientes á dichos cambios é intersecciones.

Hay varias correcciones que hacer; es relativa la primera á la posición horizontal de los termómetros, en la

cual señalan una posición demasiado elevada, y se refiere la segunda á la acción que el aire ejerce sobre la parte de la columna de termómetro que no está en contacto con el agua. El valor de cada una de ellas se determina por medio de experimentos.

Dos experimentos, en que el agua estaba á cero y el aire á $+17,52$ han dado $5,966$.

Y se ha obtenido $4^{\circ},052$ de otros dos experimentos, en los que el agua estaba á 8° y el aire á $-5^{\circ},45$.

La diferencia está justamente en el sentido que corresponde, pues en el primer caso, el termómetro está un poco más frío que el agua, y un poco más caliente en el segundo.

El término medio sería $5^{\circ},999$; pero no es el término medio lo que debemos tomar; nos parece más exacto dividir la diferencia, $0^{\circ},066$, proporcionalmente á las velocidades de cada experimento, que estaban en razón de 5 á 3, es decir que en el primer experimento, la velocidad era $0^{\circ},05$ por minuto, y $0^{\circ},05$ en el segundo, y de este modo se obtiene $4^{\circ},007$ para la máxima temperatura. El término medio entre este número y el número 4° obtenido mediante los tubos, es $4^{\circ},005$; nuestra unidad de peso ó la grama es el peso de un centímetro cúbico tomado á la temperatura del máximo de densidad; mas como no es muy exacto que la pesada haya sido ejecutada á la verdadera temperatura del máximo, es muy posible que la grama sea falsa.

Conociendo ya la máxima densidad del agua, se puede explicar la razón de porque el fondo de todos los lagos, formados por las aguas que provienen de la fusión de las nieves, está constantemente á la temperatura de 4° , pues que á esta temperatura como el agua es muy pesada cae naturalmente al fondo. Y del mismo modo se da cuenta de la formación de las cavidades cilíndricas que hay en

los témpanos de hielo, y que el conde de Rumford ha observado por primera vez. (Véase la temperatura de los mares.)

44. El agua que contiene en disolucion algunas materias estrañas, como por ejemplo una sal, tiene distinto máximun de densidad; pues que como el agua se hiela á una temperatura inferior á cero, ese máximun debe estar tambien mas bajo que 4°.

Y si son exactos mis esperimentos, baja mucho mas en temperatura que la temperatura de la congelacion.

Para 0,0125 de cloruro de sodio, la congelacion es á $-0,74$ y el máximun á $+0,919$.

Para 0,0246, *idem*, congelacion á $-1,41$, máximun $-1,69$.

Para 0,0570, *idem*, congelacion á $-2,12$; máximun $-4,75$.

Para 0,0744, *idem*, congelacion á $-4,26$; máximun hácia -16 .

De manera que para 7 centésimas, el máximun está 45 grados mas bajo que la congelacion. (Mas adelante daremos una tabla completa de la dilatacion del agua.)

45. Naturalmente debemos ocuparnos aquí en las capacidades de las vasijas. La irregularidad de sus formas no permite que empleemos los medios geométricos. Pueden determinarse de dos modos; pesándolas sucesivamente vacías y llenas de agua, ó llenas de aire y despues de agua. Corregida la temperatura, en el primer caso, el número de gramas que pese llena de agua, será igual al número de centímetros cúbicos que puede contener. En el segundo es indispensable añadir el peso del aire al de la vasija. Daremos los detalles concernientes á este último easo.

Ejemplo. Durante el esperimento la temperatura fué de $20,4$.

Peso del globo lleno de aire.	5425,417
----- lleno de agua.	6109,559
Diferencia.	5567,442
Peso del aire contenido.	6,650
Agua contenida en el globo.	5575,792

Si por medio del cálculo quisiera apreciarse el peso del aire contenido en el globo, seria necesario conocer la densidad de este fluido con respecto á la del agua. Sea p el peso del globo lleno de aire; P' el peso del globo lleno de agua. $P'-p$ seria el peso de la cantidad de agua que contiene á la temperatura del esperimento, menos el del volumen de aire desalojado por el agua. Si P es el verdadero peso del agua contenida en el globo, a la relacion entre la densidad del aire y la del agua, tendremos:

$$P - Pa = P' - p, \text{ de donde } P = \frac{P' - p}{1 - a}.$$

Cuyo peso seria precisamente el que encontraríamos si hubieramos pesado el globo vacío. Hemos hecho únicamente esta advertencia con el objeto de poner al lector en estado de apreciar la influencia del aire, pero como el peso de este fluido no es mas que $\frac{1}{781}$ del del agua, se desprecia generalmente esa correccion.

Si la temperatura del esperimento hubiera sido la misma que la del máximun de densidad del agua, el número de gramas hallado, representaria otro número igual de centímetros cúbicos, y la capacidad del globo seria 5 lit. 574; mas como el agua se ha dilatado en virtud de la temperatura, dicho número de gramas corresponderá á una capacidad mayor que 5 lit. 574. Mas como, segun lo dicho al hablar de las dilataciones, hay que multiplicar el número de gramas 5575,292 por $1 + E(20,4 - 4)$, siendo E el coeficiente de la dilatacion absoluta del agua, referida á

la temperatura de 4° , y que es igual á 0,00029 próxima-mente; hechas las operaciones indicadas, la capacidad anterior se convierte en 5 lit. 617 á 20° .4.

Si ahora se desea saber la capacidad á 4° es necesario tomar en cuenta la dilatacion del vaso. Sabemos que se ha dilatado en razon de

$$1 + V.4^{\circ} \text{ á } 1 + V.20,4.$$

Siendo V el coeficiente de la dilatacion del vidrio é igual á 58700; para corregir el efecto de la dilatacion es necesario multiplicarle por esa relacion, lo que produce 5 lit. 598.

Pérdida de peso que experimenta un cuerpo rodeado de aire.

46. Llamemos P al peso en gramas, de un cuerpo en el vacío; d á la densidad; $\frac{P}{d}$, de consiguiente, será el volumen ó número de centímetros cúbicos; sea m el peso de un centímetro cúbico de aire, y $\frac{Pm}{d}$ será el peso del aire desalojado, ó la pérdida; $\frac{m}{d}$ representará la densidad del aire referida á la del cuerpo.

Si se ha encontrado v. g. el número P' para el peso del cuerpo, tendremos $P - \frac{P}{d}m = P'$, de donde se sacará el peso P en el vacío.

m , tomado á cero y á $0^{\text{m}},76$ de presion, es igual á 0,001299; á una presion H y temperatura t , se convierte en

$$\frac{0,001299}{(1+at)} \frac{H}{0^{\text{m}},76}$$

Si ademas de esto quisiera tomarse en cuenta el efecto que produce el vapor con su presencia, la fórmula seria

$$\frac{0,001299(H-f)}{(1+at)0,76} + \frac{0,001299f}{(1+at)0,76} \times \frac{5}{8}, \text{ ó } \frac{0,001299(H-\frac{5}{8}f)}{(1+at)0,76}$$

siendo f la elasticidad del vapor que puede estimarse mediante el grado del higrómetro y las tablas higrométricas que hemos dado en su correspondiente lugar. (Par. 21 de este tomo.)

Es necesario tambien corregir el peso.

Supongamos una kilógrama de platina en el vacío.

En el aire á cero y $0^{\text{m}},76$ pesaria $4000^{\text{g}} - \frac{4000^{\text{g}}}{21 \times 770}$, siendo 21 la densidad de la platina.

Una kilógrama de cobre rojo pesaria $4000^{\text{g}} - \frac{4000^{\text{g}}}{8,88 \times 770}$.

de donde se deduce que una kilógrama de cobre rojo pesa en el aire $0,085$ menos que una kilógrama de platina.

Suponemos en todo esto que el aire está seco y la presion de la atmósfera es igual á $0,76$. Por lo demas, cualesquiera que sean la temperatura y presion, pueden referirse á ellas los resultados por el método que acabamos de indicar.

47. Al hablar de las densidades, suponiamos en todos nuestros raciocinios que el aire estaba completamente privado de humedad; sin embargo hay medios de saber cuales son las densidades de los gases secos, aunque no pueda disponerse mas que de los húmedos.

Para no complicar mucho el problema se los supone completamente saturados de vapor de agua; debemos acordarnos de que la densidad de este vapor es, á temperatura y presion iguales, los $\frac{1}{16}$ de la del aire, y ademas que un espacio, vacío ó lleno de un gas cualquiera, ad-

mite, á una temperatura dada, la misma cantidad de vapor¹.

De lo dicho resulta que conociendo el peso de un volumen dado de gas húmedo, puede determinarse el de otro volumen igual del mismo gas completamente seco, á la presión 0^m,76 y temperatura del hielo al derretirse. Y es casi indiferente, para determinar las densidades de esos gases, pesarlos cuando están húmedos que cuando están secos; sin embargo es costumbre desecarlos previamente para evitar los cálculos.

¹ Sea P el peso de un volumen de aire húmedo á la presión H y temperatura t ; se trata de saber el peso del mismo volumen de gas seco á la presión 0^m,76, y á la temperatura del hielo al derretirse. Sea P' este peso incógnito, f la fuerza elástica del vapor que contiene el gas húmedo, el peso de este volumen será $\frac{P' \times (H-f)}{0,76}$ á la presión $H-f$. A la temperatura t , se convierte en $\frac{P' \times (H-f)}{(1+a)t} 0,76$.

A este peso, es necesario añadir el del vapor que contiene el gas húmedo; este vapor llena todo el volumen de aire, y tiene una fuerza elástica f , $\frac{5}{8}$ de densidad y una temperatura t , el peso, por consiguiente,

será $\frac{5 \times P' \times \frac{3}{8}}{8(1+at)0,76}$. Añadiendo esta cantidad al peso del aire seco, se

tendrá $\frac{P'(H-\frac{3}{8}f)}{(1+at)0,76}$. Igualando P con esta expresión, tendremos una ecuación de la cual podrá sacarse el valor de P'.



DE LA ATMOSFERA.

48. El aire atmosférico se compone de 21 partes de oxígeno y 79 de azoe. Siempre contiene una cierta cantidad de vapor de agua, cuya presencia y cantidad aprendimos á conocer en la higrometría, y además encierra una corta porción de ácido carbónico procedente de la respiración de los animales y de otras causas, sin contar ciertos principios odorantes exhalados por las plantas, cuyos pormenores nos reservamos para el artículo de la meteorología.

El aire, bajo un cierto espesor, es azul y comunica este color á toda la bóveda celeste, cuya tinta es tanto mas oscura cuanto mas nos elevamos en la atmósfera.

Hemos hablado ya de las propiedades de los gases y de la presión de la atmósfera en los números 47, 50 y 58 del tomo I.

Del decremento de la densidad de la atmósfera.

49. Si las alturas de la atmósfera crecen en progresión aritmética, las densidades correspondientes del aire decrecen en progresión geométrica. Supongamos, en efecto, que AH (Fig. 22) representa toda la altura de la atmósfera, es decir que esa línea esté tirada desde el suelo de la tierra hasta los confines de la atmósfera, y supongamos