mite, á una temperatura dada, la misma cantidad de vapor [1].

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 presion $0^{m},76$ y temperatura del hielo al derretirse. Y es casi indiferente, para determinar las densidades de esos gases, pesarlos cuando están húmedos que cuando estan secos; sin embargo es costumbre desecarlos previamente para evitar los cálculos.

[1] Sea P el peso de un volumen de aire húmedo á la presion H y temperatura t; se trata de saber el peso del mismo volumen de gas seco á la presion 0m,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 presion $H-f$. A la temperatura t, se convierte en $\frac{P' \times (H-f)}{(1+at)0,76}$.

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 espresion, tendremos una ecuacion 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 higrometria, y ademas encierra una corta porcion de ácido carbónico procedente de la respiracion de los animales y de otras causas, sin contar ciertos principios odorantes exhalados por los plantas, cuyos pormenores nos reservamos para el artículo de la meteorologia.

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 presion 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 progresion aritmética, las densidades correspondientes del aire decrecen en progresion geométrica.* Supongamos, en efecto, que AH (Fig. 22) representa toda la altura de la atmósfera, es decir que esa linea esté tirada desde el suelo de la tierra hasta los confines de la atmósfera, y supongamos

tiradas perpendicularmente á esa línea y á iguales distancias unas de otras, varias horizontales que representan las capas de la atmósfera. Sea p el peso de toda la columna de la atmósfera que obra en la superficie de la tierra. p' el peso de toda la columna de aire que obra sobre la primera capa ; p'' sobre la segunda y así sucesivamente. D la densidad de la primera, D′ la de la segunda, D″ la de la tercera, etc. $p-p'$ será el peso de la primera capa inferior, $p'-p''$ el de la segunda, $p''-p'''$ el de la tercera y así sucesivamente, mas como los pesos de dos volúmenes iguales de un mismo gas, son proporcionales á sus densidades, será evidente la proporcion $p-p' : p'-p'' :: D : D'$, pero como tambien $D : D' :: p : p'$, resultará, á causa de la razon comun de estas proporciones, que $p-p' : p'-p'' :: p' : p''$, de donde $pp''-p'p''=p'^2-p'p''$ ó bien $pp''=p'^2$ de cuya igualdad se infiere $p : p' :: p' : p''$. Del mismo modo se hallaria $p' : p'' :: p'' : p'''$ y otro tanto para todas las siguientes, y de ahí sale $\frac{p}{p'}=\frac{p'}{p''}=\frac{p''}{p'''}$, etc., lo que puede escribirse del modo siguiente $\div\!\div p : p' : p'' : p''' \ldots$ etc., que es evidentemente una progresion geométrica descendente; y siendo las densidades proporcionales á las presiones, queda demostrada nuestra proposicion, es decir, que las diferentes capas de aire están en progresion descendente. Preciso es confesar que nunca es exacta esta ley en la naturaleza, porque la temperatura mengua en general á medida que aumenta la altura contando desde la superficie.

Antiguamente encontraban los físicos sus dificultades para concebir que la atmósfera era finita; advirtiendo, sin embargo, que el aire pesa y es elástico, no hay dificultad para comprender que debe rematarse en el punto en que el peso de la última capa y la elasticidad de las que están debajo se equilibren.

Del barómetro.

50. El barómetro es invencion de Torricelli. Meditando este sabio discípulo de Galileo sobre la causa de la ascension del agua en las bombas, tuvo la feliz idea de comparar la altura del mercurio en un tubo á la del agua en aquellas máquinas, y observó que la razon entre ambas elevaciones era la inversa de la de las densidades de los líquidos, el agua y el mercurio, es decir, que la primera que pesa 13,586 veces menos que el segundo, sube á una altura 13,586 veces mayor que el mercurio. Torricelli concluyó asimismo que la presion de la atmósfera es la que produce la ascension en ambos casos.

Data este importante descubrimiento de 1643. En 1646 fué repetido el esperimento por Mersenne y Pascal, y este último, en el año siguiente, le dió un caracter mas decisivo ejecutándole á diferentes alturas sobre la tierra, pues observó que á medida que él y su instrumento subian, bajaba lentamente la columna del mercurio. La esplicacion de Torricelli quedó sancionada, y unánimemente fué desechada la idea del *horror de la naturaleza al vacío* con que anteriormente se esplicaba la ascension de los líquidos.

Es indispensable el instrumento que nos ocupa para una infinidad de operaciones, como por ejemplo la manipulacion de los gases en general.

M. Pouillet, hablando de la presion atmosférica, dice [1].

« Supongamos un tubo abierto por ambos estremos, y sumergido en una vasija con agua (Fig. 25); el nivel es el mismo para uno y otro, pues que la atmósfera oprime con igual fuerza en la superficie interior cd del tubo, y en la esterior de la vasija *ab*. Pero si por la parte superior se aspira una parte del aire, sube el líquido como de su propia virtud, y tanto mas cuanto mas vigorosa es la succion. Cesa de subir cuando cesa la aspiracion, y la columna líquida permanece en suspension en el interior del tubo. Este esperimento, que no es mas que el juego de un niño, va sin embargo á proporcionarnos el medio de medir la presion atmosférica, como si pudieramos colocar la atmósfera en el platillo de una balanza. Cuando se aspira el aire, se disminuye la presion interior sin que por eso se altere la esterior en lo mas mínimo; mas como esta es entonces la mas poderosa, obliga á subir al líquido hasta que se establece el equilibrio, es decir, hasta que se uniforme la presion sobre toda la capa de nivel, tanto en la interior *cd*, cuanto en la esterior *ab*. En el momento en que son iguales esas presiones, cesa el líquido de subir; debe tenerse presente que la que obra en *cd* se compone de dos partes; primero de la presion debida al peso de la columna que ha subido, y de la presion debida á la elasticidad del aire que se halla sobre dicha columna. Disminuyendo asi sucesivamente la elasticidad del aire, va ganando altura el agua en el tubo, hasta que llegue á un punto en que, en virtud de su peso, oprima en *cd* otro tanto como la atmósfera en *ab*; de manera que será preciso que el peso de esa columnita, que está en el tubo, sea igual al de otra columna de aire de la misma base y de toda la altura de la atmósfera. He aquí el medio de pesar una columna atmosférica, cualesquiera que sean los límites de la atmósfera, reduciéndose toda la operacion á procurarse un tubo bastante largo, y á espulsar el aire que contiene interiormente. Hizo Pascal el esperimento en Ruan en 1646; tenia su tubo 46 pies de longitud, y para ahorrarse el trabajo de sacar el aire poco á poco, cosa que hubiera rayado en lo imposible en la época á que nos referimos, cerró uno de sus estremos, llenóle despues de vino y tapó la boca abierta con un tapon. Mediante algunas cuerdas y varias poleas, suspendió su tubo verticalmente, sumergiéndole por la parte del corcho en una vasija con agua. Destapóle enfin, y la columna descendió hasta que su altura con corta diferencia llegó á 32 pies, y como en los 14 restantes no habia siquiera una burbuja de aire, concluyó, y con razon, que una columna de agua ó de vino de 32 pies equilibra á una columna atmosférica de la misma base. Asi que todos los puntos de la superficie de la tierra tienen la misma presion que esperimentarian si estuvieran cubiertos de una capa de agua de 32 pies de altura, y nosotros que habitamos en el fondo de ese océano estamos comprimidos por todas partes, como si nos hallaramos en el fondo de un lago con 32 pies de agua sobre nuestras cabezas.

« Debemos á los fontaneros de Florencia el primer germen de este descubrimiento: habiendo tenido ocasion de construir una bomba de mas de 32 pies de altura, notaron con gran sorpresa que el agua no queria subir hasta la parte superior. En esta época se esplicaba la ascension de los líquidos, diciendo que la naturaleza tenia horror al vacío. Las esplicaciones por *causas ocultas* no eran de las del género que podian contentar á Galileo, y asi desde que tuvo noticia del hecho observado por los fontaneros, sospechó que la pesantez del aire era la causa verdadera. Toricelli, su discípulo, dió una prueba mas decisiva; hé aquí con corta diferencia sus raciocinios: « para que dos líquidos ejerzan presiones iguales, es necesario que sus alturas estén en razon inversa de sus densidades; un líquido que pesara una vez mas que el agua equilibraria á la atmósfera con una columna de 16 pies, y el mercurio, que pesa 14 veces mas con corta diferencia, necesitaria, para conseguir el mismo equilibrio, la décima cuarta parte de 32 pies ó próximamente 28 pulgadas. Esta proposicion se demuestra fácilmente. Tómese un tubo de vidrio cerrado por un estremo y de unas 30 pulgadas de longitud; llenándole de mercurio, volviéndole boca abajo, despues de haberle tapado con un corcho y sumergiéndole en una vasija llena tambien de mercurio, se le destapa, y entonces toma con corta diferencia la altura que hemos indicado, es decir 28 pulgadas. Este aparato es el *barómetro*; la columna de agua de Pascal no era mas que un verdadero barómetro de agua. El vacío que está encima de la columna barométrica se llama el vacío barométrico ó el vacío de Torricelli.

Ahora ya con estos datos podemos obtener grande exactitud en nuestros resultados. La altura del barómetro es la distancia de la parte superior *s* (Fig. 24) al nivel *ab*; no es la misma en todas partes; pero á la orilla del mar es ordinariamente de 76 centímetros. De manera que si la base tiene un centímetro la columna tendra 76 centím. cúb., y su peso, que es igual al volumen multiplicado por la densidad, es por consiguiente $76 \times 13,59$ ó 1k,033, porque la densidad del mercurio es igual 13,59. La columna de aire que, descansando en la superficie del mar, tiene por base 1 centímetro, pesa 1k,033; puede aun llevarse mas lejos el cálculo, y hallar el peso de la masa entera de aire que compone la atmósfera, porque tantos centímetros cuadrados como haya en la superficie de la tierra, tantas veces habrá 1k,033 en el peso total del aire. Y siendo 6366745 metros el radio tendrá 100 mil miriámetros de superficie; y hechos los cálculos competentes, resulta que el peso total del aire es de cien mil millones de millones de *tonnes*, cada uno de mil kilógramas, cuyo peso representa el del aire, el de los vapores, y de todas las exhalaciones que componen la atmósfera (Pouillet).

Se conoce dos especies de barómetros; el barómetro de cuveta, y el barómetro de sifon.

Del barómetro de cuveta.

51. Consiste este instrumento en un tubo de vidrio de algunas lineas de ancho, unos tres pies de largo, cerrado por un estremo y sumergido por el que está abierto en una vasija de mercurio, cuyo metal sube en el tubo hasta cierta altura en virtud del peso de la atmósfera. Para construirle, se empieza por secar el tubo completamente; se vierte en seguida una cierta cantidad de mercurio hervido, y se le hace hervir de nuevo para espurgar el aire que pudiera estar adherido á las paredes del tubo y al mismo tiempo el que el metal pudiera contener; añádese nueva porcion, y se repite la misma operacion hasta que el tubo quede totalmente lleno de mercurio y sin aire, para lo cual son necesarias de seis á ocho porciones. En seguida, se vuelve el tubo boca abajo introduciéndole en una vasija llena de mercurio y se destapa, de lo que resulta que la columna interior desciende hasta una cierta altura, en la que se fija dejando un vacío en la parte superior, abstraccion hecha de la elasticidad del vapor de mercurio que pudiera formarse. La operacion precedente es laboriosa, exige grandes precauciones y sobre todo mucha práctica en este género de operaciones [1].

En tal estado ya no hay mas que medir la altura de la columna barométrica; pero como esto no puede hacerse

[1] Cuando dura mucho tiempo la ebullicion, se vuelve cóncava la superficie del mercurio, como ha notado M. Gasbois, siendo así que la del mercurio puro es siempre convexa. M. Dulong ha observado recientemente que el mercurio, en el primer caso, se oxida disolviéndose en el mercurio restante, y que el líquido, formado por la mezcla, se porta como los fluidos que mojan el vidrio. (Véanse *los Fenómenos capilares*.)

sino mediante una escala graduada, cuyo cero debe estar en el nivel de la cuveta, resulta ó que este último, ó el nivel de la primera han de ser movibles. M. Fortin adopta el segundo camino para la construccion de sus barómetros. Pone una piel suave por fondo á la cuveta y con un tornillo A (Fig. 25) sube ó baja, como se quiera, su nivel hasta que toca á un punto I de marfil que corresponde al cero de la escala : esta está fija y trazada en un tubo de cobre que rodea al del barómetro, y en sentido de su longitud tiene una raja bastante ancha para poder observar la altura del mercurio.

Es esencial que el instrumento esté vertical. Para esto se le cuelga á un punto fijo y se le deja libremente suspendido. Generalmente se le mete en un estuche que, sirviéndole de soporte, puede dividirse en tres partes. Cuando se quiere hacer una observacion, se abre el instrumento, se colocan en el suelo los tres pies y el barómetro por sí solo se pone vertical.

De este modo pueden observarse fácilmente la altura de la columna barométrica, pero para que todos los resultados sean comparables es necesario referirlos á la misma temperatura ; generalmente se elige la de cero por ser el punto de partida para estimar las dilataciones ; la temperatura del mercurio se mide con un termómetro encajado en el mismo armazon del instrumento. Pero debe notarse que no solo la del mercurio sino tambien la temperatura del metal en que está trazada la escala deben tenerse en consideracion para las operaciones delicadas. Como el primero mengua de densidad al dilatarse, resulta que la altura es siempre mayor de lo que deberia, pero el otro metal, dilatándose la hace mas pequeña, porque como cada division crece una cierta cantidad, es evidente que para abrazar toda la altura será necesario un número menor á la temperatura t, á que se opera, que á $0°$; pero hay una diferencia en el modo de apreciar esas dilatacio-

nes, pues nos basta para el metal conocer la lineal, al paso que para el mercurio debemos conocer la cúbica. Segun lo dicho, representemos por h la altura de la columna de mercurio á la temperatura t, y llamemos k al coeficiente de la dilatacion cúbica del mercurio, que es igual á $\frac{1}{5550}$. Como los volúmenes que ocupa una cantidad dada de una misma sustancia están en razon inversa de sus densidades, y como estas á su vez y en el caso presente, están en razon inversa de las alturas, resulta que los volúmenes son proporcionales á las alturas. Si por 1, de consiguiente, representamos el volumen de la columna de mercurio á $0°$, el volumen de esta misma columna á t grados, será $1+kt$, y la altura x del mercurio á $0°$, se obtendrá mediante la proporcion ;

$$1:1+\mathrm{K}t::x:h, \text{ de donde, } x=\frac{h}{1+\mathrm{K}t}.$$

Sea, del mismo modo, K′ el coeficiente de la dilatacion lineal del cobre ; en este caso la altura medida está en razon inversa de la longitud de una division ; si á $0°$ esa longitud es 1, á $t°$ se convertirá en $1+\mathrm{K}'t$, y de consiguiente tendremos

$$1:1+\mathrm{K}'t::\frac{h}{1+\mathrm{K}t}:x',$$

de donde se sacará para valor de la verdadera altura de la columna de mercurio, el valor

$$x'=\frac{h(1+\mathrm{K}'t)}{1+\mathrm{K}t}.$$

No hay necesidad de tomar en cuenta la dilatacion del tubo de vidrio, porque ya sabemos (n° 40, t. 1°) que la altura del mercurio en el barómetro es independiente de la anchura del tubo.

Ejemplo.

Se desea referir á 0° los resultados de un barómetro cuya altura á 22° es $0^m,762$

$$K'=\frac{1}{59200} \text{ por cada grado centígrado.}$$

$$K=\frac{1}{5550} \text{ id.}$$

Sustituyendo á las letras los valores numéricos en la fórmula precedente, se obtiene que la altura referida á 0° es igual $0^m,759$.

Cuando se quiere trasportar el instrumento de un punto á otro, se levanta el fondo movible de la cuveta hasta que el tubo y el receptáculo estén completamente llenos, y de este modo aunque reciba alguna sacudida en el camino no se romperá, lo que seria muy de temer si hubiera algun espacio vacío en la parte superior, y por otra parte el aire no podra introducirse. Debe advertirse que el tubo termina en punta en esa parte, para que los saltos del mercurio no puedan romperle.

En fin para que todas las observaciones sean comparables las unas á las otras, debe asimismo tomarse en cuenta la accion capilar, (n° 67, t. 1°.)

Tabla de las depresiones que el mercurio esperimenta en el barómetro, en virtud de la capilaridad.

DIAMETRO en milímetros de los tubos.	DEPRESION en milímetros.	DIAMETRO en milímetros de los tubos.	DEPRESION en milímetros.
2	4,56	12	0,26
3	2,90	13	0,20
4	2,04	14	0,16
5	1,51	15	0,12
6	1,15	16	0,10
7	0,88	17	0,08
8	0,69	18	0,06
9	0,54	19	0,05
10	0,42	20	0,04
11	0,35		

Cuando se mide la altura del barómetro es necesario añadir la depresion correspondiente del diámetro del tubo.

Del barómetro de sifon.

52. El barómetro de sifon, llamado así por su figura, no tiene cuveta ó por mejor decir, parte del tubo llena sus funciones. Está doblado en la parte mas baja en *c* (Fig. 26) y formado por consiguiente de dos brazos CA y CB. Para construirle se toma un tubo cilíndrico perfectamente calibrado, cerrado por un estremo y abierto por el otro, y con la lámpara del esmaltador se le da la forma indicada, haciendo que el brazo mas corto sea el abierto, y que el

cerrado tenga mas de 28 pulgadas de altura. Esto supuesto, si B es el punto hasta donde sube el mercurio en el brazo abierto y A al que llega en el mas corto, la diferencia AB de ambos niveles, será la altura de la columna barométrica. La longitud se mide con una escala, que moviéndose paralelamente á CB, tiene su cero siempre en el punto A.

Tiene una ventaja este instrumento sobre el barómetro de cuveta, y es que como ambos tubos tienen el mismo diámetro, hay compensacion en las depresiones de la capacidad. Sin embargo no es tan sensible, porque la variacion de nivel en uno de los brazos, no es mas que la mitad de lo que en el barómetro de cuveta.

Para hacerle portatil se imaginó poner una llave en el brazo mas corto, pero esto tiene el inconveniente de que la materia grasa indispensable para el juego de la llave, acaba por ensuciar todo el mercurio. M. Gay-Lussac evita el uso de la llave y de la materia grasa del modo siguiente. Primeramente reune los dos brazos AB y EC del barómetro (Fig. 27) por un tubo mucho mas pequeño, de 1 á 2 milímetros generalmente. En el brazo mas corto, que tambien está cerrado, hace lateralmente un agujero E capilar en forma de embudo. Este agujerito, suficiente de por sí para que la atmósfera funcione como si el tubo estuviera abierto, es por otra parte muy pequeño para que se escape el mercurio cuando el instrumento está boca abajo (Fig. 28). En esta disposicion se le trasporta de un lugar á otro, y si en el tubo capilar BCD se introduce una corta cantidad de aire como demuestra la Fig. 29 cuando el instrumento vuelve á la posicion de la Fig. 27, el mercurio mismo le desaloja. M. Gay-Lussac y Descotils se han servido de un instrumento de este género en sus viages, sin que se haya alterado visiblemente; con todo, algunos físicos aseguran que al cabo de cierto tiempo se introduce el aire en el brazo mas largo. Para evitar este inconveniente, M. Bunten, habil artista de París, suelda al brazo mas largo un tubito afilado, semejante al que indica la Fig. 30, y de este modo el aire se coloca en la parte *m*K de donde se le puede hacer salir sacudiendo el instrumento; aunque por otra parte, situado en el punto *m* no influye en la altura del mercurio, con tal que la columna metálica no esté subdividida. Pero debemos confesar que tal disposicion hace muy dificil la construccion del instrumento. Puede encerrársele en un tubo metálico rayado en una parte de su longitud para observar la altura, y aun en un baston se le puede colocar muy cómodamente.

Del barómetro de cuadrante.

55. El barómetro de cuadrante (Fig 31) difiere del de sifon en que en este hay una poleita perfectamente movible y concéntrica con la lengüeta ó aguja de un cuadrante, por la que pasa un cordon que sostiene dos pesitos, uno en el aire y otro sumerjido en el mercurio del brazo mas corto; el peso esterior p' equilibra al peso p y el sistema de estos dos pesos, que con toda libertad se mueven al rededor del punto A, es tal, que el peso p reposa sobre la superficie del mercurio sin deprimirla.

Por medio de esta disposicion, cuando el mercurio baja en el brazo abierto, sube el opuesto, es decir, cuando la atmósfera gana en pesantez, el peso p debe bajar con el mercurio y la estremidad de la aguja ocupar la parte superior del cuadrante. En el caso contrario suben el peso p y el mercurio á la par, y la aguja se situa en la parte inferior del cuadrante, y cuando el mercurio se halle á una altura media, la aguja estará horizontal. Como despues de una porcion de observaciones se ha llegado á saber con certidumbre que si el barómetro sube ó baja, el tiempo cambia, se marca mal tiempo en el punto mas bajo del cuadrante, buen tiempo en el punto mas elevado del cuadrante, y variable en el punto intermedio.

Antes de servirse de este barómetro, se le deben dar unos golpecitos para vencer el rozamiento de las diversas partes que le componen. De cualquier modo que sea no debe emplearse este instrumento en las operaciones que exigen delicadeza y exactitud.

54. La altura general del barómetro en el océano, cuando el tiempo está sereno, es $0^{m},7609$ ó próximamente 28 pulgadas, cuya altura se ha tomado por término medio de todas las que comunmente se observan en este instrumento. Sin embargo, cuando el tiempo está revuelto y la tempestad se acerca, esperimenta el barómetro una porcion de variaciones sin interrupcion.

55. Réstanos solamente hablar del modo de reunir comparativamente las largas series de observaciones sobre la marcha del barómetro, prefiriendo, entre todos los métodos, el trazado gráfico que es el mas sencillo. Se toma un pedazo de papel y en su parte media se tira una linea recta AB que le atraviese desde un estremo al otro; dividesela en seguida en partes iguales que representan los dias; se levantan en seguida perpendiculares por todos esos puntos prolongándolas encima y debajo de la recta, y perpendicularmente á los lados, se trazan otras varias, que estén á distancias iguales entre sí.

Hecho esto, cuando se observa el barómetro, se marca el dia en la linea principal A si la altura es media, es decir, $0^{m},76$; si tiene 1 milimetro mas se sube á la primera paralela que se halla encima de AB, y si fuera 1 milímetro menos se baja tambien á la paralela inferior mas inmediata á AB. De este modo se marcan todos los dias sucesivos, cada uno en su punto correspondiente, y por los A, *b*, *c*, *d*, *e*. Se tira la linea interrumpida A*bcde*... que por sus sinuosidades da á conocer el estado del barómetro en los dias de observacion. Y con un cuadro semejante, se ha

llegado á saber que si durante muchos dias el barómetro ha bajado, el tiempo ha estado lluvioso y que por la inversa varios dias de ascension corresponden á un tiempo sereno. Sin embargo se conocen algunas escepciones á esta regla, aunque suelen ser muy raras. Y por observaciones del mismo orden se sabe que su marcha, á ciertas horas del dia, esperimenta alteraciones mas ó menos considerables. A las nueve de la mañana llega generalmente á la máxima altura, y desciende despues hasta las 4 de la tarde, hora en que llega á la mínima altura. Vuelve á subir de nuevo hasta las once y entonces adquiere otra vez la máxima. Desciende en fin hasta las 4 de la mañana y vuelve á la mínima para tomar de nuevo la máxima á las nueve de la mañana; datos, de cuyo conocimiento somos deudores á las observaciones de Humboldt en América y de Ramond en Francia. Debemos añadir que esta marcha periódica y regular se altera en Europa con bastante frecuencia á causa de las repentinas variaciones de la atmósfera; pero en los trópicos es tan constante que el barómetro, segun Humbold, puede servir para marcar la hora en esos parages.

En Europa ademas, se ha notado que el máximum de la mañana es á las 9 en invierno y á las 8 en verano.

Tambien hay un barómetro *inclinado*, que lleva este nombre por la posicion en que se le coloca para las observaciones, instrumento muy cómodo para diferentes opera ciones sobre un mismo sitio. La altura del mercurio en este barómetro es á la del barómetro vertical como 1 : cos*lcl'* (Fig. 55), por consiguiente las variaciones serán tambien mayores en la misma relacion.

Hablaremos ahora de otros barómetros, no tanto por su utilidad, cuanto porque son aplicaciones de los principios que hemos establecido en los preliminares.

Barómetro de Amontons.

56. Este barómetro se reduce á un tubo cónico de cerca de 50 pulgadas de longitud (Fig. 54) en el que el mercurio está á la misma altura que el barómetro ordinario, y lo mismo que en este si crece ó mengua la presion atmosférica, sube ó baja la columna ; mas como los efectos de la capilaridad son variables en virtud de la diferencia de diámetros m y n, es muy dificil medirla con exactitud. Podria hacerse constante esa variacion dando al instrumento, la forma que representa la Fig. 55, y entonces la única ventaja que llevaria á los barómetros comunes seria la de producir variaciones de altura mucho mayores ; tendria sin embargo el inconveniente de dividirse, si el aire se introdujera por una casualidad. Si llamamos d al diámetro pequeño, D al grande, x á la variacion del mercurio en el tubo pequeño é y á la variacion efectiva del barómetro, tendremos

$$y=x-\frac{d}{\mathrm{D}}\,x,\ \text{ de donde }\ x=\frac{y\mathrm{D}}{\mathrm{D}-d},$$

cuyo valor será tanto mayor, cuanto mas pequeña sea la diferencia entre D y d. La figura citada anteriormente representa el instrumento en una posicion invertida.

Barómetro de Descartes.

Este barómetro, representado en la Fig. 56, es mucho mas complicado. Hasta el punto H está lleno de mercurio, y encima hasta l, de un líquido mas lijero, y por consiguiente las variaciones de nivel son mucho mayores que en un barómetro ordinario. Para fijarnos bien en esto ; supongamos que el diámetro de gl es cien veces menor que

el de KH ; si el mercurio sube 1 milímetro en este último, el otro líquido se eleva 100 milímetros en el tubo gl, y en total la ascension es $1^{\text{mm}}+99^{\text{mm}}$, de manera que si la densidad del líquido es $\frac{1}{10}$ de la del mercurio, en variacion total equivale á $10^{\text{mm}}9$ de mercurio [1]. Bien entendido que hay que contar con la elasticidad del vapor, que varia siempre con la temperatura.

Barómetro de Huygens [2].

58. « Este instrumento (Fig. 57) no es mas que una modificacion del de Descartes.

«El tubo que tiene la forma de un sifon invertido, termina en a en un cilindro MN de gran diámetro y tiene en c otro cilindro del mismo diámetro que el anterior, y al que está adaptado un tubo capilar de abierto en la parte superior. De x á y no hay mas que mercurio y desde y en adelante un líquido cualquiera cubierto de una capa de aceite fijo y colorado. Pero tanto este como el de Descartes, á mas de ser perezosos, de dificil construccion y embarazosos, no sirven para medir con exactitud la presion del aire.

Barómetro de Hock.

59. « Solo se diferencia del anterior, en que el tubo de

[1] Sea h la variacion del barómetro ordinario, r la relacion entre el diámetro de KH y el de gl, d la densidad del mercurio con respecto á la del líquido, y x la variacion del nivel en el tubo gl, y tendremos

$$\frac{x}{d}+\frac{x}{rd}+\frac{x}{r}=h.$$

[2] *Traité élémentaire de Physique*, par M. Péclet, t. I, p. 186. — N. del T.

se termina en un cilindro RS (Fig. 38) abierto por la parte superior. De x á y hay mercurio; una disolucion salina de y á z y aceite fijo de z á t. Segun esta disposicion, si el mercurio baja un milímetro en el tubo MN, subirá 1^{mm} en PQ y el aceite á su vez sube 1^{m} en RS; pero el punto r sube una cantidad igual á 1^{mm} multiplicada por la relacion entre la seccion del cilindro PQ y la del tubo *de*.

Barómetro de Farenheit.

60. « Compónese de un tubo cilíndrico que doblándose y replegándose varias veces (Fig. 39) está interrumpido por partes cilíndricas todas del mismo diámetro; el mercurio está desde *a* hasta *b* y desde *c* hasta *d*; el líquido colorado ocupa los espacios comprendidos entre *b* y *c* y *d* y *e*. Es evidente que la columna que equilibra á la atmósfera se compone de la *ab* y *cd*, menos las *d* y *de*.

«Aumentando el número de tubos como se ve en la Fig. 40, se podrá dar á cada uno de ellos, una altura tan pequeña como se quiera. Este instrumento no es ni cómodo ni preciso.

61. « Con objeto de aumentar las variaciones del barómetro sin emplear otro líquido mas que el mercurio, Domingo Cassini y Camilo Bernouilli, han dado al instrumento una disposicion análoga á la que representa la Fig. 41; el mercurio corre de *a* á *b*; como el tubo PQ es horizontal, el estremo *b* permanece siempre á la misma altura, y las variaciones del punto *b* estan con las del barómetro ordinario en la misma razon que las secciones del cilindro MN y el tubo PQ. Marcha siempre á saltos á causa de los grandes rozamientos.

62. « Para hacer fijo y constante el nivel de la cuveta, se suelen servir los constructores de una combinacion semejante á la que indica la Fig. 42. El cero de la escala se ha-

lla á la altura de un punto fijo, y mediante un tornillo, se hace subir ó bajar el tubo hasta que dicha punta esté en contacto con la superficie del mercurio en la cuveta.

63. «Hay tambien barómetros de cuveta independiente, en los cuales están los tubos suspendidos de una balanza, y una aguja convenientemente dispuesta indica el aumento de peso del instrumento. La fuerza necesaria para sostener el barómetro es igual al peso del tubo de vidrio, mas la suma algebráica de las componentes verticales de las presiones que obran sobre el tubo, y es facil cerciorarse (Fig. 43) de que esa suma es siempre igual al peso total del mercurio que se halla en el tubo encima del nivel esterior, cualquiera que sea su forma. » (Péclet.)

64. El barómetro diferencial inventado por H. y Wollaston, se compone de un tubo de tres lineas de diámetro interior y encorvado en forma de sifon, como representa la Fig. 44, y en cuyos estremos hay dos depósitos de 2 pulgadas de diámetro. Uno de ellos está cerrado por todas partes, aunque tiene un agujerito en un costado de una de sus paredes laterales en el que encaja un tubo horizontal. El otro depósito está abierto y la parte curva del sifon llena de agua; el resto y los depósitos hasta una media pulgada estan llenos de aceite. Si cuando el agua está á la misma altura en ambos brazos, se aplica el tubo horizontal al agujero de una cerradura ú otra cualquier abertura practicada en un tabique que separe dos habitaciones cuyas atmósferas sean diferentes, el fluido se deprimirá en la mitad correspondiente. La Fig 44—2 representa el estado del barómetro cuando la atmósfera que comprime á A escede á la que obra en B; en cuyo caso los puntos N y *n'* no permanecen mas tiempo en la misma horizontal, y el esceso de la presion en A, mas la columna de aceite *m*N, equilibra á la columna de agua *n'v* mas la columna de aceite *m'n'*.

Llamemos ahora *d* á la gravedad específica del aceite, *a* al descenso de nivel en la cuveta A, e á la longitud de la columna de aceite mn, A á la longitud del descenso del nivel del agua N'n, que es igual á la elevacion Nn' y por último x á la altura de la columna de agua que mide la diferencia de presion buscada, y en ese caso tendremos

$$x+dl=2A+d(l+2a-2A); \text{ de donde}$$

$$x=2A(1-d)+ad.$$

Si en el sifon no hubiera mas que un solo líquido, tendriamos $d=1$, de donde $x=2a$, es decir, que la presion seria igual á la diferencia de nivel en las dos cubetas A y B, como efectivamente sucede.

Si R es el diámetro de la cubeta A, y r el del sifon, tendremos $Ar^2=R^2$, de donde

$$a=\frac{Ar^2}{R^2},$$

por medio de cuya ecuacion puede conocerse el valor de a, cuando el descenso en la cubeta sea muy pequeño para medirle directamente.

Cuanto mas pequeña sea la diferencia de las densidades entre los dos líquidos, tanto mas sensible será el barómetro. (Véase en el *Bulletin de la société d'encouragement*, 1825, pág. 281, una nota de M. Hachette.)

Mediacion de las alturas por medio del barómetro [1].

65. « Disminuyendo la altura del barómetro á medida que él se va alejando de la superficie de la tierra, no hay dificultad en concebir que la distancia entre dos puntos

[1] *Traité élémentaire de Physique*, par M. Péclet, t. I, p. 198. = N. del T.

cualesquiera ha de estar en relacion con la alturas del barómetro, y que por medio de este instrumento podrá apreciarse la de una montaña cualquiera; si la densidad de la atmósfera fuera uniforme, la solucion de ese problema seria sencillísima; porque siendo el mercurio 10465 veces mas denso que el aire, un milímetro de descenso en la columna barométrica corresponderia á 10,m465. Mas como cada capa de aire soporta el peso de las que estan encima, naturalmente la densidad del aire mengua á medida que esas capas se alejan de la superficie, y como dichas variaciones dependen de la temperatura del decremento de la intension de la pesantez y de la cantidad de agua disuelta en el aire, se concibe que la medicion de la fuerza elástica del aire atmosférico en funcion de la altura sobre la superficie de la tierra, es un problema complicado.

« Admitiendo Delaplace que el aire está medio saturado de vapor y que la temperatura varía uniformemente entre las dos estaciones, ha encontrado

$$X=18393(1+0{,}002837 \cos. 2\pi)\left(1+\frac{2(T+t)}{1000}\right)\log.\frac{H}{h}.$$

« Siendo X la diferencia de altura entre las dos estaciones, en las que las alturas del barómetro son H y h, T y t las temperaturas correspondientes y π la latitud. Cuando esta es de 45° la fórmula se convierte en

$$X=18393\left(1+\frac{2(T+t)}{100}\right)\log.\frac{H}{h}.$$

« Con estas fórmulas pueden determinarse aproximativamente los límites de la atmósfera, ó por lo menos la altura en que la fuerza elástica del aire es solamente 1 milímetro. En tal estado la dilatacion del aire es mucho mayor que la que nosotros podemos obtener con nuestras mejores máquinas. Como la temperatura es entonces