Sociedad de Londres sobre las variaciones diurnas de la aguja imantada, inclinándose á atribuirlas á una mudanza en la intensidad magnética del Globo, producida por la accion de los rayos solares.

Mr. *Becquerel* está publicando en Paris una importante obra, cuyo primer tomo he visto impreso en 1834, bajo el título de *Tratado esperimental de la electricidad y del magnetismo, y de sus relaciones con los fenómenos naturales.*

NEUMATOLOGIA.

475. El *aire*, que por todas partes rodea la tierra y forma lo que se llama la *atmósfera terrestre*, es un fluido trasparente, invisible, sin color, ni sabor, pesado, compresible y perfectamente elástico. A cada instante nos podemos asegurar de las cuatro primeras circunstancias; pues hallándonos siempre sumergidos ó rodeados de él, notamos que da paso á la luz, en lo que consiste el ser trasparente; no le vemos; no nos causa la sensacion de color ni sabor, ó al menos estamos ya tan acostumbrados á estas sensaciones, que no las distinguimos; pero las otras tres cualidades necesitan examinarse de por sí; y la ciencia que tiene por objeto el indagar todos los fenómenos que tienen relacion con el peso del aire, su compresibilidad y elasticidad, se llama *Neumatología*.

Hasta el tiempo de *Galiléo* se creia que ninguna parte del espacio podia estar vacía de materia, y se espresaba esta imposibilidad diciendo, que *la naturaleza tenia horror al vacío*; y á esta causa se atribuia el ascenso del agua en las bombas, inmediatamente que se elevaba el émbolo. *Galileo* fué el primero que atribuyó este fenómeno al peso del aire; pero habiendo muerto sin haberle dado á conocer, su discípulo *Torriceli* le demostró de un modo irrevocable con el siguiente esperimento. Llenó de mercurio un tubo de

vidrio de mas de tres piés de largo, y cerrado por uno de sus estremos; despues tapó con el dedo el otro estremo del tubo, le invirtió y sumergió por el estremo abierto sobre una vasija donde habia tambien mercurio; entonces quitó el dedo, y notó que la columna de mercurio contenida en el tubo principió á bajar hasta que llegó á ser de unas 28 pulgadas francesas. Y reflexionando acerca de las causas que puedan originar este efecto, no se encuentra otra sinó el que la presion que el aire ejerce sobre el mercurio de la cubeta se equilibra con la columna de mercurio, y la longitud de esta misma columna suministra la medida exacta y rigorosa de la presion atmosférica en cada parage de la tierra, y á cada instante: para cuyo efecto se pone detras de este tubo una escala graduada, y se tiene el instrumento que se conoce con el nombre de *barómetro*, que es de tanta importancia como el termómetro, y que estando bien construido puede servir con mucha utilidad para medir alturas verticales.

476. La altura del mercurio en el barómetro varía por diferentes causas, como son la latitud, la altura del parage sobre el nivel del mar, los vientos, la temperatura y la cantidad de agua que contiene el aire en disolucion; pero en un mismo parage las variaciones tienen sus límites respectivos; así es, que en Madrid las variaciones se pueden reputar en pulgada y media. La mayor altura observada en Madrid en el año de 1800, reducidas todas las observaciones á la temperatura de 15° del termómetro centígrado, ó 12° del de *Reaumur*, fué de 30 pulgadas y 11,75 líneas; la menor fué de 29 pulgadas 10,42 líneas; y la altura media de 30 pulgadas y 6,5 líneas. En el dia se tiene ya la prueba mas decisiva del peso del aire, puesto que se pesa del mismo modo que las peras, las manzanas, la paja, etc.

477. La esperiencia prueba que cuando se comprime el aire, *si está bien seco, disminuye de volúmen exactamente en razon inversa del peso comprimente**. Esta propiedad

* Los últimos esperimentos, hechos en Inglaterra, prueban que esto solo se

que se conoce con el nombre de *ley de Mariotte*, nos quiere decir, que *si una masa de aire bajo la presion* P, *ocupa un volúmen espresado por* V, *esta misma masa comprimida por presion* P, *ocupará un volúmen* V', *tal que se tendrá*

$$P:P'::V':V, \text{ que da } PV=P'V';$$

por cuyo medio podremos determinar una cualquiera de las cantidades P, V, P', V', cuando se den conocidas las otras tres; y tambien se podrán reducir á una presion constante, volúmenes de aire observados á diversas presiones.

La ley de *Mariotte* se verifica igualmente cuando se disminuye la presion; porque entonces se nota que el volúmen del aire aumenta en la misma relacion que disminuye la presion. Lo que da á conocer que el aire tiene elasticidad perfecta, y *esta elasticidad está espresada por la presion que sufre y con que se equilibra.*

478. Como es de la mayor importancia el medir la fuerza elástica del aire, cuando se halla contenido en la parte superior de un tubo ó campana, que por la parte inferior contiene mercurio, agua ú otro líquido, en cuyo caso la presion de ambos se equilibra con la de la atmósfera, entrarémos en algunos pormenores sobre este punto.

Supongamos que se tiene un tubo lleno de mercurio hasta una cierta altura, colocado de modo que la parte abierta se halle hácia arriba; mídase con toda exactitud la parte que no ocupa el mercurio, y que por consiguiente se halla llena de aire; tápese con el dedo, inviértase el tubo, introdúzcase en una vasija que contenga mercurio, y se notará que este bajará en el tubo mas de lo que se halle en el tubo barométrico, pues que sobre este no carga nada y sobre el otro carga no solo el azogue del tubo, sinó tambien el aire que se halla en la parte superior. Espresemos

verifica hasta la presion de diez atmósferas; pero en la leccion de Física esplicada por Mr. *Gay-Lussac* en la Sorbona el 4 de Diciembre de 1827, aseguró que MM. *Dulong* y *Arago* habian hecho esperimentos hasta la presion de 24 á 25 atmósferas, y habian reconocido siempre como exacta en todos ellos la ley de *Mariotte*.

por V el volúmen que ocupaba el aire antes de invertir el tubo, y por P la presion de la atmósfera, ó su fuerza elástica. Supongamos que cuando el tubo está invertido, esto es, con el estremo cerrado hácia arriba, ocupe un espacio que se puede medir y que espresaremos por V'; este aire dilatado tendrá una fuerza elástica menor que cuando tenia su volúmen primitivo, y si la espresamos por f resultará en virtud de la ley de *Mariotte*

$$f \times V' = P \times V, \text{ que da } f = \frac{P \times V}{V'}.$$

Supongamos ahora que a sea el volúmen total de la capacidad del tubo AC (fig. 140), y tendrémos que $a - V'$ será el espacio AH ocupado por el mercurio, en el tubo sobre el de la cubeta. Y como esta columna inferior del mercurio, mas la fuerza elástica del aire que ocupa la parte superior, deben equilibrarse con la presion atmosférica P, que se ejerce sobre el mercurio de la cubeta, y que se puede medir por el tubo BF que esté purgado de aire en su parte superior, tendrémos

$$a - V' + \frac{PV}{V'} = P;$$

ó quitando el divisor, y preparando (I. 167) será

$$V'^2 + (P - a)V' = PV.$$

que da $V' = -\frac{1}{2}(P-a) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(P-a)^2 + 4PV}.$

Esta ecuacion nos daria el valor de V, si no le conociésemos, y resultaría $V = \frac{V'(P-(a-V'))}{P}$ (52).

479. Si el líquido que hubiese en la campana fuese agua en vez de mercurio, puesto que el peso específico del agua es 13,5 veces menor que el del mercurio, tendríamos que dividir la diferencia $a - V'$ por 13,5, peso específico del mercurio, lo que convertiría la

$$\text{(ec. 52) en } V = \frac{V'\left(P - \frac{a - V'}{13,5}\right)}{P}.$$

Todas estas reducciones suponen que el aire no ha variado de temperatura; de modo que hasta ahora lo que tenemos manifestado es, que *cualquiera que sea la temperatura, con tal que sea constante, si se somete una misma masa de aire á presiones diversas y sucesivas, los volúmenes que ella ocupa guardan siempre la razon inversa de las presiones.*

480. Suponiendo ahora que permanezca una misma la presion, debemos observar que el aire ó cualquier otro gas, se dilatará si crece la temperatura; y como segun los esperimentos de *Gay-Lussac, todos los gases, vapores ó mezclas de gases y vapores, se dilatan* 0,00375 *de su volúmen, tomado á* 0°, *por cada grado del termómetro centígrado*, tendrémos que si se espresa por t el número de grados á que se toma el gas, su volúmen estará espresado por el que tenia á la temperatura del hielo fundente, que es el que se toma por unidad $+0,00375t$, es decir, que estará espresado por $1+0,00375t$.

481. El peso del aire se ha determinado en París en estos últimos años, tomando todas las precauciones imaginables; pues se ha tenido en consideracion hasta la dilatacion de las vasijas en que se ha pesado, y la presion atmosférica. Mas como el peso de la presion varía (476) segun la latitud, y tambien segun la altura del parage sobre el nivel del mar, resulta que para tener el peso de una porcion determinada de aire en otro parage cualquiera, se necesita contar con estos dos elementos. Es indispensable atender á estas dos condiciones, á causa de la comprensibilidad del aire, y lo mismo debe suceder con los gases; pues un volúmen determinado de aire ó de gas contendrá mas masa, ó lo que es lo mismo, pesará mas á proporcion que se halle

mas comprimido: lo que no sucede con los cuerpos sólidos ni con los líquidos, que no se comprimen, al menos sensiblemente, con su propio peso ni con el de la atmósfera. Por esta causa se ha reducido el resultado hallado directamente en París al que se obtendria bajo la misma presion á la latitud de 45° y al nivel del mar; y ha resultado, que en dicho parage *un centímetro cúbico de aire atmosférico seco, á la temperatura del hielo fundente y á la presion de* $0^m,76$ *pesa* 0,001299075 *de grama.*

Haciendo las reducciones convenientes á nuestros pesos y medidas *, resulta que á la espresada latitud de 45° y al nivel del mar, *un pié cúbico de aire atmosférico seco, á la temperatura del hielo fundente* y *á la presion de* 32,73096 *pulgadas pesa* 562,910631 *granos.*

482. Como el peso de una columna de mercurio de 32,73096 pulgadas de longitud, varía con la intensidad de la pesantez (286 esc.), y la pesantez ó gravedad en un parage cualquiera se obtiene (349 nota) multiplicando el valor que tiene á 45° de latitud por el factor, $1-0,002837\cos.2l$, espresando l la latitud del parage de que se trata, resulta que deberémos multiplicar por este factor el peso que hemos obtenido; luego se tendrá que *el peso del pié cúbico de aire seco, á la temperatura del hielo fundente y bajo la presion de* 32,73096 *pulgadas, en un parage cuya latitud sea* l *y al nivel del mar, estará espresado en granos por*

$$562,910631 \times (1-0,002837\cos.2l).$$

La gravedad varía tambien en razon inversa del cuadrado de la distancia al centro de la tierra; de manera, que si llamamos g la gravedad en el nivel del mar, y g' la gravedad á una altura A sobre dicho nivel, y r el radio medio de la tierra, se tiene

$$(r+A)^2 : r^2 :: g : g' = \frac{g \times r^2}{(r+A)^2};$$

* En el tomo primero parte primera de mi Tratado elemental de Matemáticas, se halla con toda exactitud la correspondencia de todas las medidas y pesas francesas é inglesas con las españolas.

luego si queremos que la fórmula anterior nos esprese el peso del pié cúbico de aire en un parage que esté elevado sobre el nivel del mar la cantidad A, deberémos multiplicar dicha espresion por $\frac{r^2}{(r+A)^2}$;

por lo que se nos convertirá en granos en

$$562,910631\times(1-0,002837\cos.2l)\times\frac{r^2}{(r+A)^2}.$$

Pero si efectuamos la division de r^2 por

$$(r+A)^2=r^2+2Ar+A^2,$$

y nos limitamos á los dos primeros términos, en consideracion á que el radio terrestre es muy grande en comparacion de las alturas á que nos podemos elevar sobre la superficie del Globo, se convertirá la espresion anterior en

$$562,910631\times(1-0,002837\cos.2l)\left(1-\frac{2A}{r}\right);$$

por cuyo medio podrémos hallar espresado en granos el peso del pié cúbico de aire seco en cualquier parage, á la temperatura del hielo fundente y bajo la presion de 32,73096 pulgadas.

483. Luego si por l sustituimos la latitud de la plaza mayor de Madrid que es 40°25', y por A la altura de Madrid sobre el nivel del mar, que es 798 varas, y tenemos presente que el radio medio r de la tierra es de 7615916 varas, tendrémos que *en la plaza mayor de Madrid el peso del pié cúbico de aire, bajo la presion espresada de* 32,73096 *pulgadas y á la temperatura del hielo es* 562,595 *granos.*

Pero como en Madrid jamas tiene el aire tanta presion, reducirémos este valor á la presion media de la atmósfera en dicha Capital, que supondrémos ser la de 30,54167 pulgadas, que fué la altura media correspondiente al año 1800; y tambien la reducirémos á 12° del termómetro de *Reaumur*, á la cual está referida la espresada altura media del barómetro. Indaguemos primero la altura de 32,73096 pulgadas

del barómetro á la temperatura del hielo, á qué altura corresponde á la de 12° del termómetro de *Reaumur*, que son 15 grados del centígrado; y como el mercurio se dilata $\frac{1}{5412}$ de su volúmen por cada grado del termómetro centígrado, resulta que si su volúmen á la temperatura del hielo está representado por 1, á la de 15 grados del termómetro centígrado lo estará por $1+\frac{15}{5412}=1,002772$;
luego tendrémos que multiplicar la espresada altura por este número, y será

$$32,73096\times1,002772=32,82168 \text{ pulgadas.}$$

Ahora, en virtud de lo espuesto (480), la misma masa de aire que á la temperatura del hielo fundente ocupa un volúmen espresado por un pié cúbico, á la de 12 grados de *Reaumur* ó 15 del centígrado, ocupará un volúmen espresado por $1+0,00375\times15^0=1,05625$;
luego tenemos que *á la temperatura de* 15 *grados centígrados en Madrid*, 1,05625 *piés cúbicos pesan* 562,595 *granos tomado el aire á una presion de* 32,82168 *pulgadas*; y como los volúmenes que ocupa una misma masa de aire están en razon inversa de las presiones que sufren (477), para hallar en qué se convierte este volúmen á la presion media de Madrid, dirémos

$$30,54167:32,82168::1,05625:x=1,1351.$$

Luego la masa de aire que pesaba 562,595 granos, y que ocupaba un pié cúbico, ocupa un volúmen de 1,1351 piés cúbicos; luego para hallar el peso del pié cúbico en estas circunstancias, dividirémos 562,595 por 1,1351, y resultará que el *pié cúbico de aire bien seco á la temperatura de* 12 *grados del termómetro de Reaumur*, ó 15 *grados del centígrado, pesa en Madrid, bajo la presion media de* 30,54167 *pulgadas* 495,6344 *granos*, que hacen 13,768 adarmes, ú 0,86 de onza.

484. Puesto que ya tenemos determinado el peso del pié cúbico de aire atmosférico, si multiplicamos este valor por el peso específico de un gas cualquiera, tendrémos el peso

de un pié cúbico de cualquier gas; luego si el peso específico de un gas, comparado con el del aire, le espresamos por p', tendrémos que $465,6344 \times p'$ espresará el peso del pié cúbico de un gas cualquiera. A la temperatura del hielo fundente y bajo la presion de 32,73096 pulgadas, el peso del aire

atmosférico seco, á igualdad de volúmen, es $\frac{1}{769,44}$ del agua destilada; y á la temperatura de 3°,42 y bajo la misma presion, el peso del mismo aire, á igualdad de volúmen, es $\frac{1}{779,37}$ del del agua destilada, que entónces se halla en el mayor grado de condensacion; así, la fraccion

$$\frac{1}{779,37}=0,00128308,$$

espresa el peso específico del aire seco, tomando por unidad el del agua en su mayor grado de condensacion.

485. Los Químicos han analizado el aire, y han encontrado que en 100 partes de aire, en volúmen, se hallan 21 de oxígeno y 79 de azóe tambien en volúmen, como ya indicamos en otro lugar (404); ademas contiene algunos átomos de ácido carbónico y de agua. La cantidad de ácido carbónico y de agua que contiene el aire varía segun las localidades y demas circunstancias; pero la proporcion en que se halla el oxígeno y el azóe es la misma en todos los parages, en todos tiempos y circunstancias, y á cualquier altura sobre el nivel del mar, pues se ha analizado el tomado á 80000 varas sobre dicho nivel en una ascension aerostática, y se ha encontrado lo mismo.

486. Como las capas inferiores de la atmósfera están cargadas por las superiores, resulta que el aire va estando cada vez mas comprimido segun está mas próximo á la superficie de la tierra; y por consiguiente que en virtud de su elasticidad, procura estenderse en todos sentidos con una fuerza igual al peso de las capas superiores. De donde resulta que la densidad del aire va disminuyendo conforme dista mas de la superficie de la tierra.

487. El *barómetro*, como hemos indicado (475) es un tubo de vidrio de cerca de una vara de largo, cerrado por un estremo, y cuyo interior se ha procurado limpiar y secar perfectamente. Para *cargarle*, se llena todo el tubo con mercurio purificado, y que se halle bien depurado de aire; despues se ajusta bien la yema del dedo en la parte abierta del tubo, se vuelve este, y se introduce en una cubeta que contiene mercurio en cantidad bastante grande para que despues de quitar el dedo no pueda entrar aire en el tubo. En este caso el mercurio del tubo baja hasta que se queda á una altura de 32 pulgadas poco mas ó menos sobre el nivel del de la cubeta.

La suspension de esta columna de mercurio se debe á la presion que el aire atmosférico ejerce sobre el mercurio de la cubeta: lo cual lo acredita la esperiencia; pues introduciendo el tubo en un recipiente, y estrayendo el aire por medio de la máquina neumática, conforme se va estrayendo va descendiendo el mercurio del tubo; é introduciendo otra vez el aire en el recipiente, vuelve á subir. Y como en llegando á una cierta altura se detiene, es prueba de que allí está equilibrado con el aire atmosférico; luego *una columna vertical de aire atmosférico de toda la altura de la atmósfera, pesa tanto como una columna de mercurio de igual base que la de aire, y de treinta y dos pulgadas poco mas ó menos de altura.*

488. Si se lleva el barómetro de un parage á otro mas elevado, la columna de aire que comprime al mercurio de la cubeta será mas corta, y por consiguiente menos pesada; luego no podrá sostener al mercurio del tubo á la misma altura á que estaba en el sitio mas bajo, y descenderá. Veamos, pues, como este descenso puede servir para determinar la altura de un lugar respecto de otro, ó la diferencia de nivel entre dos puntos conocidos.

Para esto, concibamos una columna vertical entera de la

atmósfera, compuesta de un gran número de capas horizontales de una misma altura x, bastante pequeña para que la densidad del aire sea sensiblemente la misma en toda la estension de cada capa; y tendrémos que x, $2x$, $3x \ldots nx = X$, serán las distancias de las bases superiores de estas capas al nivel del mar. Sean A', A'', A'''....a, las elevaciones decrecientes del mercurio en el barómetro correspondientes á estas alturas; sea 1 la densidad del mercurio á la temperatura cero, y D la densidad del aire al nivel del mar á la misma temperatura.

Al pasar el barómetro de la 1ª capa á la 2ª, el peso de lo que ha disminuido la columna de mercurio en el barómetro, será igual al peso de la 1ª capa; al pasar de la 2ª á la 3ª, el peso de lo que ha disminuido la columna de mercurio en el barómetro, equivaldrá al peso de las dos primeras capas, y así sucesivamente.

489. Teniendo presentes estas y otras muchas consideraciones, en el tomo tercero de mi *Tratado elemental*, he deducido para medir alturas por medio del barómetro la fórmula siguiente

$$A = 66011(1 + 0{,}002837 \cos.2l)\left(1 + \frac{2(t+t')}{1000}\right)\log.\frac{h}{h'}.$$

en la que A representa en piés la altura que se quiere averiguar; l es la latitud del lugar; t es la temperatura del aire en el parage mas bajo, y h la altura del mercurio en el barómetro; y t', h' son las mismas cantidades en el parage mas alto, teniendo cuidado de valuar en piés las alturas h y h'.

Haciendo uso de esta fórmula he encontrado que la altura de Madrid sobre el nivel del mar en Santander, es de 798 varas.

La Academia de Dijon ha aprobado en estos últimos años un *termo-barómetro* inventado por Mr. *Goubert*. Se reduce á disponer de tal modo el barómetro, que sirva tambien de termómetro sin añadir gran complicacion: en el se observa

primero la altura barométrica, y despues por una simple mudanza de situacion se obtiene la temperatura del mercurio.

Mr. *Adie*, en Edimburgo, ha hecho conocer la invencion de un instrumento al cual da el nombre de *sympirióметro*, y que sirve para indicar las mas ligeras mudanzas en la pesantez de la atmósfera. Y Mr. *Wollaston* en las Transacciones Filosóficas de Londres, año de 1817 describe un *barómetro termométrico* para medir alturas.

En consecuencia de la obligacion que nos hemos impuesto de incluir en este Compendio toda idéa nueva que tenga relacion con su objeto, no podemos menos de indicar, que Mr. *Rafinesque* ha publicado en estos últimos años una memoria tratando de probar que continuamente está cayendo *polvo atmosférico* sobre la tierra. Él piensa que dicho polvo flotando sin cesar en el aire, es el que se deposita tan abundantemente en nuestras casas; y que se verifica igualmente este fenómeno en el campo raso, y tanto en un tiempo seco como lluvioso. Dice que se compone principalmente de alúmina, y que su caida progresiva, reunida al *detritus* de las plantas, da lugar á concebir cómo los antiguos edificios de la Grecia y de Roma han sido casi enteramente sepultados. Él pretende, en fin, haberlo visto en Sicilia, sobre los Alpes, sobre las montañas de América, y aun en medio del Océano.

GASOLOGIA.

490. Se da el nombre de *Gasología* á la ciencia que trata de todo lo que tiene relacion con los gases; pero como hemos visto (447) que todo cuerpo, cuando se le aplica un grado conveniente de calor, toma un estado aeriforme ó gaseoso, debemos hacer una distincion entre los gases que