

CAPÍTULO II.

ELEMENTOS DE LAS PROGRESIONES ATMOSFERICAS QUE HASTA AHORA HAN PODIDO CALCULARSE: EL ÚLTIMO DE SUS TERMINOS Y SU SUMA.

16.—No con haber demostrado que en las regiones atmosféricas crecen la densidad y el peso del aire en rigurosas progresiones matemáticas, ni con haber determinado cuál es la naturaleza de éstas, se entienda que se ha avanzado todo lo que se necesita en esta materia, pues quedan por indagar todavía sus elementos concretos, la mayor parte de los cuales nos son desconocidos. Todavía hasta ahora no sabemos cuál es en ellas el primero de sus términos; ni su diferencia, que nos conduciría á averiguar los demás; ni su número, que nos revelaría la altura de la atmósfera. Sólo el último, que se halla á nuestro alcance en la superficie de la tierra, puede ser calculado en las dos progresiones de las densidades finales y de los pesos totales: en la otra, formada por las densidades medias ó pesos singulares de las capas aéreas, que es la que he dicho que crece como 1, 3, 5, 7. . . ., puede darse por conocido su último término, que con una insignificante diferencia es igual al último de la de densidades finales, y

también la suma de todos sus términos, ó lo que es lo mismo, el peso de toda una columna de aire sobre el nivel del mar, que es igual al último término de la de pesos totales. Así, pues, el último término y la suma de todos ellos, que son datos conocidos ó fáciles de calcular en esta progresión de las densidades medias, son los que deberán servirnos después para hallar los elementos que se buscan; pero antes de esto conviene dejar esos datos establecidos sobre reglas que siempre respondan á las diferentes circunstancias en que ellos puedan producirse.

17.—La suma de los términos, ó el peso de la atmósfera, nos lo da con exactitud el barómetro, instrumento al que con toda propiedad pudiéramos llamar la balanza del aire. Porque si suponemos en él una sección transversal interior del tamaño de un centímetro cuadrado, y recordamos que un centímetro cúbico de mercurio pesa 13 gramos y 596 milésimos de gramo, multiplicando esta cantidad por 76, que es la altura en centímetros á que este metal sube en el tubo barométrico, y con cuyo peso balancea el de la atmósfera al nivel del mar, tendremos que ésta pesa 1.033 gramos por centímetro cuadrado; luego por decímetro cuadrado pesará $1.033 \times 100 = 103.300$ gramos. En medidas inglesas, una pulgada cúbica de mercurio pesa 491 milésimos de libra *avoir du poids*, que multiplicados por 30 pulgadas, altura á que éste llega en el barómetro de Fahrenheit, tendremos que la columna del mismo pesa 14.73 por pulgada cuadrada; luego por pie cuadrado pesará $14.73 \times 144 = 2121$ libras.

18.—De todas las partes elementales de la progresión, sólo la suma de los términos ó el peso de la atmósfera es teóricamente constante, pues debe ser una misma en toda

la tierra al nivel del mar, si es cierto el principio de que los fluidos se condensan en proporción á la fuerza que obra sobre ellos, y si lo es el otro de que la altura de los fluidos de diversa densidad, comunicantes entre sí, está en razón inversa de la propia densidad. Por esta causa, en las regiones polares y ecuatoriales, aunque el aire no sea igualmente denso, como no debe serlo, pues en las primeras es urgido hácia la tierra por la gravedad con más energía, quedando más comprimido que en las segundas, y de consiguiente su altura debe ser mayor en las segundas que en las primeras, sin embargo debe ser igual el peso de la atmósfera en unas y otras, porque de lo contrario el fluido no guardaría las leyes del equilibrio que propende á conservar.

19.—Bien sé, que á esta conclusión parecen oponerse algunas observaciones hechas en varios puntos de la tierra, por las que se advierte, que la altura del barómetro es diversa en ciertas latitudes. Pero estas irregularidades no son efecto de la diversidad de pesos en las columnas atmosféricas, sino de la perturbación de éstas, procedente de los aires, que buscando su equilibrio establecen corrientes, y alteran así la gravitación de las columnas de ese fluido y su presión natural sobre el barómetro. Sin embargo, está reconocido, que los 76 centímetros ó las 30 pulgadas inglesas, que este instrumento acusa comunmente al nivel del mar, son su altura normal en toda la tierra, y marcan el peso medio en todas las latitudes.

20.—El último término de la progresión, que linda con la superficie terrestre, es el otro dato á que me he referido, y el cual puede ser calculado con facilidad. Se

sabe que un centímetro cúbico de aire á la temperatura del punto de congelación del agua, al nivel del mar, y por consiguiente bajo la indicación barométrica media de 76 centímetros, pesa 0.001293 de gramo, y de aquí se deduce, por la relación de las medidas, que un litro ó decímetro cúbico del mismo fluido deberá pesar 1 gramo y 293 milésimos de gramo, y un pié cúbico inglés, bajo la indicación barométrica de 30 pulgadas, 0.08065 de libra. Pero como este dato es variable, dependiendo del mayor ó menor grado de calor, el cual produce en el aire, como en todos los gases, disminución ó aumento de peso bajo el mismo volúmen, es preciso calcular estos cambios para obtener con exactitud el dato indicado, del cual depende la variedad que también se ha de notar en los demás elementos de la progresión. Porque, en efecto, siendo uno mismo el peso de la columna aérea, mientras menor sea el peso de su última capa, menor será la densidad relativa de las superiores y mayor el número de todas ellas, y viceversa.

21.—En Física se sabe, que dicho gas se dilata ó contrae uniformemente á razón de 0.003665 de su volúmen por cada grado de diferencia de calor en el termómetro Centígrado, y de 0.0020361 por cada grado en el de Fahrenheit, así como que su peso, en un mismo volúmen y bajo una presión constante, como es ordinariamente la de la atmósfera al nivel del mar, está en razón inversa de la temperatura. Para calcular ese peso, está científicamente establecida la fórmula siguiente:

$$p = \frac{p'}{1+at},$$

en que p significa el peso que se busca, p' el peso fijo

del aire en el punto de congelación del agua, t la temperatura de p , y a el coeficiente de dilatación, según la escala termométrica que se use. Y haciendo la sustitución de los términos conocidos, teniendo en cuenta que yo llamaré U á p , por ser el último término de la progresión, y sin olvidar que en el termómetro de Fahrenheit el punto de congelación cae á los 32 grados, tendremos por peso:

Para un decímetro cúbico en gramos

$$U = \frac{1.293}{1 + 0.003665t} = \frac{352.795}{272.85 + t} \quad (1)$$

Para un pié cúbico en libras inglesas

$$U = \frac{0.08065}{1 + 0.0020361(t - 32)} = \frac{39.61}{459.13 + t} \quad (2)$$

22.—Con arreglo á estas fórmulas, y por vía de ejemplo, á fin de que se vean los cambios que se operan en las densidades del aire al nivel del mar por efecto del calor, voy á calcular el peso que deben adquirir un litro y un pié cúbico inglés de ese fluido, bajo las diferentes temperaturas que se expresan á continuación.

Bajo la temperatura de 0° en el termómetro Centígrado = 32° del de Fahrenheit, el litro y el pié cúbico pesarán respectivamente

$$U = \frac{352.795}{272.85 + 0} = 1.2930 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 + 32} = 0.08065 \text{ de libra.}$$

Bajo la temperatura de 27°77 C. = 82° F., que es la media en el ecuador

$$U = \frac{352.795}{272.85 + 27.77} = 1.1735 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 + 82} = 0.0732 \text{ de libra.}$$

Bajo la temperatura de 11°11 C. = 52° F., que es la media á los 45° de latitud

$$U = \frac{352.795}{272.85 + 11.11} = 1.2424 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 + 52} = 0.07749 \text{ de libra.}$$

Bajo la temperatura de -5°55 C. = 22° F., que es la media en las regiones polares

$$U = \frac{352.795}{272.85 - 5.55} = 1.3198 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 + 22} = 0.08232 \text{ de libra.}$$

En el polo, cuya temperatura media se calcula en $-16^{\circ}11$ C. = 3° F.

$$U = \frac{352.795}{272.85 - 16.11} = 1.3780 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 + 3} = 0.08571 \text{ de libra.}$$

Se dice que la temperatura mínima observada en el aire es de $-48^{\circ}88$ C. = -56° F.; en este caso el último litro y pié serán

$$U = \frac{352.795}{272.85 - 48.88} = 1.4546 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 - 56} = 0.0982 \text{ de libra.}$$

Si fuese posible que el aire permaneciera gaseoso á la temperatura de 1° absoluto = $-271^{\circ}85$ C. = $-458^{\circ}13$ F., los pesos aludidos serían

$$U = \frac{352.795}{272.85 - 271.85} = 352.7950 \text{ gramos}$$

$$U = \frac{39.61}{459.13 - 458.13} = 39.61 \text{ libras.}$$

CAPÍTULO III.

—
AVERIGUACION DEL PRIMER TERMINO, DE LA DIFERENCIA
Y DEL NUMERO DE TERMINOS DE LA PROGRESION ATMOSFERICA:
ALTURAS DE LA ATMOSFERA EN DIFERENTES TEMPERATURAS:
COMPROBACION.

23.—Ya vemos, por lo expuesto, que existen dos datos conocidos ó averiguables, el último término de la progresión y la suma de todos los términos, esto es, el peso de la última capa de aire y el de toda la columna atmosférica respectiva. ¿Serán tales datos suficientes para hallar los demás elementos? Voy á demostrar que sí; y para este efecto conviene designar á todos ellos por medio de letras, para sujetarlos al análisis algebraico, llamando A al primer término, que será el peso de un decímetro cúbico de aire en la cima de la columna atmosférica, lindando con el vacío, el cual vendrá á representar la unidad de la medida de dicho gas; 2A la diferencia de los términos de la progresión, la cual, según su propiedad característica, es siempre el doble del primero; H el número de ellos, que representará la altura de la atmósfera; U el último, al nivel del mar; y S la suma de todos ó su peso acumulado.

24.—Comenzaré por averiguar el peso del primer de-