

FACULTAD DE MEDICINA

BIBLIOTECA

DE FÍSICA

TOR. N. N. N. N.



BIBLIOTECA

PARIS

LIBRERIA DE ROSA

BIBLIOTECA

FAC. DE MED. U. A. N. L.



TRATADO

ELEMENTAL

DE FÍSICA.



DE LA HIGROMETRIA¹.

1. Se ocupa la higrometria en averiguar los diferentes grados de humedad que hay en el aire; los instrumentos que para ello se emplean se llaman *higrómetros* ó *higroscopios*, y entiéndese generalmente por *estado higrométrico* del aire, la relacion entre la cantidad de vapor que contiene y la que tendria si estuviera saturado, ó la que existe entre la tension del vapor del aire y el máximo de esa tension á la misma temperatura.

2. Cuando se conoce la temperatura, *t*, del aire y su estado higrométrico *I*, es facil deducir la tension del vapor, *F*, y el peso contenido en un volumen dado de aire, porque mediante la tabla del párrafo 205 *b*, tomo I, puede hallarse la máxima tension *F* á *t*^o; es pues evidente que

¹ Seguiremos completamente á M. Pécelet en el artículo de la higrometria. *Tratado elemental de Física*. por M. Pécelet, t. I, p. 447 — N. del T.

esa tension en el aire es IF , y que el peso p del vapor contenido en un volumen dado será los $\frac{5}{8}$ del peso del mismo volumen á la temperatura t^o y presión FI . Es asimismo muy facil comprender que las cantidades I, F, p guardan entre sí tales relaciones, que conocida una de ellas y la temperatura pueden deducirse las restantes.

Todos los métodos inventados hasta aquí para medir el grado de humedad del aire, estriban en uno de los principios siguientes.

1.^o En el aumento de peso que se observa en las sustancias que tienen mucha afinidad con el agua.

2.^o En la cantidad de agua que puede evaporar una superficie dada en un tiempo asimismo determinado.

3.^o En el frio producido por la evaporacion.

4.^o En el volumen á que el aire se reduce, por la compresion, cuando está completamente saturado.

5.^o En la pérdida de temperatura que debe experimentar el aire para llegar al término de saturacion.

Fúndase en fin el 6.^o en la propiedad de dilatarse ó contraerse, por la humedad del aire, de ciertas sustancias orgánicas.

5. *Primer método — Una sustancia muy higrométrica que absorve la humedad del aire.* Pueden emplearse el cloruro de calcio, la potasa cáustica y la cal viva. Operando sobre un volumen de aire conocido y desecándole completamente con una de esas sustancias; es evidente que el aumento de peso de la última representa el del vapor disuelto, y que, este peso dividido por el volumen de aire desecado dará la densidad del vapor. Para conocer su tension no hay más que buscar en la tabla la densidad y tension del vapor á la temperatura que tiene el aire experimentado; la tension incógnita y la de la tabla estan en razon directa de las densidades, y esa razon precisamente es el estado higrométrico del aire. Las operaciones indicadas pueden, muy cómodamente, practicarse en un aparato se-

mejante al de la Fig. 4: A es un vaso de hoja de lata y de capacidad conocida, que comunica, por medio de un tubo ab y la llave m , con un cilindro B lleno de cloruro de calcio y abierto en el extremo C. En el otro gollete del frasco hay un embudo y una llave, y en la parte inferior otra llave p para cuando se le quiere vaciar. Lléñase primero el vaso por el tubo, teniendo cuidado de cerrar las llaves m y p ; á poco despues se cierra la n y abriendo las m y p , entra el aire á reemplazar el agua que mana del frasco, por manera que en cada operacion se hace pasar por el tubo un volumen de aire igual al del frasco. Se emplea en muy raros casos este método, porque es necesario medir el volumen de aire desecado y experimentar una gran masa para poder apreciar el aumento de peso de la sustancia higrométrica.

En este método comprenderemos el que emplearon los Académicos de Florencia. Se servian de un vaso de vidrio cónico lleno de nieve suspendido con el vértice hácia abajo; los vapores que de aquí resultaban iban á condensarse en la superficie exterior de la vasija, el agua nuevamente formada manaba gota á gota por la cúspide, y juzgaban del grado de humedad por la rapidez del desagüe.

4. *Segundo método. — Cantidad de agua evaporada.* — Como el aire á una temperatura dada, no disuelve más que una cierta cantidad de agua, se sigue que la porcion que puede evaporarse de una superficie dada en un tiempo determinado, depende de la que el aire tiene en disolucion; pues que la tension de un líquido es proporcional á la tension máxima de su vapor á la misma temperatura, menos la tension del vapor que está en el aire. Lo dicho basta para concebir la posibilidad de construir higrómetros fundados en esa propiedad; sin embargo es necesario convenir en que las indicaciones de tales instrumentos no son comparables entre sí por la continua agitacion

del aire, descenso de temperatura producido por la evaporacion y cambios repentinos de temperatura.

5. *Tercer método. — Enfriamiento que produce la evaporacion.* — Al tratar de los cambios de estado de los cuerpos, insistimos en que la evaporacion espontánea de los líquidos va siempre acompañada de un descenso de temperatura. Dijimos tambien que ese descenso es efecto de la precision que tienen los cuerpos de absorber calor latente cuando se convierten en gases; ese enfriamiento sin embargo, tiene sus límites aun cuando la evaporacion continúe, 1° porque á medida que el agua se enfria irradia menos calor sobre los cuerpos que la rodean, y de ellos recibe siempre la misma cantidad; 2° porque la tension del líquido y por consiguiente la evaporacion disminuyen á proporcion que baja la temperatura; 3° en fin, porque el aire, que baña la superficie del líquido, tiene que renovarse para que continúe la evaporacion, y cede al agua una cantidad de calor tanto mayor cuanto mas fria la encuentra. Este descenso, sin embargo, es independiente de la velocidad con que el aire se renueva, y es constante bien que la renovacion sea efecto de la ligereza que el aire adquiere saturándose, ó bien que artificialmente se le inyecte con un fuelle.

Efectivamente la constancia de temperatura durante la ebullicion es una prueba de que la diferencia de las cantidades absorvidas y emitidas es igual á la diferencia de las cantidades de calor que el líquido pierde por la evaporacion y el aire cede durante su renovacion. De manera que nos es lícito considerar la pérdida de calor debida á la evaporacion como proporcional á la velocidad del aire y representarla por Kv ; mas como la cantidad de calor que el aire abandona, es asimismo proporcional á la velocidad y á la diferencia de temperatura t del líquido con respecto á la del fluido ó medio circundante, resulta que esa cantidad puede muy bien representarse por Avt , y desi-

gnando por Mt la elevacion de temperatura del líquido, debida á la irradiacion de los cuerpos inmediatos, tendremos $Mt = Kv - Avt$, de donde $t = Kv : (M + Av)$; pero como la diferencia t es siempre muy pequeña, resulta que Mt lo es tambien con relacion á Av , y despreciándola la ecuacion anterior se convierte en $t = K : A$. Por donde vemos que el enfriamiento es independiente de la velocidad del aire, como por otra parte confirma la esperiencia.

El punto máximo del enfriamiento debe evidentemente estar mas alto á proporcion que aumente la cantidad de vapores de que puede cargarse el aire, y si se advierte que K es proporcional á esa cantidad, no quedará la menor duda de que t debe hallarse en el mismo caso.

Sin embargo, ese enfriamiento varia con la temperatura y presion, bajo ciertas leyes que nos son desconocidas. Se concibe, no obstante, que las cortas alteraciones de presion, que se producen en la superficie de la tierra, no tienen grande influencia en el resultado, y que si el máximo de enfriamiento en el aire seco, entre las temperaturas mayor y menor que ordinariamente observamos en la atmósfera, fuera conocido, bastaria agitar en el aire un termómetro cuya bola estuviera cubierta con un lienzo húmedo y observar el descenso de temperatura, para deducir con aproximacion el estado higrométrico del aire. Designando por F , en efecto, la máxima tension del vapor á la temperatura de la observacion, por f la del vapor disuelto en el aire, por R el enfriamiento en el aire seco á la misma temperatura, y por r el observado, tendremos

$$F : F - f :: R : r; \text{ de donde } f = F(R - r) : R.$$

En el párrafo 489 del tomo 1° esplicamos el método empleado por M. Gay-Lussac para medir el enfriamiento producido por la evaporacion, y dimos asimismo cuenta de los resultados que habia obtenido.

6. Leslie ha construido un higrómetro, que fundándose

en el mismo principio, difiere poco de su termómetro diferencial. Una de las bolas (Fig. 2) está cubierta con una tela de seda muy ligera, que se humedece continuamente por medio de un hilo que, sumerjiéndose en una vasija colocada á mayor altura que el instrumento, hace en realidad el oficio de un sifon. Es evidente que las dos bolas deben tener la misma potencia irradiante, para que los agentes exteriores no influyan de ningun modo en las indicaciones, y para llenar esa condicion ha imaginado el inventor teñir de rojo, de azul ó de verde la bola que está desnuda. En ese caso el aparato funciona como un termómetro muy sensible.

7. *Cuarto método.* — *Diminucion de volumen que experimenta el aire, por la compresion, cuando está completamente saturado.* La reduccion de volumen indica el grado de dilatacion del vapor, porque si para saturar el aire es necesario reducirle á $\frac{1}{2}$ de su volumen, es evidente que solo contenia en un principio $\frac{1}{2}$ del vapor indispensable para su saturacion. El momento ó instante en que el aire llega á ese punto, la saturacion, puede reconocerse por la precipitacion del vapor, sin embargo las cantidades, con que nosotros operamos ordinariamente, son muy pequeñas para que el fenómeno sea perceptible. Por otra parte, la presion tendria que ser muy lenta para no elevar demasiado la temperatura del aire, y ese no deja de ser un inconveniente. Este método no se ha empleado nunca.

8. *Quinto método.* *Enfriamiento que experimenta el aire para llegar á su saturacion.* Como la cantidad de vapor que el aire puede disolver disminuye á medida que baja su temperatura, es evidente que enfriando aire no saturado se llegará á saturarle completamente. Es muy cómodo este método porque no hay necesidad de encerrar el fluido en un vaso, pues basta enfriar un cuerpo sumerjido en el aire y observar su temperatura cuando el vapor comienza á precipitarse; entonces, siendo constante la presion, el va-

por se contrae como un gas permanente, su fuerza elástica permanece invariable, y no hay duda en que la tension de ese vapor es igual á la tension máxima en el instante de la observacion. Leroy, que ha sido el que por primera vez ha empleado este método, se servía de un vaso lleno de agua que enfriaba gradualmente, añadiendo agua á cero hasta que la condensacion empezaba á manifestarse. Según Dalton, esa precipitacion corresponde á una temperatura $\frac{1}{2}$ mas baja que la que realmente pertenece á la

saturacion. Para conocer, sin embargo, con mas exactitud la temperatura de saturacion, se anota la del momento en que el líquido precipitado comienza á evaporarse por la calefaccion, y se toma en seguida el término medio entre esta última y la de la precipitacion; y podemos entonces estar seguros de que es exacta, pues que la primera peca por baja y la segunda por alta, de lo que resulta la compensacion. Puede considerarse este método como el mas exacto, porque todo estriba en medir temperaturas con un termómetro, instrumento cuya precision es bien conocida.

9. Con objeto de evitar el cuidado que es necesario poner para averiguar la temperatura en el momento de la precipitacion por el enfriamiento sucesivo del agua, ha inventado M. Daniel un aparato muy ingenioso que vamos á dar á conocer. *a* y *b* (Fig. 5) son dos bolas de vidrio delgado de unos 5 centímetros de diámetro, unidas por un tubo recurvo de 5 milímetros de diámetro interior; el brazo *d* contiene un termómetro *de*, y su receptáculo penetra en la bola *b* que no contiene nada de aire y está llena de éter hasta los dos tercios; se consigue lo primero del modo siguiente; se calienta el aparato y se sumerge en una vasija llena de éter, el extremo abierto del tubo capilar *f*; cuando esté frío se hace pasar el líquido á la bola *b* y se le calienta de modo que hierva haciendo salir los vapores por el tubo *f*; cuando estos han espurgado todo el aire se cierra el

estremo abierto con la lámpara y el soplete. La bola *a* está cubierta de muselina y el soporte, que es generalmente de cobre, sostiene tambien un termómetro con que se mide la temperatura del aire. Para servirse de este instrumento se hace pasar, con solo el calor de la mano, todo el eter á la bola *b*, se le coloca en seguida delante de una ventana abierta, de modo que la superficie del liquido de *b* esté á la altura de la vista del observador y se rocía por fin, la bola cubierta, con un poco de eter; el frio que este produce, al evaporarse, condensa los vapores de eter de la bola *a*, y esa condensacion ocasiona la destilacion del eter de la bola *b* que se enfria entonces gradualmente. El descenso de temperatura es tan rápido que el termómetro comienza á bajar á los dos segundos de haber vertido el eter, y el enfriamiento suele ser de 16 á 20 grados centígrados. El frio que se desenvuelve en la bola *b* condensa todo el aire que le rodea, y al cabo de poco tiempo es bastante considerable para que el vapor acuoso del aire atmosférico se deposite en su superficie exterior, generalmente á la altura de la linea de nivel del eter. Observando, cuando este fenómeno se manifiesta, la altura del termómetro *cd*, se sabe que no hay mas que poner el aire á esa temperatura para completar su saturacion.

Es indispensable colocar el instrumento delante de un cuerpo opaco, como una casa, un arbol, etc., porque de otro modo no se distinguen los vapores condensados. Si el tiempo es muy húmedo, debe verse el eter con mucha lentitud, pues que de otro modo es tan rápido el descenso del termómetro, que no puede observarse la temperatura en el instante de la precipitacion. Si el aire, por la inversa, está muy seco, hay que humedecer varias veces la bola, para que adquiera el frio conveniente. En fin, para mayor seguridad, antes de medir la temperatura de la saturacion, debe esperarse á que se haya evaporado todo el eter, y á que el termómetro *cd* vuelva á subir,

anotar la temperatura á que el vapor depositado desaparece completamente, y tomar despues, segun hemos dicho, el término medio entre la última y la de la precipitacion.

40. *Sesto método. La forma ó dimensiones de ciertas sustancias orgánicas se alteran con la humedad.* Como los diferentes métodos de que acabamos de hablar exigen no solo tiempo, sino una porcion de operaciones, se ha tratado de construir instrumentos que á la simple vista indicasen la humedad del aire.

41. Una porcion de sustancias minerales y la mayor parte de las orgánicas sólidas, sumergidas en el aire húmedo, absorven vapor acuoso en cantidad que depende del estado higrométrico del aire y de la naturaleza misma de aquellas sustancias; toman ó adquieren nuevas cantidades cuando el aire se aproxima á su punto de saturacion, y devuelven, á la inversa, las ganancias cuando está muy seco. La causa de ese hecho es la afinidad entre el agua y esas sustancias y la tension del vapor, pues que el estado higrométrico de un cuerpo permanece constante cuando su afinidad hácia el liquido, que retiene, es igual á la fuerza con que este último tiende á evaporarse. La absorcion ó esa emision de agua altera siempre todas las dimensiones del cuerpo. Las sustancias orgánicas homogéneas se hallan tambien en el mismo caso, pero es de notar que los diámetros de sus filamentos aumentan mucho mas proporcionalmente que sus longitudes, de donde se infiere que las sustancias que como el papel, el pergamino, etc., están compuestas de filamentos dispuestos en todas direcciones, deben portarse como los cuerpos homogéneos; que los que constan de fibras paralelas, como las maderas, crecen mucho mas en sentido perpendicular que paralelo á su direccion longitudinal, y que los que, como las cuerdas, se componen de hilos retorcidos, se hinchan, acortan, y destuercen con la humedad.

La fuerza con que cambian las dimensiones de los cuerpos es tan considerable, que se ha sacado partido de ella, para levantar fardos, mojando las cuerdas á que estaban suspendidos. La fuerza que despliega la madera al hincharse sirve para destacar las piedras en algunas canteras; para ello hacen un agujero profundo ó un descalce en direccion de la fractura que se quiere producir, meten una cuña de madera perfectamente seca, la mojan despues, é hinchándose hace saltar la piedra, etc. Tambien se utiliza esta propiedad para hacer bajos-relieves en madera. En el trozo de madera elegido, se imprime, mediante una fuerte presion, el bajo-relieve grabado en metal, con un cepillo se quitan los salientes, y metiéndole despues en el agua las partes comprimidas, se dilatan proporcionalmente á la presion que habian sufrido.

Se conocen una porcion de higrómetros contruidos con diferentes sustancias; describiremos los principales.

44 bis. Hay unos en que una cuerda de guitarra fija por un extremo, sostiene con el otro ó el brazo de un capuchino que cubre su cabeza cuando la cuerda se encoje ó el de un muñeco que se tapa con un paraguas, etc. Estos aparatos son mas bien juguetes de chicos que instrumentos de física.

42. Daniel Vilson ha inventado otro higrómetro, y consiste en una vejiga de raton llena de mercurio y ajustada á un tubo de vidrio capilar encorvado horizontalmente para evitar las variaciones de presion interior que puede ocasionar la altura de la columna de mercurio. Aunque el instrumento es sensible, las variaciones de temperatura le complican de tal modo que no puede responderse de su exactitud.

45. Tambien se emplean como higrómetro una bola hueca de marfil adaptada á un tubo capilar de vidrio llenos uno y otro de mercurio; se graduan sumergiéndolas alternativamente en el aire seco y saturado de vapor, pero

ademas de influir en ellos la temperatura son generalmente muy perezosos.

44. Para que una sustancia sea adecuada para construir un higrómetro debe ser muy sensible á las variaciones de humedad, inalterable por el tiempo y de corto volumen, para que sean rápidas sus indicaciones. De todas las conocidas los cabellos y las hojas delgadas de barbas de ballena son las únicas que, al parecer, satisfacen á esas condiciones. En 1824 comparó M. Pictet dos higrómetros contruidos el primero con un cabello ordinario y el segundo con uno de momia y ambos á dos marcharon ácordes. Los higrómetros de pelo y de ballena llevan los nombres de sus inventores, Saussure y Deluc. Describiremos detalladamente el primero y diremos en que difiere del segundo.

Higrómetro de Saussure.

45. Consiste en un rectángulo ó marco de cobre ABCD, en cuya parte superior hay una piezecita del mismo metal que sube y baja mediante un tornillo colocado al efecto. En el punto *a* está sujeto un cabello *ab* que por el extremo opuesto se une á una roldanita movable sobre su eje y en la que asimismo se halla una aguja ó lengüeta *mn* que, recorriendo el cuadrante *pq*, marca los grados de humedad; hay ademas otra poleita colocada en el mismo eje que la primera, y en ella se arrolla un hilo que sostiene un pesito *e*, para que el cabello esté perfectamente estendido. Cuando este se alarga por la humedad permanece siempre estirado en virtud del pesito, giran las dos poleas, y la aguja recorre entonces un número de grados proporcional á la dilatacion. Examinemos ahora los detalles de construccion y el modo de graduar el instrumento.

Los cabellos en su estado natural están siempre cubier-

tos de una materia grasa, que en parte los preserva de la accion de la humedad, entonces su dilatacion, desde la sequedad estrema hasta la humedad tambien estrema, es proximamente $\frac{1}{200}$ de su longitud; mas si se les quita esa materia grasa haciéndolos hervir en agua alcalina, se alargan cuatro veces mas, es decir $\frac{1}{50}$ de su longitud. Saussure los ponía en un lienzo y el agua que empleaba contenía $\frac{1}{100}$ de su peso de sub-carbonato de sosa, de cuyo modo pueden conservarse mucho tiempo.

Preparado el cabello de este modo, se le coloca en el instrumento cargándole con 5 granos de peso; se pega al cuadrante una banda ó tira de papel dividida en partes arbitrarias, y se mete el higrómetro en un recipiente que contenga materias delicuescentes, como cal viva, muriato de cal, etc., para que desequen completamente el aire. Saussure ponía una placa de palastro en la parte mas alta de la campana, de modo que no ocupara mas que la mitad de la anchura y en ella echaba potasa fundida y recientemente enfiada. En tal estado el higrómetro recorre, ó mejor dicho la aguja avanza 25° en los 40 primeros minutos, camina despues con mas lentitud y termina en fin por marchar un solo grado en 24 horas. Al cabo de tres dias todo él queda estacionario, y la aguja fija en un cierto punto del cuadrante *pq*, en el que se marca el cero del instrumento ó punto de estrema sequedad.

Para cerciorarse de que efectivamente ese punto es de la máxima sequedad, se espone el instrumento á la accion de los rayos solares, y si el cabello contiene alguna humedad, la aguja pasará mas alla del cero, pues que la facultad disolvente del aire aumenta con la elevacion de temperatura; si se enfria la campana la aguja caminará en sentido inverso. Pero si el cabello está completamente desecado, las variaciones de temperatura no le harán experimentar mas que dilataciones y contracciones sumamente pequeñas y siempre opuestas á la que manifestaría

si estuviere todavía húmedo; es decir, que un aumento de temperatura le haría caminar hácia la humedad, y un descenso hácia la sequedad. De manera que si, calentando la campana, permanece estacionario el cabello ó marcha hácia la humedad, es prueba de que está completamente desecado.

Se coloca despues el instrumento debajo de otra campana mojada interiormente para saturar el aire; la aguja, marchando con mucha rapidez al principio, queda por fin estacionaria en un punto equivalente á 100 grados ó al de la máxima humedad. Si el pelo no ha estado mucho tiempo en lejía, llega al máximo de dilatacion en una hora y á veces en media tambien, si las circunstancias son favorables.

Si el instrumento está construido con esmero se advierte:

1º Que, á igualdad de circunstancias, las indicaciones son constantemente las mismas;

2º Que si el aire está completamente saturado, sea lo que quiera su temperatura, la aguja se detiene en 100° , y que si su sequedad es perfecta ocupa siempre el cero de la escala (segun Saussure si la temperatura varia 55° , el higrómetro no camina mas que $\frac{1}{3}$ de grado); en fin que sus indicaciones son independientes de la densidad del aire.

De donde podemos concluir, que la accion higrométrica en el cabello es constante; que las variaciones de temperatura, que observamos en la atmósfera, no influyen en manera alguna en su dilatacion; en fin que el cabello, sea la temperatura del aire la que quiera, con tal que esté completamente saturado de vapor, se apropia siempre igual cantidad de vapor, pues que su dilatacion es siempre la misma.

16. M. Babinet ha introducido una mejora en el higrómetro de Saussure, que aunque le da mas exactitud, le complica bastante para que sea muy difícil hacer ob-

servaciones. Estira el pelo con el peso de la parte inferior, y la dilatacion se mide colocando ese peso enfrente de una señal cualquiera ó punto fijo que sirva de punto de partida ó índice, y el cabello sube ó baja por medio de un tornillo micromético que está en la parte superior, y que tiene una aguja movable que marcha sobre un cuadrante de círculo.

17. El higrómetro de Deluc difiere del de Saussure, en que en vez de pelo hay una tirita de ballena destacada por medio de un escoplo en sentido perpendicular á las fibras; su anchura es regularmente de $\frac{1}{2}$ milímetro, lo demas del aparato conviene con el de Saussure, y la graduacion se traza de la misma manera. Sin embargo, para obtener la máxima humedad, metia Deluc el instrumento en el agua, método muy vicioso, y de nungun modo preferible al de Saussure.

Ambos á dos concuerdan en sus puntos extremos, pues que se graduan del mismo modo, pero no caminan con uniformidad, es decir, que colocados en un mismo gas no son idénticas sus indicaciones. En las inmediaciones del punto máximo de humedad son mas pequeñas las variaciones del de Saussure, y la inversa se verifica hácia la estrema sequedad.

17a. Volvamos de nuevo al higrómetro de Saussure. Las indicaciones de este instrumento son, segun hemos dicho, independientes de la temperatura, y marcan únicamente el estado de saturacion del aire á la temperatura de la observacion. Para poder deducir de ahí la fuerza elástica del vapor, era preciso saber la tension correspondiente á cada grado del higrómetro, y esto á todas temperaturas. Para un grado de calor conocido ó dado de antemano, no hay mas que mezclar 1, 2, 3, 4, 5... 9 volúmenes de aire saturados con 1, 2, 3, 4, 5... 9 volúmenes de aire seco, todos á la misma temperatura; de este modo tendríamos volúmenes iguales de aire que contendrian 0,1; 0,2; 0,3; ... 0,9

de la cantidad de vapor que se halla en el aire saturado; y observando entonces los grados del higrómetro en estas diversas mezclas, sabriamos las cantidades de vapor correspondientes á las indicaciones del instrumento. Este método aunque exacto ofrece inconvenientes al ponerlo en práctica.

18. Describiremos el método que empleaba Dulong. Colocaba dejaba de una campana un termómetro y un higrómetro, é introducía una cierta cantidad de gas, cuyo estado higrométrico determinaba en seguida. Servíase para esto de dos gasómetros, llenos, el primero de hidrógeno y de aire el segundo, que comunicaban por separado y mediante dos tubos bastante largos con un cañon que directamente iba á desembocar en la campana del higrómetro. En el primer tubo, en el del hidrógeno, habia corchos mojados; en el segundo cloruro de calcio y en el tubo comun fragmentos de porcelana para mezclar perfectamente los dos gases; despues de atravesar la campana, pasaban por otro tubo, que se sumerjia en el agua de cuyo modo se podian recojer; observábanse, en fin, las indicaciones del higrómetro y ya no quedaba mas que analizar el gas resultante.

Si por V designamos el volumen del gas hidrógeno y por V' el del aire, $V:V+V'$ es, con evidencia, el estado higrométrico de la mezcla; sin embargo, la valuacion exacta del volumen del aire exige una cierta correccion que vamos á indicar. Como antes de recojer la mezcla, los gases que la componen han atravesado el agua, es indudable que deben estar completamente saturados de vapor de ese líquido, llamando ahora f á la máxima tension de vapor á la temperatura que reinaba durante la observacion, y p á la de la atmósfera, $p-f$ será la que corresponde á la mezcla de los gases secos; por consiguiente el volumen de gas sobre que hemos operado y que designamos por M , no contiene mas que el volumen, $M(p-f):p$, de gas

seco, á la presión p ; y en ese caso el volumen del gas seco es igual á

$$\frac{M(p-f)}{p} - V.$$

19. M. Gay-Lussac ha resuelto el problema de que tratamos, siendo dada la temperatura de 40° por ejemplo, por un método muy sencillo en que acto continuo nos vamos á ocupar. Hay ciertas sustancias tan ávidas de agua, que desecan casi repentinamente los gases con que están en contacto, y cuando están combinadas con una cierta cantidad de agua, pierden parte de su energía higrométrica; si progresivamente se aumenta la cantidad de agua que tienen en disolución, emiten vapores en cantidades que van sucesivamente creciendo para una misma temperatura, y terminan por saturar completamente de vapor, como lo haría el agua pura, el espacio que las rodea. De manera que no hay mas que colocar en un globo de cristal ó campana un higrómetro y varias disoluciones cuya tensión se haya determinado de antemano haciéndolas pasar por la cámara del barómetro, para conocer la tensión del vapor correspondiente á la indicación del higrómetro.

De este modo M. Gay-Lussac ha formado la tabla siguiente.

Tabla de la fuerza elástica del vapor (y correspondencia de los grados del higrómetro á 40° de temperatura), expresada en centésimas partes de la tensión en el momento de la saturación.

Tensión del vapor.	Grados correspondientes del higrómetro.	Tensión del vapor.	Grados correspondientes del higrómetro.	Grados del higrómetro.	Tensiones correspondientes del vapor.	Grados del higrómetro.	Tensiones correspondientes del vapor.
0	0,00	26	47,55	0	0,00	26	12,59
1	2,19	27	48,86	1	0,45	27	15,54
2	4,57	28	50,18	2	0,90	28	18,69
3	6,56	29	51,49	3	1,35	29	21,25
4	8,75	30	52,81	4	1,80	30	24,78
5	10,94	31	53,96	5	2,25	31	28,56
6	12,95	32	55,11	6	2,71	32	31,94
7	14,92	33	56,27	7	3,18	33	36,52
8	16,92	34	57,42	8	3,64	34	41,40
9	18,91	35	58,58	9	4,10	35	47,68
10	20,91	36	59,61	10	4,57	36	54,50
11	22,81	37	60,64	11	5,05	37	61,92
12	24,71	38	61,66	12	5,52	38	69,54
13	26,61	39	62,69	13	6,00	39	77,16
14	28,51	40	63,72	14	6,48	40	85,58
15	30,41	41	64,65	15	6,96	41	94,45
16	32,08	42	65,55	16	7,46	42	103,12
17	33,76	43	66,45	17	7,95	43	112,79
18	35,45	44	67,54	18	8,45	44	122,46
19	37,11	45	68,24	19	8,95	45	132,15
20	38,78	46	69,05	20	9,45	46	142,89
21	40,27	47	69,85	21	9,97	47	153,59
22	41,76	48	70,62	22	10,49	48	164,52
23	43,26	49	71,42	23	11,01	49	175,06
24	44,75	50	72,21	24	11,55	50	186,79
25	46,24	51	72,94	25	12,05	51	198,58

Tension del vapor.	Grados correspondientes del higrómetro.	Tension del vapor.	Grados correspondientes del higrómetro.	Grados del higrómetro.	Tensiones correspondientes del vapor.	Grados del higrómetro.	Tensiones correspondientes del vapor.
52	75,68	77	88,99	52	29,58	77	56,74
53	74,41	78	89,31	53	30,17	78	58,24
54	75,14	79	90,03	54	30,97	79	59,75
55	75,84	80	90,55	55	31,76	80	61,22
56	76,54	81	91,05	56	32,66	81	62,89
57	77,24	82	91,55	57	33,57	82	64,37
58	77,88	83	92,05	58	34,47	83	66,24
59	78,55	84	92,54	59	35,37	84	67,92
60	79,22	85	93,04	60	36,28	85	69,59
61	79,84	86	93,52	61	37,14	86	71,49
62	80,46	87	94,00	62	38,04	87	73,59
63	81,08	88	94,48	63	38,96	88	75,29
64	81,70	89	94,95	64	40,59	89	77,19
65	82,52	90	95,45	65	41,42	90	79,09
66	82,90	91	95,90	66	42,58	91	81,09
67	83,48	92	96,56	67	43,75	92	83,08
68	84,06	93	96,82	68	44,49	93	85,08
69	84,64	94	97,29	69	46,04	94	87,07
70	85,22	95	97,75	70	47,19	95	89,06
71	85,77	96	98,20	71	48,51	96	91,25
72	86,51	97	98,69	72	49,82	97	93,44
73	86,86	98	99,10	73	51,14	98	95,65
74	87,41	99	99,53	74	52,45	99	97,81
75	87,95	100	100,00	75	53,76	100	100,00
76	88,47			76	55,25		

En la tabla anterior hemos comprendido dos tablas diferentes; en la primera se hallan los grados del higrómetro correspondientes á cada centésima parte de la fuerza elástica máxima del vapor, y en la segunda la fuerza elástica correspondiente á cada grado del higrómetro. Segun

los datos que de sí arrojan sus números, vemos que la dilatacion del cabello no es proporcional á la cantidad de humedad del aire, porque si sucesivamente se toman los grados del higrómetro que corresponden á 0,1,2,3, etc., décimas de vapor, se halla

0°	0,0	79°	0,6
22	0,1	85	0,7
59	0,2	90	0,8
55	0,5	95	0,9
64	0,4	100	1,0
72	0,5		

20. Como los números de las tablas que preceden estan calculados á 40° de temperatura, resulta que, cuando es diferente, dichas tablas no son útiles, pues que seria necesario para que á otra temperatura lo fueran, que la afinidad entre el cabello y el vapor fuese independiente del grado de calor, lo que probablemente no sucede; sin embargo, como está probado que esas variaciones no son muy considerables, puede hacerse uso de ellas, sin que por eso resulten grandes errores, con tal que las temperaturas no se hallen muy distantes de 40°.

21. Cuando se da un volumen cualquiera de aire, su temperatura y estado higrométrico, medido con el higrómetro de Saussure, es facil, con las tablas anteriores, determinar el peso del vapor que contiene. En efecto, conocida la temperatura del aire, no hay mas que acudir á la tabla del párrafo 205 b. (tomo primero) para saber la densidad máxima del vapor á esa temperatura, y multiplicándola por la tension del vapor correspondiente al grado del higrómetro, se tendrá la del vapor en el agua, y para

conocer el peso del vapor contenido en un volumen dado de aire, habrá que multiplicar la densidad obtenida por el peso de un volumen de agua igual al que buscamos. Propongámonos por ejemplo determinar el peso de vapor de agua contenido en 1 metro cúbico de aire á 40° de temperatura y 60° del higrómetro. La densidad del vapor á 40°, segun la tabla, es 0,00000974; la tension del vapor, correspondiente á 60° del higrómetro, es igual á 0,56 de la máxima tension; de suerte que la densidad del vapor en el aire es

$$0,00000974 \times 0,56 = 0,0000055;$$

y como un metro cúbico de agua pesa 1000 kil. ó 1,000000 gramas, resulta que el peso del vapor contenido en un metro cúbico de aire

$$= 0,0000055 \times 1000000 = 5,5.$$

22. Si quisieramos ahora comparar las cantidades absolutas de vapor, correspondientes á las indicaciones del higrómetro, tomadas á diferentes temperaturas, no habria mas que buscar en las tablas las tensiones equivalentes; y del mismo modo podrian hallarse las indicaciones del higrómetro á una misma temperatura. Supongamos por ejemplo, que en un cierto parage marca el higrómetro 50° y 45 el termómetro, que en otro sitio cualquiera los mismos instrumentos señalan respectivamente 60° y 40°, y que se desea saber cuales hubieran sido las tensiones y las indicaciones del higrómetro, si en ambos parages la temperatura hubiera sido 5°. Máxima tension del vapor á 45° = 0,042: tension del vapor á 50° del higrómetro = 0,277 de la máxima tension; así la tension en el primer sitio = 0,042 × 0,277 = 0,0055. Si bajase 40° la temperatura, permaneciendo constante la presion de la mezcla de aire y de vapores y suponiendo la contraccion del vapor igual á la de un gas, la fuerza elástica permanecería tambien la

misma; dividiendo ese número por la máxima tension á 5° que es 0,0069, se obtiene el núm. 0,47 que segun la tabla del párrafo 49 de este tomo da el número 70 para el grado correspondiente del higrómetro. Calculando del mismo modo, para el caso segundo, se halla que la tension del vapor á 5° es 0,0054 y que el higrómetro marca 72°.

25. Solo muy raras veces marca el higrómetro 100° en las capas inferiores de la atmósfera, aun cuando el tiempo esté lluvioso. El término medio de sus indicaciones en todas las estaciones del año es 72°, de donde se deduce que la cantidad media de vapor que hay en el aire es la mitad de la que corresponde á la saturacion. El límite de sequedad en la superficie de la tierra es generalmente 40°. En la cumbre de los Alpes nunca Saussure le vio descender de ese punto; el aire, en tales circunstancias, contiene un poco menos de la cuarta parte del que disuelve cuando está saturado.

Cuando se sube á grandes alturas se atraviesan capas de aire que no estan tan húmedas. En el viage aerostático de M. Gay-Lussac descendió el higrómetro á 26°, el termómetro se hallaba á -10°, y el aire contenia la octava parte del vapor que disuelve cuando está saturado.

De la delicuescencia.

24. Se dice que un cuerpo es delicuescente cuando absorve la humedad y se licua. Depende pues esa propiedad de la tension del vapor de la atmósfera; disminuye naturalmente de energía á medida que el aire se separa de su punto de saturacion, y cesa, para cada temperatura, cuando la tension del vapor llega á un cierto límite, pasado el cual, lejos de absorver el cuerpo humedad del aire, le comunica la que él posee. Recíprocamente los cuerpos que se desecan en el estado ordinario de la atmósfera, absor-

1481.

FACULTAD DE INGENIERIA