

empleados sobre todo en ferrocarriles, en los que tanto afecta á la seguridad de la explotación cualquier defecto que pase inadvertido en la recepción, así como también tiene tanta trascendencia económicamente, que si se adquiere una gran partida de material, como, por ejemplo, carriles, sin que reunan todas las condiciones necesarias para que tengan toda la larga vida que se les puede y debe exigir, y resulta ésta más corta por sufrir rápida inutilización por desgaste, es natural que se adopten todas las precauciones para comprobar sus verdaderas condiciones.

En este mismo sentido se ha ocupado Von R. Schaibe, consejero en Dresde de los ferrocarriles sajones, en el estudio que ha publicado en *Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahn*, en el cual anota la falta del ensayo de dureza al desgaste en los pliegos de condiciones é inserta un largo y amplio cuadro, que no se copia por su extensión, en el que hace resaltar las contradicciones existentes en los aceros para carriles usados en casi todos los ferrocarriles alemanes y austro-húngaros, entre el coeficiente de calidad de cada uno de ellos (deducidos de muy diverso modo) y los desgastes producidos por el paso de diverso número de millones de toneladas, necesario para producir el desgaste de un milímetro en el material colocado.

Para llenar esta laguna, dice, conviene tener muy en cuenta las cifras expuestas, y preconiza el empleo del ensayo al desgaste, bien por las piedras, arena á gran velocidad, etc.

En vista de todo lo expresado, tengo la honra de proponer al Congreso la siguiente conclusión, por lo que se refiere á la segunda parte de esta nota:

CONCLUSIÓN 2.^a—*Procede y es conveniente incluir en los pliegos de condiciones para la recepción de materiales metálicos, y en especial de carriles, algún ensayo que determine la resistencia al desgaste, por ahora sólo á título informativo, en número igual, por lo menos, al del actual ensayo de tracción, á insistir cerca de las entidades que, por tener elementos para ello, continúen los ensayos de esta clase por la gran utilidad que han de reportar para el completo conocimiento de los materiales metálicos.*

Madrid 20 de Septiembre de 1915.

PATRONES FOTOMÉTRICOS DE LLAMA (1)

POR

E. B. ROSA y E. C. CRITTENDEN

(Bulletin of The Bureau of Standards, vol. X, núm. 4.)

III. Experimentos con algunos tipos de lámparas.—1. Patrones empleados. 2. La lámpara Carcel.—3. La lámpara Hefner.—4. La lámpara Harcourt.—5. Conclusiones.

Las figuras 1.^a y 2.^a son la representación gráfica de la distribución de las observaciones correspondientes á dos lámparas típicas en las que la mayor parte de las evaluaciones se han hecho con humedades bajas, así es que la mayor parte de las curvas se han dibujado con un número pequeño de observaciones con humedades elevadas. Éstas se hicieron en las condiciones menos favorables para la precisión: los números de la tabla 3.^a demuestran las grandes variaciones debidas, probablemente, á los errores accidentales de medida. Sin embargo, no es posible considerar con absoluta independencia los valores que figuran en la tabla para cada lámpara porque en cada serie de medidas las determinaciones correspondientes al grupo total de lámparas se

hicieron sin interrupción, y la conformidad entre los resultados obtenidos, es, por lo tanto, menos significativa, de lo que sería si los experimentos se hubieran hecho en épocas distintas.

Con las lámparas de pentano se han hecho muchos más experimentos, los suficientes para hacer varias determinaciones, completamente independientes entre sí del factor de corrección. En la tabla 4.^a se consignan los resultados publicados en 1910, que son consecuencia de observaciones representadas gráficamente en las figuras 3.^a y 4.^a

Tabla 4.^a

Coficiente del vapor de agua para lámparas de pentano.

El coeficiente que se da es el tanto por ciento de disminución de la potencia luminosa producido por un aumento de un litro de vapor de agua por metro cúbico de aire.

LÁMPARA	Número de observaciones.	Coficiente.	Vapor de agua. Litros por m ³ de aire.
Chance, núm. 116..	220	0,569	4,0-27,0
Idem, núm. 118.....	81	0,572	14,1-26,8
Sugg, núm. 171.....	165	0,561	4,0-27,0
Media.....	»	0,577	»
American, núm. 25.....	42	0,577	5,0-14,3
Idem, núm. 74.....	43	0,558	5,0-27,0
Idem, núm. 157.....	46	0,570	18,2-26,8
Idem, núm. 162.....	31	0,562	13,7-26,0
TOTAL.....	628	»	»
Media.....	»	0,567	»
MEDIA TOTAL.....	»	0,567	»

Se llega al mismo valor del coeficiente con humedades bajas (4 á 14 litros por metro cúbico) que con elevadas (14 á 27 litros por metro cúbico), es decir, que la ley que liga la potencia luminosa con la humedad es una función lineal entre los límites de humedad de los experimentos. Se ha obtenido el mismo coeficiente con lámparas antiguas que con americanas, y los resultados correspondientes á lámparas distintas ensayadas en épocas diferentes y con varias humedades concuerdan bastante bien. El valor medio 0,567 por 100 de variación en la potencia luminosa producido por un incremento de un litro de vapor de agua por metro cúbico de aire, deducido de 628 observaciones en siete lámparas distintas, parece que puede aceptarse sin vacilación.

Al no haber motivo para dudar de que debía aceptarse para valor del coeficiente de corrección el más pequeño de los obtenidos, por lo menos en las condiciones en que se experimentó en el Bureau of Standards, se trató de averiguar el motivo de que el valor encontrado en Inglaterra fuera tan grande. Los experimentos de Mr. Paterson con la lámpara de pentano se hicieron con todo cuidado y constituyen una labor de mucho mérito, aunque, como ya se ha indicado anteriormente, la humedad se evaluó con higrómetros ordinarios sin ventilación, mientras que en el Bureau of Standards se empleó siempre el aparato de Assmann.

El Dr. Glasebrook, en la Memoria en que da cuenta de la modificación de la humedad normal, dice: «Una serie completa de experimentos ha demostrado que la constante 0,066 de la fórmula sirve para todos los higrómetros, tengan ó no ventilación». Lo cual quiere decir que se obtiene el mismo valor para la constante cuando la humedad se deduce de observaciones hechas con higrómetros sin ventilar, pero empleando la fórmula ó las tablas preparadas para los aparatos con ventilación, con la única alteración de sustituir el núm. 10 por el 8 en el paréntesis de la fórmula. Lo dicho equivale á desplazar paralelamente á sí misma

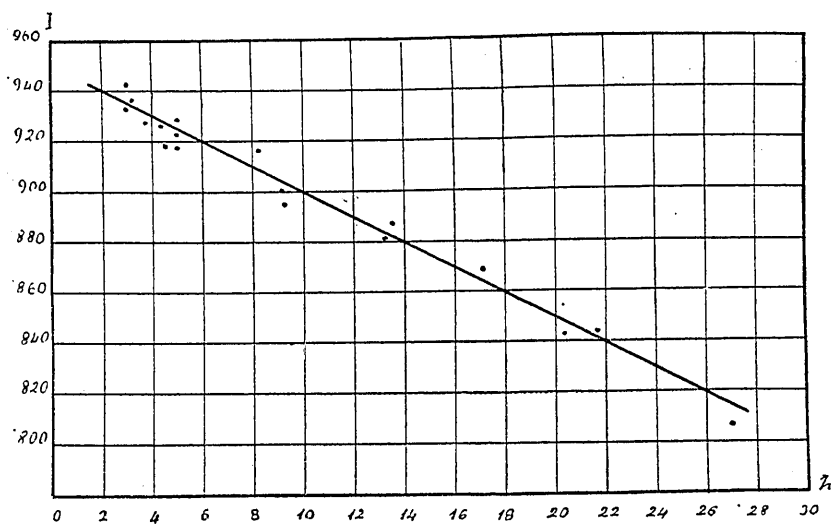
(1) Véase el número 2095.

la línea que tiene por ecuación la fórmula de corrección, aunque claro está que esto sólo puede hacerse en condiciones especiales.

En un higrómetro sin ventilación el aire que rodea al termómetro mojado retiene parte de la humedad tomada por evapora-

á la misma temperatura; en el primer caso se encuentra que su potencia luminosa es 10 bujías internacionales y en el segundo 9,32.

La variación de 0,68 bujías es producida por la de 12 litros de vapor de agua por metro cúbico de aire, y como la pri-



$$I = 0,906 [1 + 0,00564 (8,8 - h)]$$

I = Potencia luminosa con la corrección por la presión barométrica.

h = Litros de vapor de agua por metro cúbico de aire.

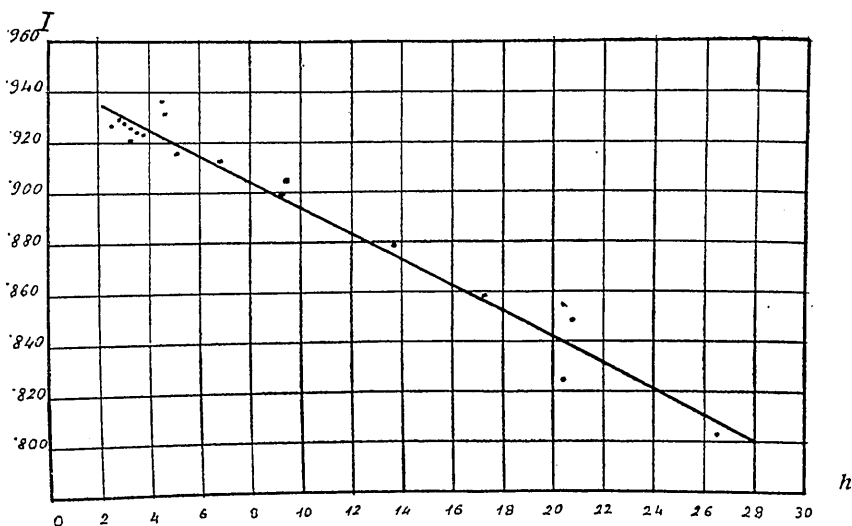
Lámpara Hefner núm. 887.

Fig. 1.ª

ción, con lo cual ésta se retrasa, mientras que en el aparato Assmann el aire que le rodea se renueva con tal rapidez, que se puede admitir que constantemente tiene la misma humedad que el del local en que aquél está instalado; á tal circunstancia se debe que el descenso del primer aparato sea mayor que el del segundo. La diferencia, que es muy grande con humedades bajas, dis-

mera es proporcional á la segunda, el coeficiente de corrección es $\frac{0,68}{12} = 0,057$. Pero si se hubiera empleado un higrómetro

sin ventilación y una fórmula equivocada, de tal manera que la primera humedad fuera 10 en lugar de 8, la segunda sería la correspondiente á la saturación completa, la cual, según las ta-



$$I = 0,900 [1 + 0,00578 (8,8 - h)]$$

I = Potencia luminosa con la corrección por la presión barométrica.

h = Litros de vapor de agua por metro cúbico de aire.

Lámpara Hefner núm. 1.343.

Fig. 2.ª

minuye al aumentar éstas y se reduce á cero en la saturación. Es decir, que el descenso de la columna del termómetro húmedo es nulo en ambos higrómetros cuando el aire está saturado, y las humedades por ellos indicadas serán las mismas.

Supóngase, por ejemplo, que se tara una lámpara de pentano en aire que contiene 8 litros de vapor de agua por metro cúbico de aire á 18° C., y después en aire con 20 litros de vapor de agua

blas, es 20 litros por metro cúbico á 18° C., y el coeficiente hubiera sido $\frac{0,68}{10} = 0,068$.

Esto demuestra que debe haber un error en el coeficiente encontrado si las evaluaciones con diferentes humedades se hacen á la misma temperatura. Si las humedades grandes coinciden con temperaturas altas, como sucede generalmente, el error dis-

minuirá y será posible escoger humedades y temperaturas de manera que siempre se obtenga el mismo error en el vapor de agua, obteniendo para el coeficiente de humedad un valor correcto.

Míster Pienkowsky, de la Sección de Pesas y Medidas del Bureau of Standards, ha tenido en observación, durante varios

Las tablas de Jelinek, para una presión barométrica media de 755 milímetros, dan los siguientes valores para el producto Ab :

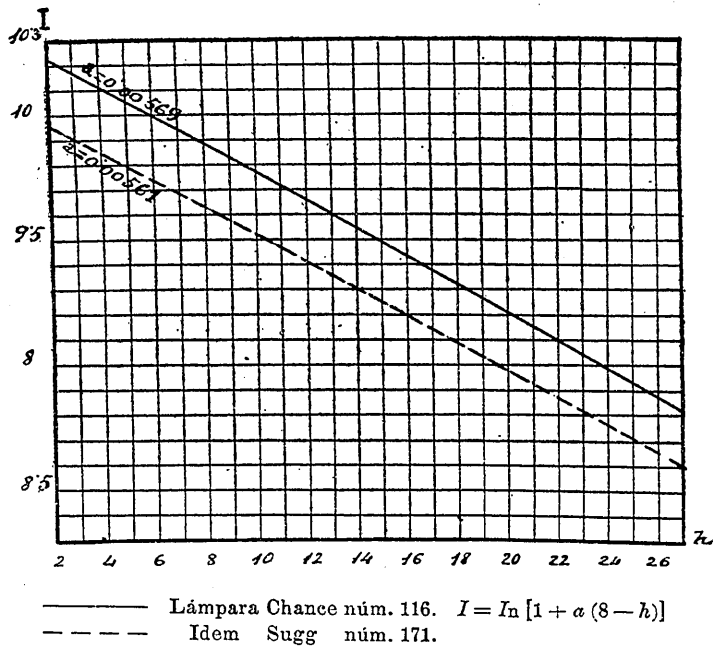
1. Aire tranquilo.....	0,906
2. Idem con movimiento ligero.....	0,604
3. Idem id. rápido.....	0,495

El coeficiente que se obtiene con el higrómetro Assmann es 0,500. Míster Pienkowsky ha evaluado la humedad con aparatos sin ventilar empleando la constante 0,906, y la 0,495 con el higrómetro Assmann, obteniendo resultados que concuerdan entre sí todo lo que es de esperar. Pero cuando se emplea la misma fórmula con ambos aparatos, el primero, en el cual los descensos del termómetro húmedo son, por lo general, inferiores ($0^{\circ},5$ á 3° C.), da humedades demasiado grandes, con diferencias que varían desde 1 á 4 litros de vapor de agua por metro cúbico de aire, que dependen de la humedad absoluta y de la temperatura, siendo tanto más pequeñas cuanto mayor es la humedad y la temperatura más baja. Dicha diferencia no es constante, siéndolo la humedad relativa, cuando la temperatura y la humedad varían. Con objeto de determinar el valor medio de la diferencia entre los dos métodos para obtener la humedad, se utilizaron algunas observaciones de Mr. Pienkowsky, aplicando á las indicaciones del higrómetro sin ventilar la fórmula del otro aparato y comparando las diferencias con las humedades actuales. El resultado medio obtenido es, que 10 litros de vapor de agua por metro cúbico de aire seco en un aparato sin ventilar, corresponden á 6 en el de Assmann cuando la temperatura es unos 20° C., que es con la que se hicieron los experimentos; de haber sido 15° C., la diferencia valdría unos 2 litros. Estas conclusiones se han comprobado con la fórmula, empleando el coeficiente 0,906 con el primer aparato y el 0,495 con el segundo.

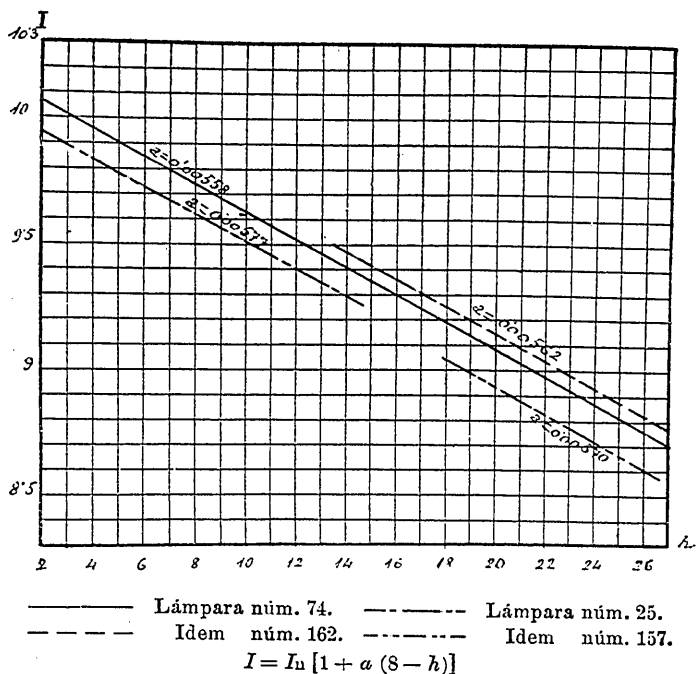
No son conocidas las fórmulas empleadas por Mr. Paterson para determinar su coeficiente de humedad con higrómetros con ventilación, pero de los datos que ha proporcionado al Bureau of Standards, parece deducirse que en sus mediciones adoptó una relación media entre humedad y temperatura tal, que el error en la determinación de la humedad fuera prácticamente constante y valiera unos 2 litros.

Después de publicados los resultados obtenidos en el Bureau of Standards, antes consignados, se publicó el trabajo de Butterfield, Haldane y Trotter: por otra parte, la correspondencia con el National Physical Laboratory, no llegó á explicar las diferencias entre los valores de unos y de otros. A consecuencia de esto se revisaron todas las observaciones del Bureau of Standards y se rehicieron los cálculos. Las presiones barométricas originales se leían en un barógrafo, comprobado periódicamente, pero se notó que por el empleo de tal aparato se habían deslizado algunos errores pequeños, razón por la cual, al rehacer los cálculos se hizo uso de las presiones barométricas corregidas facilitadas por W. C. Bishop. La influencia de esta rectificación sobre el resultado medio fué nula en absoluto, mientras que las tres lámparas taradas con humedades grandes concordaron mucho más con dicha media, obteniéndose los coeficientes 0,568, 0,565 y 0,564, respectivamente. Esta conformidad significa, con relación á la potencia luminosa, que las curvas deducidas dan los mismos valores relativos para las tres lámparas con humedades bajas y altas, no llegando las diferencias á 0,1 por 100.

Durante los años 1911 y 1912 se hicieron unos 2.300 experimentos con 27 lámparas distintas, obteniéndose resultados idénticos á los que figuran en la tabla 4.^a; por lo que hace á los errores accidentales, el valor deducido para el coeficiente puede con-

Fig. 3.^a

años y en el mismo local, un higrómetro de termómetro seco y húmedo sin ventilar y otro Assmann con ventilación, y calculó las humedades correspondientes según las indicaciones de cada uno de ellos. La diferencia entre la presión e_1 del vapor de agua saturado á la temperatura t_1 del termómetro húmedo y la e del

Fig. 4.^a

que hay en la atmósfera, puede expresarse por la fórmula siguiente:

$$e_1 - e = Ab(t - t_1)$$

en la cual $(t - t_1)$ es el descenso de temperatura del termómetro húmedo, b la presión barométrica y A una constante que depende del aparato y de la velocidad del aire que circula alrededor del termómetro.

siderarse como definitivo siempre que las condiciones en que se opere sean las mismas que las de aquellos experimentos.

La influencia directa de la temperatura sobre la potencia luminosa puede constituir una explicación posible de las diferencias tan grandes entre los resultados á que se llega en los distintos laboratorios. Las variaciones de temperatura y de humedad están tan íntimamente ligadas entre sí, que la llamada corrección por la humedad representa los efectos combinados de esas variaciones. La variación relativa de tales elementos no ha de ser la misma en todos los laboratorios: por ejemplo, los experimentos hechos en el Bureau of Standards lo han sido con humedades mayores que los del National Physical Laboratory; mientras que los límites de temperatura fueron los mismos en los dos laboratorios, siendo más alta, sin embargo, la temperatura media del primero. Nada hay que indique de una manera precisa que las variaciones corrientes de temperatura en los locales de un laboratorio ejerzan influencia alguna sobre la potencia luminosa de las lámparas Hefner y Harcourt; tanto Paterson como Butterfield, Haldane y Trotter han llegado á la conclusión de que dichas variaciones no afectan á la segunda. Parece, por lo tanto, imposible, que la influencia de la temperatura constituya la solución de la cuestión planteada.

Hay que notar que cuando la ventilación es insuficiente existe cierta relación entre la humedad y la alteración que experimenta la composición del aire, debido á que las mismas reacciones que llevan consigo el consumo del oxígeno de éste producen vapor de agua en cantidades grandes. Cuando la ventilación no es constante, hay cierta tendencia á la coincidencia de las humedades elevadas con la falta de ventilación, porque siempre que ésta sea insuficiente el vapor de agua producido por las lámparas y por los observadores aumentará la humedad. En los locales en que las corrientes de aire dependan de la diferencias de temperatura entre el interior y el exterior los efectos producidos por las diferencias de temperatura serán aún más grandes, aunque menores en verano, y entonces los efectos de la humedad, tendrán, en apariencia, más importancia.

Los experimentos á que se hace referencia en el presente trabajo se hicieron en una habitación que recibía el aire procedente de una instalación de ventilación artificial con lo cual se eliminaban por completo las influencias atmosféricas exteriores; además, para expulsar con rapidez el aire que rodea á la lámpara y con él los productos de la combustión, se colocó encima de aquélla una chimenea con un tubo en comunicación con el de salida de la tubería de ventilación artificial. Así se logró que la renovación del aire fuera satisfactoria, como lo prueba el hecho de que funcionaran las lámparas sin interrupción durante varias horas, permaneciendo sensiblemente constante su intensidad, y el de que ésta tampoco aumentara al colocar en una ventana un ventilador que inyectara aire del exterior, renovando por completo y en poco tiempo el del interior. Butterfield, Haldane y Trotter, que experimentaron con ventilación insuficiente, determinaban á intervalos regulares de tiempo la dosis de óxido decarbono del aire y hacían las correcciones correspondientes; el valor que encontraron para el coeficiente de humedad es mayor que los obtenidos en el Bureau of Standards y en el Reichsanstalt, donde aquellas correcciones no eran necesarias.

5. FÓRMULAS COMPLETAS PARA LAS LÁMPARAS HEFNER Y HARCOURT.

Al reducir á condiciones normales los datos que se discuten en lo que sigue, se han empleado los coeficientes de Liebethal con las lámparas Hefner; en las de pentano se ha modificado la fórmula oficial, adoptando para coeficiente de vapor de agua el va-

lor 0,0057 hallado por el Bureau of Standards. La fórmula para la lámpara Hefner es

$$I = I_n [1 + 0,0055 (8,8 - h) - 0,00011 (760 - b)]$$

y la correspondiente á la de pentano:

$$I = I_n [1 + 0,0057 (8,0 - h) - 0,0008 (760 - b)]$$

en las cuales I es la potencia luminosa de la lámpara observada en condiciones atmosféricas dadas, I_n la denominada normal con la humedad de 8,8 ú 8,0 litros de vapor de agua por metro cúbico de aire y con la presión barométrica 760 milímetros; h es el número de litros de vapor de agua por metro cúbico de aire que indica el psicrómetro Assmann, y b la presión barométrica en milímetros (1).

No se especifica el valor de I_n en ninguna de las lámparas; hay que determinarle en cada experimento. Si se llama A y B , respectivamente, á los términos de corrección,

$$I = I_n (1 + A - B)$$

$$I_n = \frac{I}{1 + A - B}$$

Para formar juicio sobre el funcionamiento de una lámpara, se calculan, con la fórmula anterior, los valores de I_n que corresponden á cada uno de los I observados, y se examina la concordancia que hay entre ellos, ó entre sus medias, en lámparas distintas del mismo tipo, y si estos valores medios son 10 bujías en las de pentano y 9 décimas en las Hefner.

III.—Experimentos con algunos tipos de lámparas.

1. PATRONES EMPLEADOS.

La tara de los patrones fotométricos de llama con los eléctricos del Bureau of Standards (16 lámparas candentes de carbón, que consumen 4 vatios por bujía) se obtiene por la comparación de focos luminosos, entre los que existe una marcada diferencia de color, excepto la lámpara Carcel; tal circunstancia constituye una dificultad muy seria con las Harcourt y Hefner, sobre todo con ésta, porque, además de ser rojiza la llama, su potencia luminosa es relativamente pequeña, lo cual contribuye á que los experimentos no puedan hacerse con la precisión que con la de pentano. Para eliminar la influencia del color de las llamas se calibraron patrones eléctricos que habían de funcionar con voltajes inferiores al normal; de esta manera, los errores inherentes á tales patrones influirán lo mismo en los valores que se obtengan para las lámparas de llama. No se tratarán aquí las cuestiones relativas á la fotometría heterocromática, no siendo probable que los resultados obtenidos por otros experimentadores difieran en más del 0,5 por 100 de los correspondientes al caso en que los patrones eléctricos empleados son los que anulan la influencia del color de la llama de la lámpara de pentano; pero cuando es la de la Hefner, las diferencias entre experimentos completamente independientes pueden llegar al 1 por 100.

Ω

(Continuará.)

(1) Los coeficientes 0,00011 y 0,0008 sólo se aplican cuando las presiones se diferencian poco de la normal: si son más altas la variación disminuye y si más bajas aumenta. Es muy probable que cuando terminen los experimentos que se están haciendo en el Bureau of Standards se reduzca á 0,0006 el coeficiente de la lámpara de pentano con presión normal.