Max Planck, 1900, Berlin

Una Mejora de la Ecuación de Wien para el Espectro

El interesante resultado de la medición de energía espectral en longitudes de onda largas, comunicado al día de hoy por el Sr. Kurlbaum, obtenido por él mismo y por el Sr. Rubens, confirman lo establecido por los srs. Lummer y Pringsheim, basado en sus observaciones de la ley de Distribución de Energía de Wien, de que no tiene una validez general, teniendo esta ley el carácter de validez para algún caso limitado a lo sumo, simplemente para aquellos casos de longitudes de onda largas y bajas temperaturas [1*]. Puesto que yo mismo he expresado en esta misma Sociedad que la Ley de Wien debe ser necesariamente correcta, solicitaría se me permitiera explicar brevemente la relación entre la teoría electromagnética desarrollada y los datos experimentales.

La ley de distribución de la energía está determinada según esta teoría en cuanto que la entropía S de un resonador lineal que actúa recíprocamente con la radiación es conocida como función de la energía vibracional U. Expongo, sin embargo, en mi último artículo [1], que la ley de aumento de entropía no es por si misma suficiente para determinar completamente esta función. Mi convicción de que la Ley de Wien es de validez general, se debe a otras especiales consideraciones, a saber, evaluando un aumento de la entropía en un conjunto de n resonadores idénticos en un campo estacionario de radiación por dos métodos diferentes, que nos llevan a la ecuación

$$dU_n.\Delta U_n.f(U_n) = ndU.\Delta U.f(U)$$

Donde

$$U_n = nU \ \textbf{y} \ f(U) = -\frac{3}{5}\frac{d^2S}{dU^2}$$

Desde esta ecuación, la Ley de Wien obedece la fórmula

$$\frac{d^2S}{dU^2} = \frac{const}{U}$$

La expresión de la derecha de esta ecuación funcional es ciertamente el antes mencionado hecho de que el cambio de entropía en los n procesos idénticos ocurren de forma independiente. El cambio de entropía, simplemente, se

superpone. Sin embargo, considero la posibilidad, aun cuando no es fácilmente comprensible, y, en todo caso, sería difícil de probar, que la expresión de la izquierda no tendría el significado general que le habíamos atribuido antes. En otras palabras: que los valores de $U_n, dU_n, \Delta U_n$ no son suficientes para determinar el cambio de entropía, sino que hemos de considerar para ello que el valor de la energía U debe ser conocida. Siguiendo esta sugerencia he empezado a construir expresiones completamente arbitrarias para la entropía que, aunque finalmente son más complicadas que la expresión de la ley de Wien, parecen satisfacer todavía completamente los requisitos de la teoría termodinámica y electromagnética.

Me atrajo especialmente una de las expresiones así construidas que es casi tan simple como la expresión de Wien y que merece ser investigada, dado que la expresión de Wien no es suficiente para cubrir todas las observaciones.

Conseguimos la expresión poniendo [2*]:

$$\frac{d^2S}{dU^2} = \frac{\alpha}{U(\beta + U)}$$

Es, desde luego, más simple que todas las expresiones que presentan a S como una función logarítmica de U –lo que es sugerido por consideraciones de probabilidad- y que se reduce a la expresión de Wien para valores pequeños de U. Usando la relación

$$\frac{dS}{dU} = \frac{1}{T}$$

Y la Ley del "desplazamiento" de Wien [3*], se consigue una fórmula con dos constantes:

$$E = \frac{C.\lambda^{-5}}{e^{c/\lambda T} - 1}$$

Que, hasta donde puedo ver en este momento, y a la vista de los datos observacionales publicados hasta ahora, es tan satisfactoria como las mejores ecuaciones presentadas para el estudio espectral, a saber, las de Thiesen[2] [4*] Lummer–Jahnke[4], y Lummer–Pringsheim [5]. (Lo cual fue demostrado con algunos ejemplos numéricos.) Deben permitirme por consiguiente atraer su atención a esta nueva fórmula que considero puede ser la más simple posible, aparte de la expresión de Wien, desde el punto de vista de la teoría electromagnética de la radiación.

Notas del texto:

[1*] Mr. Paschen me ha escrito recientemente, indicándome que él también ha encontrado recientemente desviaciones apreciables de la ley de Wien.
[2*] Uso la segunda derivada de S con respecto de U, dado que esta cantidad tiene un significado físico simple.
[3*] La expresión de la Ley del Desplazamiento de Wien es simplemente $S = f(U/\nu)$, donde ν es la frecuencia del resonador, como mostraré en otro lugar.
[4*] Se puede observar que el Sr. Thiesen había escrito su fórmula antes de que los srs Lummer y Pringsheim hubieran extendido sus medidas a longitudes de onda más largas. Doy énfasis a este punto, dado que hice una declaración de lo contrario [3] antes de que fuera publicado el artículo.

Referencias

[1] M. Planck Am. Physik. 1, 730 (1900);
[2] M. Thiesen, Verh. D. Phys. Ges. Berlin 2, 67 (1900);
[3] M. Planck, Ann. Physik 1, 719 (1900);
[4] O. Lummer and E. Jahnke, Ann. Physik Lpz. 3, 288 (1900);
[5] O. Lummer and E. Pringsheim, Verh. Dtsch. Phys. Ges. Berlin 2, 174 (1900)

Versión al castellano desde la traducción inglesa "The Old Quantum Theory," ed. by D. ter Haar, Pergamon Press, 1967, p. 79