

Ley de Stefan-Boltzmann

LUIS F. HORTA C.

FABIAN C. PASTRANA C.

SANTIAGO RAMIREZ V.

8 de abril de 2018

Resumen

El objetivo de esta práctica fue comprobar la ley de Stefan-Boltzmann y estudiar el comportamiento de la intensidad en función de la distancia, todo esto se realizó en un montaje de Pasco, en un sistema de radiación térmica. Tomados varios datos para distintas temperaturas y distintas distancias, se analizaron y se llegó a la conclusión de que la teorización de la ley de Stefan-Boltzmann es consecuente con la práctica y que la intensidad varía con el inverso del cuadrado de la distancia.

I. INTRODUCCIÓN

La superficie de todo cuerpo que se encuentra a una temperatura mayor que el cero absoluto emite energía, es decir, todos los cuerpos radian energía electromagnética, la cantidad y característica de esta radiación depende de dos factores, su temperatura y la naturaleza de su superficie; así mismo como son emisores, también absorben energía.

Para estudiar el fenómeno de esta radiación térmica, a finales del siglo XIX se pensó en un objeto ideal llamado cuerpo negro, el cual tiene la propiedad de absorber toda la radiación incidente y emitir únicamente la radiación térmica debido a su temperatura.

En 1879 Josef Stefan encontró empíricamente la relación entre la intensidad irradiada y la temperatura de un cuerpo negro, la cual Ludwig Boltzmann encontró cinco años más tarde por medio de la teoría termodinámica clásica y esta dada por [3]

$$I = \sigma T^4 \quad (1)$$

En donde I es la intensidad, T la temperatura del cuerpo negro y $\sigma = 5.6703 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ la constante de Stefan-Boltzmann [5].

II. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL Y PROCEDIMIENTO

Para la práctica es necesario el siguiente equipo:

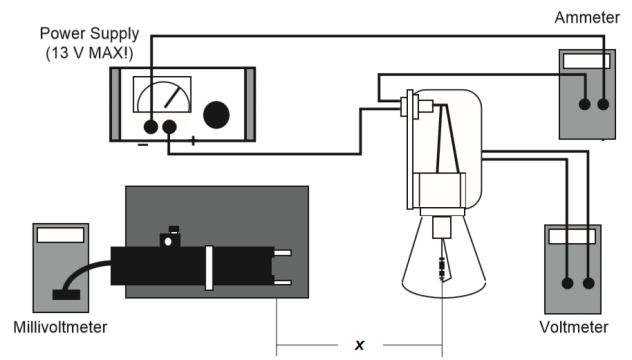


Figura 1: Configuración del experimento[4]

Un sensor de radiación que mide las intensidades relativas de la radiación térmica incidente, este posee un elemento de detección, una termo-pila miniatura que produce un voltaje proporcional a la intensidad de la radiación. Los voltajes producidos varían desde el rango de micro voltios hasta alrededor de 100 mili voltios; Una lámpara de altas temperaturas que es una fuente de radiación térmica. Las altas temperatura simplifica el análisis porque la cuarta potencia de la temperatura ambiente es insignificante en comparación con la cuarta potencia de la alta temperatura del filamento de la lámpara. Una fuente de poder y por último dos multímetros (en nuestro caso uno de ellos viene incorporado a la fuente de poder).

La temperatura del filamento se determina midiendo cuidadosamente el voltaje y la corriente en

la lámpara, el voltaje dividido por la corriente da la resistencia del filamento y este se divide por el voltaje de referencia (5Ω) obteniendo así la resistencia relativa, adicionalmente el manual de pasco [4] indica cómo calcular la temperatura del filamento cuando estas son altas, se hace con una serie de datos que a cada valor relativo de resistencia nos arroja una temperatura, así haciendo interpolaciones se calcula estas temperaturas.

Una vez ya con el montaje experimental preparado se procede a la toma de datos, que se realizó de la siguiente manera; se divide en dos partes, para la primera se varió la distancia del filamento al sensor de radiación, manteniendo el voltaje emisor constante, en nuestro caso $10V$, se determina la resistencia del filamento para los $10V$, se realiza una grafica de distancia *vs* voltaje insidente. Para la segunda parte se escoge a conveniencia una determinada distancia de inicio, en este caso $6cm$, se empezó a variriar la temperatura de la lampara variando el voltaje de está, al igual que en la primra parte se determina la resistencia del filamento para cada una de los distintos voltajes.

Este trabajo se realizo a una tempreratura ambiente de $293K$, la resistencia de referencia del montaje es de $0,5\Omega$. [4]

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A partir de los datos obtenidos se obtuvieron las siguientes graficas.

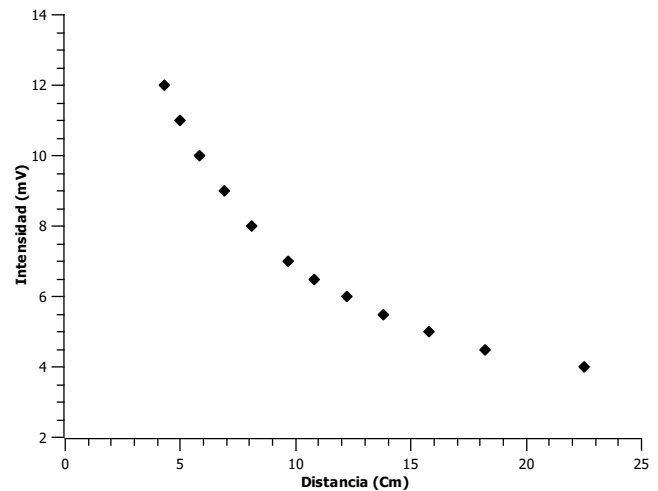


Figura 2: Grafica Intensidad *vs* distancia [4]

Observando el comportamiento del experimento se puede apreciar a partir de la gráfica de intensidad *vs* distancia, que a medida que la distancia crece la intensidad disminuye del orden del inverso al cuadrado de la distancia, lo que es de esperarse ya que a medida que alejamos el sensor del filamento es más difícil que este caliente dicho sensor. Esto tiene como consecuencia la disminución de la intensidad de corriente que marca el multímetro, y el porque de la grafica. Corroborando lo anterior-

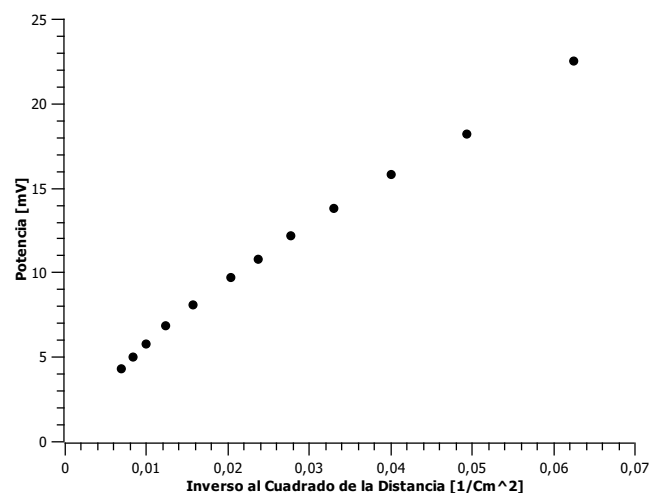


Figura 3: Grafica de Potencia *vs* el inverso cuadrado de la distancia. [4]

mente mencionado se graficó la intensidad *vs* el inverso del cuadrado de la distancia, de donde se puede apreciar que, realizando una regresión lineal

el coeficiente de correlación es muy cercano a 1, como se aprecia en la figura 3.

Para la segunda parte, habiendo realizado ya toda la práctica y con los datos tomados se realizó las gráficas 5 y 4. En la gráfica 4 se observa claramente un crecimiento potencial, así pues, realizando una regresión de potencia del estilo $y = a + bx^c$, se encontró con una precisión muy buena de que $c = 4,00000037$, es decir, el comportamiento de la intensidad en función de la temperatura se comporta con la cuarta potencia de esta, con esto se comprueba de que la ley de Stefan-Boltzmann

$$I = \sigma T^4$$

sí es consecuente con el comportamiento real.

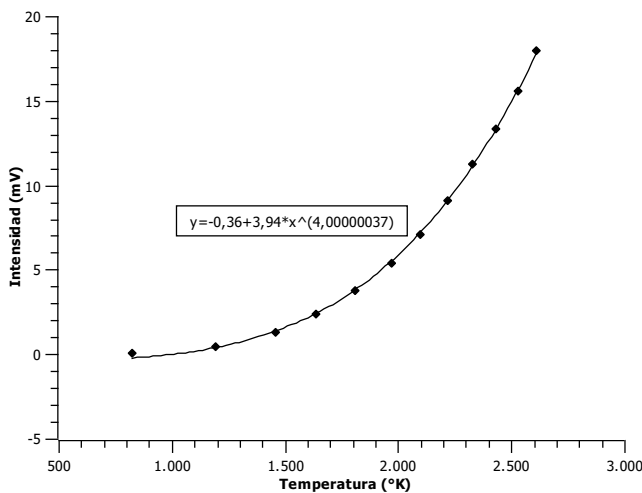


Figura 4: Gráfica de la potencia vs la temperatura

Habiendo conocido ya que la relación va con la cuarta potencia de la temperatura, se graficó la intensidad en función de la cuarta potencia de la temperatura en escala logarítmica en ambos ejes como se muestra en la figura 5, se aprecia que los datos tienden a ser una línea recta, y haciendo ya la regresión lineal con un polinomio de grado 4, se puede apreciar de que tiende a ser una línea recta y que pasa por todos los puntos a excepción del primero, es decir que el comportamiento se acerca mucho a ser, o sí es con la cuarta potencia, el hecho de que la regresión no pase por el primer punto puede ser debido a imprecisiones de la toma de datos ya que al ser el primero, el cual tenía la

temperatura muy baja, pudo no haber irradiado lo suficientemente fuerte y el sensor no tomara los datos en su totalidad ya que se pudo haber perdido información por ser un dato tomado a baja energía.

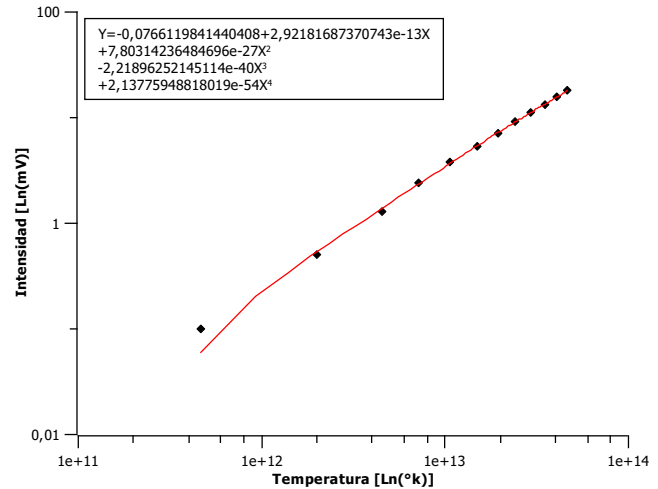


Figura 5: Gráfica de la potencia vs la temperatura a la cuarta potencia

Así pues, con la regresión potencial con un valor de potencia muy cercano a 4 en la gráfica de intensidad en función de la temperatura, y el comportamiento cuasi-lineal en la relación de la intensidad en función de la cuarta potencia de la temperatura, nos da vía libre para confirmar que la relación entre la intensidad de radiación por área por segundo es directamente proporcional a la cuarta potencia de la temperatura, comprobando así la ley de Stefan Boltzmann.

IV. CONCLUSIONES

- Se comprobó experimentalmente la veracidad de la relación entre la intensidad y la temperatura en la ley de Stefan-Boltzmann, que nos indica que la intensidad varía con la cuarta potencia de la temperatura.
- Se evidenció que la intensidad varía con el inverso del cuadrado de la distancia.

REFERENCIAS

- [1] A. C. M. Jim Napolita, *Experiments in Modern Physics*. Second Edition. USA: ACADEMIC

PRESS.

- [2] R. Eisberg, *Física Cuántica*. Limusa, México D.F (1983).
- [3] Kenneth S. Krane, *Modern Physics*. Third edition. United States es of America:: JOHNJOHN WILEY & SONS, INCWILEY & SONS, INC.
- [4] PASCO Scientific, *Instruction Manual: Thermal Radiation Sytem* Pasco. (1988)
- [5] Raymond A. Serway, John W. Jewett, Jr., *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics* Ninth Edition. USA. BROOKS/COLE, CENGAGE Learning. (2014)