

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FÍSICA CALOR Y ONDAS

GRUPO 1

Informe de Laboratorio No. VI

LEY DE STEFAN-BOLTZMANN PARA LA RADIACIÓN

Mauro González, T00067622

German De Armas Castaño, T00068765

Angel Vega Rodriguez, T00068186

Juan Jose Osorio Ariza, T00067316

Jorge Alberto Rueda Salgado, T00068722

Revisado Por

Duban Andres Paternina Verona

15 de octubre de 2023

1. Introducción

La Ley de Stefan-Boltzmann es un principio físico crucial que conecta la temperatura y la radiación emitida por un cuerpo. Esta relación se aplica en muchas áreas, desde la astronomía hasta la termodinámica y la ciencia de materiales. En esta práctica de laboratorio, utilizaremos una termopila para medir la temperatura absoluta de un objeto y cuantificar su radiación térmica. Esto se basa en la Ley de Stefan-Boltzmann y nos ayudará a comprender cómo los objetos emiten radiación en función de su temperatura. A través de esta experiencia, adquiriremos habilidades para aplicar este principio en investigaciones y experimentos prácticos, además de comprender y modelar una amplia gama de fenómenos físicos y procesos naturales, en este caso estudiando la radiación de cuerpos negros.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Comprender la relación entre la temperatura y la radiación térmica, aplicando la ley de Stefan-Boltzmann a través de la calibración de una termopila en un experimento con un cilindro de latón como aproximación a un cuerpo negro.

2.2. Objetivos específicos

- ▷ Medir la radiación térmica emitida por un cilindro de latón calentado a diferentes temperaturas en un horno eléctrico.
- ▷ Determinar la temperatura absoluta del cilindro de acuerdo con la ley de Stefan-Boltzmann.
- ▷ Explorar la relación entre la temperatura y la radiación térmica, apoyándonos en cómo la radiación aumenta con proporcional a la temperatura.
- ▷ Comprender el concepto de la emisión de energía en forma de radiación térmica en función de la temperatura de un objeto.

3. Marco Teórico

3.1. Cuerpo negro [1]

El término “cuerpo negro” se emplea para describir un objeto, ya sea teórico o ideal, que absorbe toda la radiación del espectro electromagnético que incide sobre él, sin importar su longitud de onda o frecuencia. La característica esencial de un cuerpo negro es su capacidad para absorber y emitir radiación de manera completa e ideal. Cuando uno de estos objetos,

llamados “cuerpo negro”, se encuentra en equilibrio térmico y mantiene una temperatura constante, emite una cantidad de radiación igual a la que absorbe. En caso contrario, si no está en equilibrio térmico, su temperatura experimentará variaciones.

3.2. Descripción del “cuerpo negro” a utilizar

En la experiencia 6, se empleará el “Black body accessory” como una representación aproximada de un cuerpo negro. La Ley de Stefan-Boltzmann se aplica a la radiación emitida por un cuerpo negro ideal, el cual absorbe y emite toda la radiación que incide sobre él. Aunque en la realidad no existe un cuerpo negro perfecto, algunos accesorios o dispositivos son diseñados para acercarse lo máximo posible a esta idealización y, de esta forma, siguen de manera aproximada los principios establecidos por esta ley en lo que respecta a la radiación.

Para realizar esta experiencia de forma apropiada, empleamos un cilindro de latón pulido y una pantalla como cuerpo negro. El cilindro se inserta en la encimera y se sella herméticamente en uno de sus extremos, después se calienta hasta llegar a la temperatura requerida. Colocamos la pantalla frente al horno eléctrico con el fin de medir la radiación térmica emitida por el cilindro, evitando el calentamiento de las superficies exteriores del horno.

3.3. Termopila [2]

Una termopila es un dispositivo que transforma la energía térmica en energía eléctrica. Por lo general, su diseño incluye múltiples termopares conectados, ya sea en una configuración en serie o en paralelo. Normalmente las termopilas se utilizan para medir la temperatura de un objeto sin necesidad de que exista un contacto físico directo, y su función principal es detectar la radiación de calor emitida por dicho objeto y convertirla en una señal de tensión eléctrica.

El principio físico que gobierna el funcionamiento de una termopila es conocido como el efecto Seebeck. Este principio establece que cuando dos materiales diferentes entran en contacto y están sometidos a diferentes temperaturas, se origina una diferencia de potencial eléctrico entre ellos, lo que a su vez provoca el flujo de una corriente eléctrica a través del circuito.

3.4. Potencia [3]

La potencia se refiere a la cantidad total de energía radiada por unidad de tiempo. Es decir, representa la tasa a la cual se emite energía electromagnética en forma de ondas, ya sea luz visible, infrarroja, ultravioleta, etc. En el Sistema Internacional de Unidades (*SI*), la unidad de potencia de radiación es el vatio (W).

Matemáticamente, la potencia radiada (P) se puede calcular utilizando la fórmula:

$$P = \frac{E}{t}$$

Donde:

- ▷ P es la potencia radiada (en vatios, W).
- ▷ E es la energía total emitida (en julios, J).
- ▷ t es el tiempo (en segundos, s).

3.5. Intensidad

La intensidad en radiación hace referencia a la cantidad de energía emitida por unidad de tiempo, área y ángulo sólido en una dirección específica. En otras palabras, representa la potencia por unidad de área y ángulo sólido en una dirección particular. Esta intensidad radiada (I) se expresa en unidades de vatios por metro cuadrado por estereorradián ($W/m^2/sr$). Un estereorradián es una medida que evalúa el ángulo sólido en el espacio tridimensional.

3.6. ¿Qué dice la ley de Stefan-Boltzmann para la radiación de un cuerpo negro? [4]

La Ley de Stefan-Boltzmann establece la relación entre la tasa de emisión de energía radiactiva de un cuerpo negro y su temperatura absoluta. Esta ley afirma que la tasa a la cual un cuerpo negro emite radiación es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura en kelvin (K). Matemáticamente, la Ley de Stefan-Boltzmann se expresa de la siguiente manera:

$$E = \sigma T^4$$

Donde:

- E es la tasa de emisión de energía por unidad de área (en vatios por metro cuadrado, W/m^2).
- σ es la constante de Stefan-Boltzmann, que tiene un valor aproximado de $5,67 \times 10^{-8} W/(m^2 K^4)$.
- T es la temperatura absoluta del cuerpo negro en kelvin (K).

4. Montaje Experimental

En el experimento se empleó un cilindro de latón bruñido como aproximación a un cuerpo negro. Este cilindro se calentó mediante un horno eléctrico a 230 V. Se colocó una pantalla

frente al horno para medir específicamente la radiación térmica del cilindro. La medición se realizó utilizando una termopila de Moll y un sensor de temperatura NiCr-Ni para registrar la temperatura del cilindro.



Figura 4.1

5. Datos Experimentales

Constantes	
T_o °C	28
T_o K	301,15

V (<i>mV</i>)	V (<i>V</i>)	T (°C)
3,05	0,00305	340
2,8	0,0028	326
2,59	0,00259	313
2,38	0,00238	298
2,19	0,00219	285
2,03	0,00203	272
1,87	0,00187	260
1,74	0,00174	250
1,6	0,0016	239
1,49	0,00149	229
1,39	0,00139	220
1,29	0,00129	211
1,22	0,00122	203
1,13	0,00113	194
1,06	0,00106	186
0,99	0,00099	180
0,93	0,00093	172
0,88	0,00088	166
0,83	0,00083	159
0,79	0,00079	153
0,74	0,00074	149
0,7	0,0007	144
0,66	0,00066	137
0,63	0,00063	133
0,6	0,0006	127
0,57	0,00057	124
0,55	0,00055	118
0,51	0,00051	116
0,49	0,00049	112
0,46	0,00046	107
0,45	0,00045	104

6. Análisis de datos

6.1.

T (K)	$T^4 - T_o^4$ (K)
613,15	$1,33 \times 10^{11}$
599,15	$1,21 \times 10^{11}$
586,15	$1,10 \times 10^{11}$
571,15	$9,82 \times 10^{10}$
558,15	$8,88 \times 10^{10}$
545,15	$8,01 \times 10^{10}$
533,15	$7,26 \times 10^{10}$
523,15	$6,67 \times 10^{10}$
512,15	$6,06 \times 10^{10}$
502,15	$5,54 \times 10^{10}$
493,15	$5,09 \times 10^{10}$
484,15	$4,67 \times 10^{10}$
476,15	$4,32 \times 10^{10}$
467,15	$3,94 \times 10^{10}$
459,15	$3,62 \times 10^{10}$
453,15	$3,39 \times 10^{10}$
445,15	$3,10 \times 10^{10}$
439,15	$2,90 \times 10^{10}$
432,15	$2,67 \times 10^{10}$
426,15	$2,48 \times 10^{10}$
422,15	$2,35 \times 10^{10}$
417,15	$2,21 \times 10^{10}$
410,15	$2,01 \times 10^{10}$
406,15	$1,90 \times 10^{10}$
400,15	$1,74 \times 10^{10}$
397,15	$1,67 \times 10^{10}$
391,15	$1,52 \times 10^{10}$
389,15	$1,47 \times 10^{10}$
385,15	$1,38 \times 10^{10}$
380,15	$1,27 \times 10^{10}$
377,15	$1,20 \times 10^{10}$

6.2.

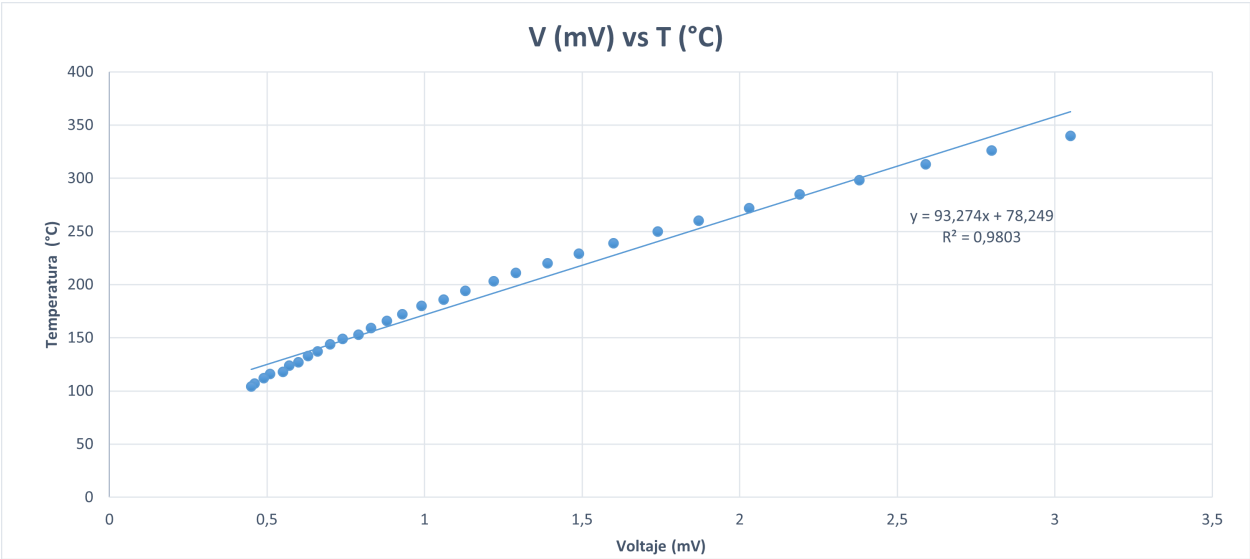


Figura 6.1

6.3.

$$y = 2E - 14x + 0,00002$$
$$y = mx + b$$
$$m = 2E - 14$$
$$R^2 = 0,9973$$
$$Y = mx + b$$
$$Y = [T^4]$$
$$x = \Delta V$$
$$[\Delta V] = [v]$$
$$m = \frac{Y - b}{x}$$
$$\frac{K^4}{V} = \frac{Y}{x}$$
$$m = 2 \times 10^{-14} \frac{K^4}{V}$$

Despejamos τ

$$m = \sigma \tau$$
$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 k^4} \right]$$
$$\tau = \frac{m}{\sigma}$$
$$\tau = 3,5 \times 10^{-7} \left[\frac{V}{W m^2} \right]$$

6.4.

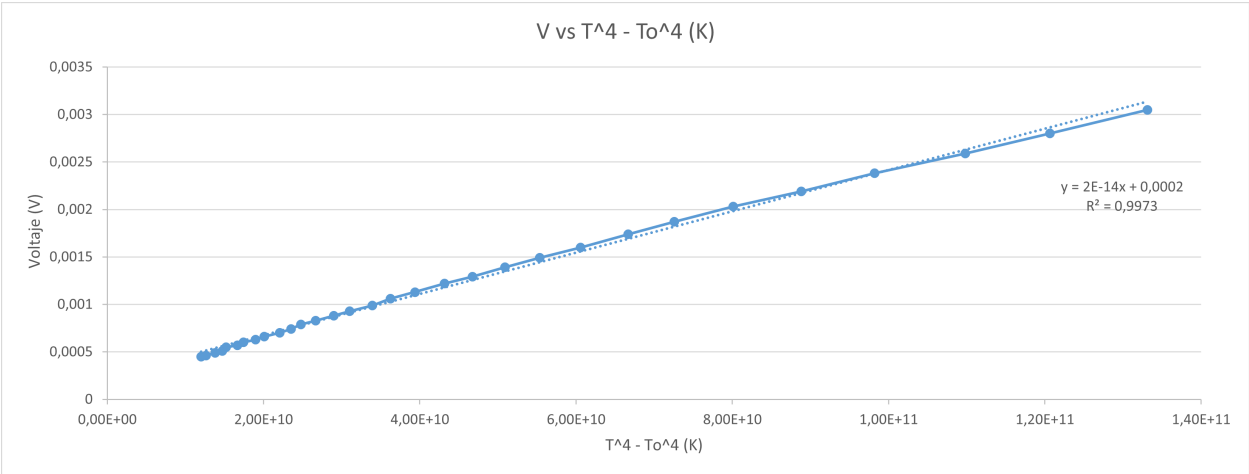


Figura 6.2

6.5.

$$Y = 93,274x + 78,249$$
$$x = 2,00$$
$$Y = 93,274(2,00) + 78,249$$
$$Y = 264,797[C]$$

7. Conclusiones

En esta experiencia, se aplicó la Ley de Stefan-Boltzmann para comprender la relación entre la temperatura absoluta y la radiación emitida por un cuerpo negro. El montaje experimental con el cilindro de latón bruñido como aproximación al cuerpo negro, junto con la termopila y el sensor de temperatura, permitió obtener datos de voltaje y temperatura para establecer una calibración. La relación lineal entre el voltaje y la temperatura demostró la validez de la ley de Stefan-Boltzmann, lo que brinda una herramienta fundamental para medir la temperatura absoluta en diversas aplicaciones.

Esta práctica no solo reforzó el concepto de radiación de cuerpos negros y su relación con la temperatura, sino que también proporcionó una experiencia directa en la utilización de instrumentos como la termopila y sensores de temperatura en el ámbito experimental. El experimento demostró la utilidad de la ley de Stefan-Boltzmann en la medición de temperaturas absolutas y su aplicabilidad en situaciones de la vida real.

Referencias

[1] G. Franco. *El cuerpo negro*. es. URL: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/calor/radiacion/radiacion.html>.

- [2] Khantal. *Termopilas*. es. URL: <https://www.kanthal.com/es-es/aplicaciones/medici%C3%B3n-de-la-temperatura/termopilas/>.
- [3] *Potencia Radiada por un Cuerpo Negro*. URL: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/quantum/radfrac.html>.
- [4] *Ley de Stefan-Boltzmann*. URL: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/thermo/stefan.html>.