

Caracterización de Propiedades de un Termogenerador por Medio del Efecto Seebeck

Juan Carlos Rojas Velásquez* and Thomas Andrade Hernández**

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

(Dated: 20 de noviembre de 2023)

La práctica se efecto Seebeck del presente documento pretendía caracterizar propiedades del termogenerador usado para el experimento. Se obtuvo de manera poco acertada un valor del coeficiente de Seebeck del termogenerador, $S_{\text{exp}} = (0.034 \pm 0.001)\text{V/K}$, en comparación con el valor esperado $S_{\text{real}} = (142) 4.13 \times 10^{-4}\text{V/K}$. Además, se determinó una aproximación del valor de corriente de cortocircuito, $I_{\text{cortocircuito}} = (7 \pm 4) \text{ mA}$, para una temperatura constante de $\Delta T = (11.70 \pm 0.05) ^\circ\text{C}$.

I. INTRODUCCIÓN

El efecto Seebeck es uno de los 3 efecto termoelectrónicos junto con el Efecto Peltier y el Efecto Thomson. El efecto consiste en el movimiento de portadores de carga en un material conductor como consecuencia de un gradiente de temperatura [1].

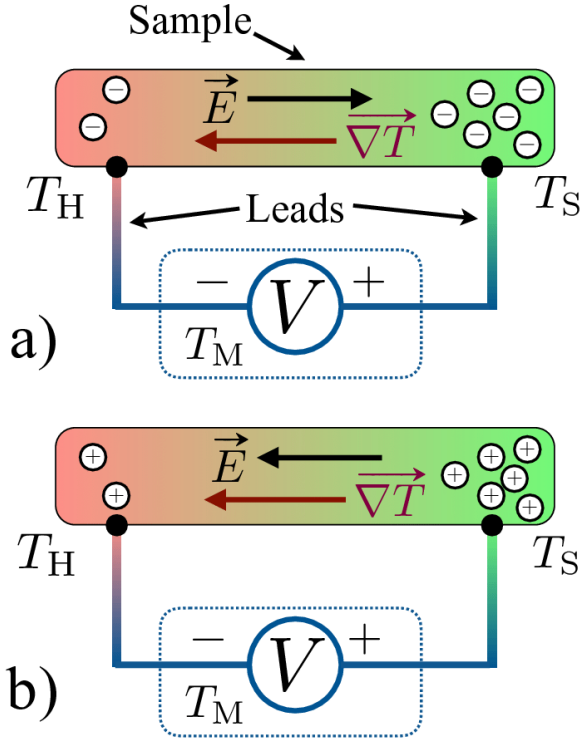


Figura 1. Imagen ilustrativa del efecto Seebeck con portadores de carga negativos (a) y portadores de carga positivos (b). Imagen obtenida de [2].

El movimiento de portadores de carga dentro del material, como se muestra en la Figura 1, provocará la aparición de un campo eléctrico inducido que puede ser descrito por la ecuación

$$\vec{E}_{\text{fem}} = -S\vec{\nabla}T$$

con la que el voltaje inducido puede ser escrito como

$$\varepsilon = S(T_h - T_c)[3]. \quad (1)$$

Además, dentro del circuito, se puede describir una corriente de cortocircuito. Esta corriente es para la cual el voltaje en él es cero. Teniendo en cuenta que el voltaje sigue la forma

$$\varepsilon = R_i I + V_0$$

donde R_i es la resistencia interna y V_0 el voltaje del circuito abierto, se puede hallar que la corriente de cortocircuito es

$$I_{\text{cortocircuito}} = -\frac{V_0}{R_i}. \quad (2)$$

El efecto Seebeck, entonces, es una forma fácil de obtener energía en lugares donde se pueda hallar una diferencia de temperatura considerable. Satélites, por ejemplo, usan este tipo de generación de energía por medio de la diferencia de temperatura en el interior del satélite y el vacío del espacio [1].

II. METODOLOGÍA

Para la práctica de efecto Seebeck se tuvo el montaje experimental mostrado en la Figura 2.

* Correo institucional: jc.rojasv1@uniandes.edu.co

** Correo institucional: t.andrade@uniandes.edu.co

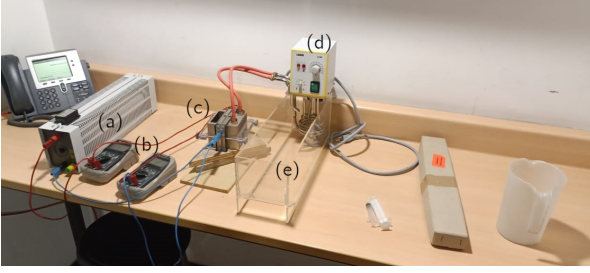


Figura 2. Montaje experimental de la práctica de Efecto Seebeck. En la imagen se pueden ver: (a) Reóstato, (b) multímetros, (c) celda, (d) la bomba, y (e) recipiente

Para empezar con la práctica se conectaron las mangueras a uno de los lados de la celda (Figura 2.c) y se llenó el recipiente con agua (Figura 2.e) y se encendió la bomba (Figura 2.d). Seguidamente se llena el otro lado de la celda con agua con hielo y se monitorea la temperatura de ambos lados. Se conectaron ambos multímetros, uno para medir voltaje y otro para corriente, y se midieron voltaje y corriente para 12 diferentes cambios de temperatura diferentes. Por último se tomaron valores de voltaje y corriente a temperatura constante para un valor del reóstato de 33Ω .

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para la primera parte de la práctica se obtuvieron los datos mostrados en la Figura 3.

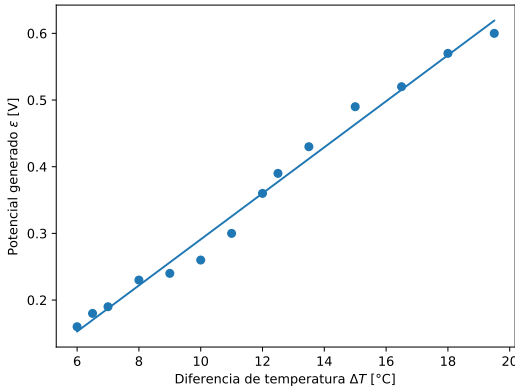


Figura 3. Gráfica de potencial inducido en función de los cambios de temperatura.

Los datos mostraron siguen una tendencia lineal. Por lo que se le aplicó un ajuste lineal por el método de mínimos cuadrados, obteniendo la relación

$$\epsilon(\Delta T) = (0.034 \pm 0.001)\Delta T - (0.05 \pm 0.01)$$

Usando la ecuación (1), se puede obtener que el coeficiente de Seebeck para el material es $S = (0.034 \pm 0.001)\text{V/K}$.

Continuando con la segunda fase del experimento, se obtuvieron los datos mostrados a en la Figura 4.

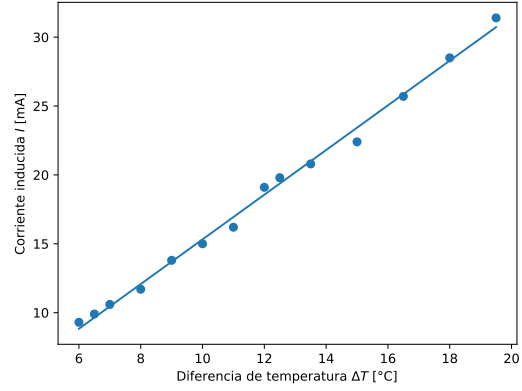


Figura 4. Gráfica de corriente inducida en función de la diferencia de temperatura.

Los datos muestran un comportamiento lineal, lo cual es consistente con la teoría; pues una mayor diferencia de temperatura se genera una mayor diferencia de potencial y, por consiguiente, una mayor corriente.

Se obtuvo que los datos siguen una forma.

$$I(\Delta T) = (1.62 \pm 0.03)\Delta T - (0.9 \pm 0.4).$$

Por último, en la tercera fase del experimento, se registraron los datos mostrados en la Figura 5 para la relación entre el potencial y la corriente.

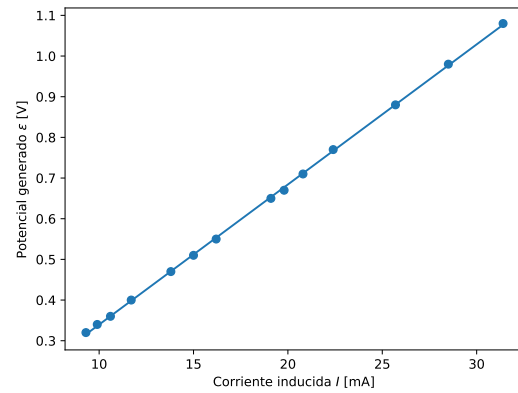


Figura 5. Gráfica del potencial inducido en función de la corriente inducida

Los datos, de nuevo, siguen una tendencia lineal que tiene la forma

$$\varepsilon(I) = (0.0344 \pm 0.0001)I - (0.004 \pm 0.002).$$

Teniendo en cuenta la Ley de Ohm, se puede obtener la resistencia del conductor que se está utilizando para el experimento y el voltaje de cortocircuito. Esto permitió utilizar la ecuación (2) para hallar la corriente de corto circuito. Esta sería entonces dada por

$$I_{\text{cortocircuito}} = (7 \pm 4) \text{ mA}.$$

Esto para una diferencia temperatura constante de $\Delta T = (11.70 \pm 0.05) ^\circ\text{C}$.

IV. CONCLUSIONES

En el experimento se logró de manera poco acertada la obtención de un valor del coeficiente de Seebeck del termogenerador, siendo este de $S_{\text{exp}} = (0.034 \pm$

$0.001)\text{V/K}$ mientras que el valor esperado del coeficiente de Seebeck $S_{\text{real}} = (142) 4.13 \times 10^{-4}\text{V/K}$. Los valores reales y calculados experimental difieren en un poco más de 2 órdenes de magnitud, indicando una pobre exactitud. Además, se consiguió una aproximación del valor de corriente de cortocircuito de $I_{\text{cortocircuito}} = (7 \pm 4) \text{ mA}$ para una temperatura constante de $\Delta T = (11.70 \pm 0.05) ^\circ\text{C}$.

Apéndice A: CÁLCULO DE ERRORES

Los cálculos de error fueron hechos en su totalidad con la herramienta pública de Python que se puede revisar en el repositorio asociado [4] en el apartado de Laboratorio de Física Moderna y la carpeta “11 Efecto Seebeck”. Se consideraron como incertidumbres del multímetro conectado $\sigma_V = 0.01 \text{ V}$. También, la incertidumbre de los multímetros que medían corriente fue de $\sigma_I = 0.1\text{mA}$.

[1] Wikipedia, «Efecto termoeléctrico — wikipedia, la enciclopedia libre,» (2023), [Internet; descargado 8-noviembre-2023].

[2] S. Mason, A. Hojem, D. Wesenberg, A. Avery, and B. Zink, *Journal of Applied Physics* **127**, 085101 (2020).
 [3] J. Mejía and N. Berrío, *Guías de laboratorio. Física Moderna* (2021).
 [4] J. C. Rojas Velásquez and T. Andrade Hernández, «Physics-labs,» (2023).