

Variación de la resistencia con la temperatura

Ignacio Arata
Ignacioarata@hotmail.com

Francisco Arrufat
francisco@arrufat.com

Pablo Palacios
pablopalacios@uol.com.ar

Santiago Folie
sfolie@alwyasgolfing.com

Resumen

Medimos la resistencia de distintos materiales a diferentes temperaturas para hallar la relación entre la temperatura y la resistencia. Encontramos una relación lineal para materiales conductores, y un gráfico tipo Arrhenius para el termistor. Para el caso de una aleación -manganina- no encontramos variaciones con la temperatura.

Introducción

Para que un material pueda conducir la corriente eléctrica deben existir en su interior cargas móviles (portadores) capaces de conducir la electricidad. En los metales las cargas móviles son los electrones.

El movimiento de estas cargas es al azar y en todas direcciones, generándose múltiples choques con los iones, pero no hay flujo de carga en ninguna dirección salvo que se aplique un campo eléctrico.

La densidad de corriente J de un conductor depende del campo eléctrico E y de las propiedades del material. En general esta dependencia suele ser compleja, pero para algunos materiales en especial los metales a cierta temperatura J es casi directamente proporcional a E , y el cociente entre E y J es constante. Esta relación se conoce como la ley de Ohm. Este cociente se define como resistividad del material, ρ . Cuanto más grande sea la resistividad, mayor será el campo necesario para ocasionar una cierta densidad de corriente.

La resistividad de un material metálico aumenta, según la teoría vista, al aumentar la temperatura, esto se debe a que los iones del conductor vibran con mayor amplitud, lo cual hace más probable que un electrón en movimiento choque con un ión, esto impide el arrastre de los electrones por el conductor y, por tanto, también la corriente.

La resistividad de las aleaciones es prácticamente independiente de la temperatura.

La resistividad de los no metales disminuye al aumentar la temperatura, según lo visto en Física 2, puesto que a temperaturas mayores, más electrones son "arrancados" de los átomos y adquieren movilidad. Este mismo comportamiento se presenta en los semiconductores.

La resistividad es directamente proporcional a la resistencia del material, la relación entre ambos esta dada por: $R = \rho L / A$

Experimento

Para estudiar la variación de la resistencia, R , con la temperatura, T , realizamos un dispositivo experimental que se muestra esquemáticamente en la *figura 1*. Consiste en colocar la resistencia a estudiar en un medio líquido (agua), y medir la temperatura del

mismo y mediante un óhmetro medir la resistencia del material, repetimos el procedimiento para distintas temperaturas del medio líquido, y para distintas resistencias (cobre, manganina, y un termistor).

Nótese que la utilización de un medio líquido es para asegurar la homogeneidad de la temperatura en la resistencia.

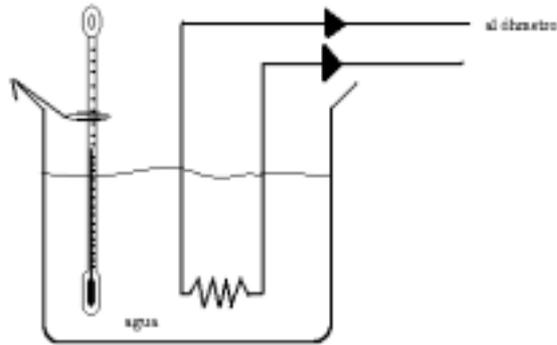


Figura 1 Dispositivo experimental para medir la variación de la resistencia con la temperatura.

Resultados

De las mediciones realizadas con una resistencia de cobre, obtuvimos la siguiente gráfica, *figura 2*.

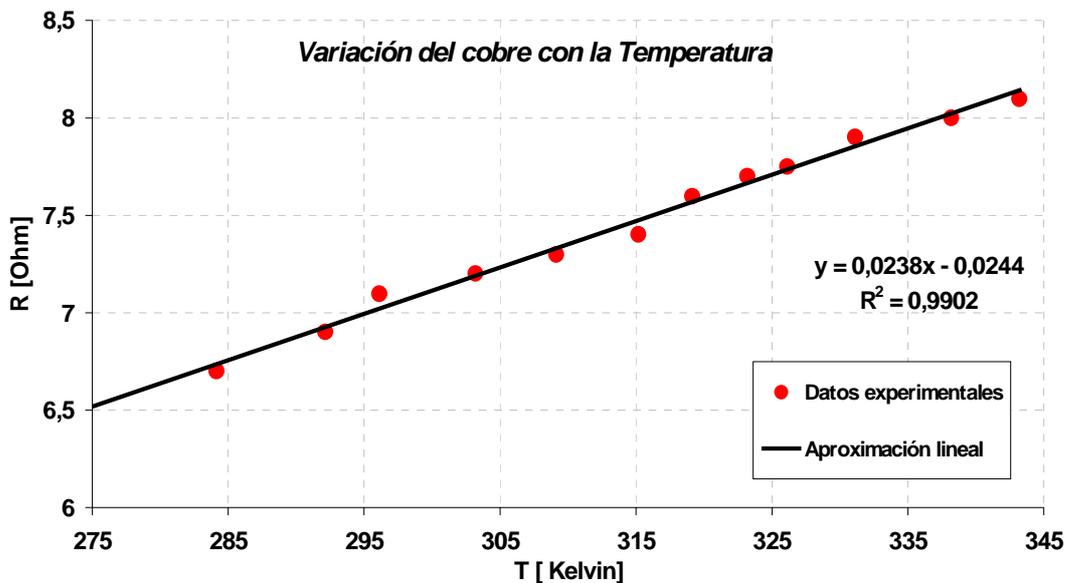


Figura 2 Gráfico a partir de los datos experimentales de la variación de la resistencia de cobre con la temperatura.

De la *figura 2* podemos deducir que la resistencia del cobre varía linealmente con la temperatura.

Para el segundo material, la manganina, a partir de los datos obtenidos realizamos el siguiente gráfico, *figura 3*.

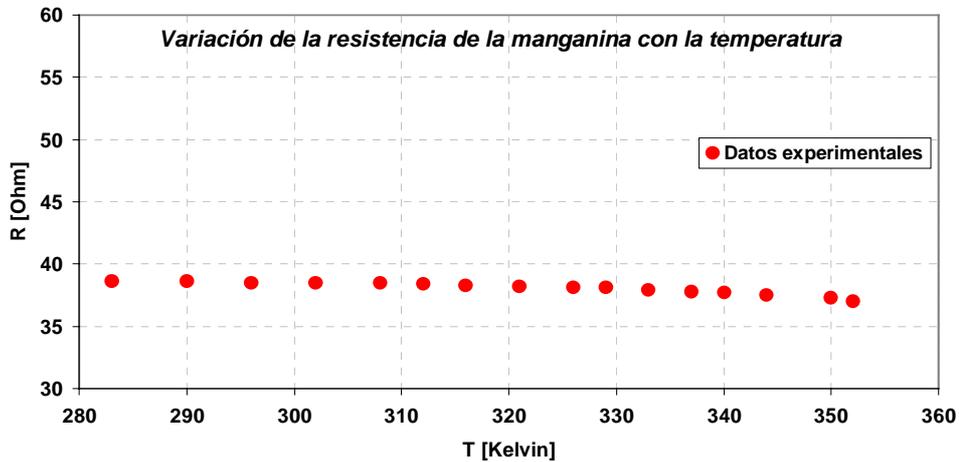


Figura 3 Gráfico de la variación de la resistencia de manganina con la temperatura.

Como último analizamos la variación de un termistor, que es un dispositivo semiconductor. El gráfico incluye una comparación con una fórmula teórica que se explica en la discusión.

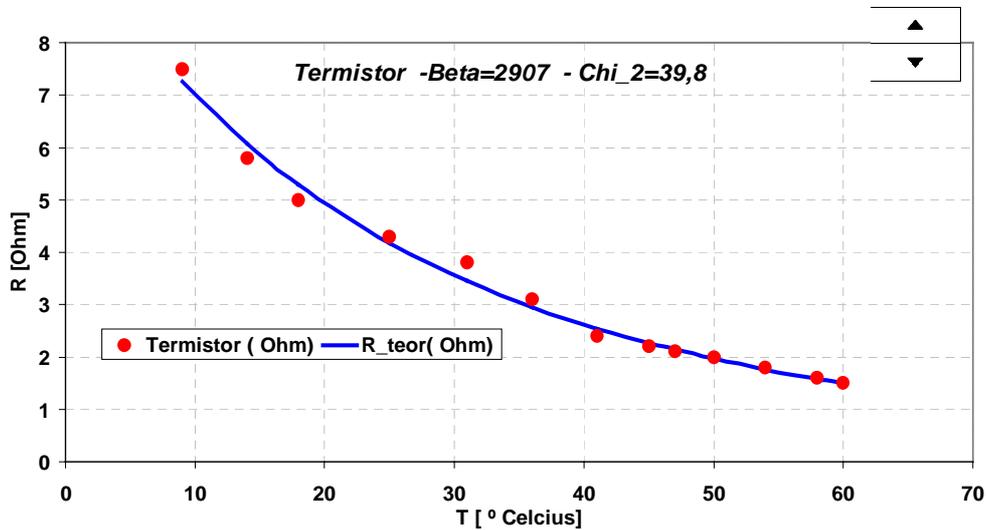


Figura 4 Gráfica de la variación de la resistencia de un termistor con la temperatura.

Discusión

De la *figura 2* es fácil deducir que existe una relación lineal entre la temperatura y la resistencia de los materiales conductores. Esta conclusión coincide con la teoría vista hasta el momento sobre conductores, que dice que la relación obedece a la siguiente fórmula:

$$R(T) = R_0 (1 + \alpha(T - T_0))$$

El valor de α obtenido fue aproximadamente $3.8 \cdot 10^{-3} \text{ 1 / K}$. Mientras que el valor de los libros es de $0.00393 \text{ (}^\circ \text{C}^{-1}\text{)}$.

El aumento de la resistividad de los conductores con la temperatura puede deberse a la creciente probabilidad de choques entre portadores de carga y iones metálicos al aumentar la vibración térmica de estos últimos cuando se eleva la temperatura.

La manganina, casi no sufre variaciones con las temperaturas. Si bien disminuye levemente la resistencia como se puede apreciar en la *figura 3*. Esto se debe a que además de los iones fijos, otros obstáculos (impurezas) impiden la circulación de los electrones. Entonces el aumento de la vibración de los iones no modifica prácticamente la resistencia ya que de todos modos los "obstáculos" no permiten que los electrones pasen libremente.

La *figura 4* refleja el comportamiento del termistor con la temperatura, allí se puede observar una disminución de la resistencia al aumentar esta. Su fundamento está en la dependencia de la resistencia de los semiconductores - los termistores están fabricados a partir de semiconductores- con la temperatura, debida a la variación del número de portadores reduciéndose la resistencia, y de ahí que presenten coeficiente de temperatura negativo. Es decir más electrones son "arrancados" de los átomos y adquieren movilidad.

La resistividad se puede definir como: $\rho = \sigma_{cc} / n$. En los semiconductores el término dominante de esta ecuación es n , que representa la cantidad de iones, que se puede expresar como: $n \propto N_0 \exp[-E_g / R T]$. Donde E_g es la energía necesaria para que un electrón salte de nivel de energía, en los semiconductores a mayor temperatura mayor es la energía necesaria para que esto suceda.

En un margen de temperaturas reducido (50°C), la dependencia de la resistencia con la temperatura para este material se puede considerar de tipo Arrhenius de la forma:

$$R_T = R_0 \exp [\beta (1/T - 1/T_0)]$$

Donde R_0 es la resistencia a 25°C u otra temperatura de referencia, y T_0 es dicha temperatura expresada en Kelvin, El parámetro β es la denominada temperatura característica del material, y tiene valores de 2000 K a 5000K, pero varía con la temperatura, aumentando al aumentar esta. Si comparamos esta ecuación con nuestros datos, como se hace en la *figura 4*, se puede ver que ambas curvas coinciden ampliamente con un error bastante pequeño. El valor de β obtenido fue $2907 \text{ K} \pm 180 \text{ K}$. Este margen de error lo obtuvimos a partir de Chi, es decir cuando Chi cuadrado varía en una unidad.

Conclusión

Los materiales conductores tales como el cobre varían su resistencia con la temperatura de forma lineal, obedeciendo a la ecuación:

$$R(T) = R_0 (1 - \alpha(T - T_0))$$

Por otra parte las aleaciones al estilo de la manganina, no varían su resistencia con la temperatura, simplemente la disminuyen pero muy levemente.

Los termistores varían la resistencia con la temperatura según la ecuación:

$$R(T) = R(T_0) \exp(\beta [1/T - 1/T_0])$$

Donde β es una constante a determinar.

Bibliografía

1. *Física Universitaria Novena Edición*, Sears, Zemansky, Freedman y Young. Editorial Addison-Wesley Longman. Volumen 2.
2. *Física Re – Creativa*, Salvador Gil y Eduardo Rodríguez. Prentice Hall – Buenos Aires 2001.