

1 EFECTO SEEBECK Y PELTIER

OBJETIVO: Estudiar el flujo acoplado de calor y electricidad en una barra en estado estacionario: *efecto Seebeck y efecto Peltier*.

MATERIALES: Dos termostatos, dos termómetros, un módulo Termoeléctrico, una fuente de intensidad y un multímetro.

TEORÍA: Los efectos Seebeck y Peltier son cualitativamente distintos y se descubrieron por separado. Sin embargo, hoy en día se entienden como dos aspectos de un mismo fenómeno y reciben un tratamiento teórico unificado, dentro del marco de la TPI. Como es bien conocido, cuando en un sistema termodinámico (p. ej. Un semiconductor) existen simultáneamente un flujo térmico (asociado a una diferencia de temperaturas ΔT) y un flujo de carga eléctrica (asociado a una fuerza electromotriz $\Delta \epsilon$), habrá una producción de entropía, que en la aproximación lineal se escribirá:

$$\frac{dS}{d\tau} = J_Q \frac{\Delta T}{T^2} + I \frac{\Delta \epsilon}{T}$$

donde J_Q es el flujo de calor, I es la intensidad eléctrica (flujo de carga) y T la temperatura media del sistema. La TPI nos dice que cuando hay estas dos contribuciones independientes a la producción de entropía, deben existir una relación lineal entre los flujos y las distintas fuerzas. Además el flujo de calor estará acoplado con el flujo de carga, de tal forma que:

$$\begin{pmatrix} J_Q \\ I \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{21} & L_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \frac{\Delta T}{T^2} \\ \frac{\Delta \epsilon}{T} \end{pmatrix} \Leftrightarrow \begin{aligned} J_Q &= L_{11} \cdot \frac{\Delta T}{T^2} + L_{12} \cdot \frac{\Delta \epsilon}{T} \\ I &= L_{21} \cdot \frac{\Delta T}{T^2} + L_{22} \cdot \frac{\Delta \epsilon}{T} \end{aligned}$$

la matriz L se denomina matriz de coeficientes fenomenológicos. Consideremos un sistema que obedece a las ecuaciones acopladas anteriores. Cuando la intensidad eléctrica es nula, pero existe una diferencia de temperaturas, de la segunda de las ecuaciones se concluye que aparecerá una fuerza electromotriz, dada por:

$$\Delta \epsilon = -\frac{L_{21}}{L_{22}} \cdot \Delta T = -\alpha \cdot \Delta T$$

Este fenómeno se llama *efecto Seebeck*. El coeficiente α , que mide la intensidad del efecto se denomina la *potencia termoeléctrica* del material*. Por otra parte, si a través de un sistema con capacidad termoeléctrica se hace circular una intensidad de corriente, debido al acoplamiento de flujos, aparecerá una diferencia de temperaturas. Es el efecto inverso al anterior y se denomina *Efecto Peltier*. Cuando se establece la corriente, la diferencia de temperaturas va aumentando, hasta que se alcanza un estado estacionario, en el que el flujo total de calor en el sistema se hace nulo (por ello las temperaturas dejan de variar). Sustituyendo esa condición en las ecuaciones anteriores se encuentra una relación lineal entre la diferencia de temperaturas aplicada y la intensidad que recorre el sistema:

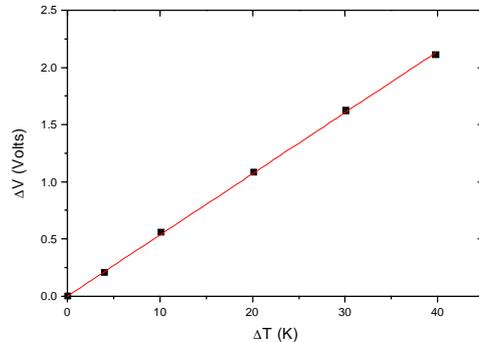
$$\Delta T = \frac{T^2}{\left(L_{21} - \frac{L_{22} \cdot L_{11}}{L_{12}} \right)} \cdot I = \beta \cdot I$$

* Curso de Termodinámica, J. Aguilar Peris, Cap.23.12.

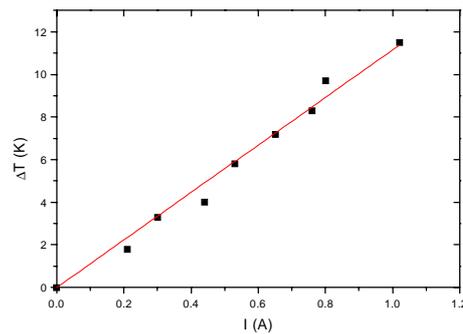
donde β es el coeficiente Peltier del sistema.

MÉTODO: Como célula termoeléctrica se utiliza un array de semiconductores, que presenta muy acusados efectos Peltier y Seebeck. El estudio de cada efecto se hace por separado: mientras una pareja mide el Peltier, la otra mide el Seebeck y luego se intercambian.

- a) *Efecto Seebeck:* Se dispone el módulo termoeléctrico entre dos cámaras por las que se hace circular agua termostatzada. Se conectan los bornes de la célula a un voltímetro de alta impedancia y se supone que la medida del voltímetro será igual a la fuerza electromotriz generada. Se empieza colocando los dos termostatos a la misma temperatura, 50 °C, se mide la diferencia de potencial, corrigiendo posibles errores de cero. A continuación se eleva la temperatura de uno de los termostatos y se disminuye la del otro, de forma simétrica para mantener la Temperatura media constante. Para cada diferencia de temperaturas (medida con los termómetros de la célula) se mide la diferencia de potencial entre bornes, hasta completar 6 o 7 medidas. Se realiza una gráfica de los puntos $\{\Delta T, \Delta V\}$, como en la Figura 1. Del ajuste lineal de los puntos, se puede obtener el coeficiente α de potencia termoeléctrica.



- b) *Efecto Peltier:* Se conecta a cada lado de la célula un disipador térmico: para que se alcance rápidamente el estado estacionario y para que la temperatura media del sistema no varíe demasiado. Se conecta la célula a la fuente de alimentación colocando un amperímetro en serie. Primero se mide la posible diferencia de temperaturas con la fuente apagada, para corregir errores de cero. A continuación se coloca la fuente en 0.2 A, se espera a que se alcance un estado estacionario y se miden las temperaturas: una debe subir y otra bajar, de forma más o menos simétrica. Se toman 6 o 7 pts experimentales, procurando no usar intensidades mayores de 1.5 A. Se realiza una gráfica de los puntos $\{I, \Delta T\}$, como en la Figura 2. Del ajuste lineal de los puntos, se puede obtener el coeficiente β de efecto Peltier.



Nota: La TPI nos dice que los coeficientes fenomenológicos L_{12} y L_{21} son iguales. Ello implica una relación entre α y β . Verificar experimentalmente esa relación no es sencillo, porque se necesitan medidas independientes de la resistencia eléctrica y la conductividad térmica de la célula. Células Peltier como las empleadas en la práctica se pueden usar para fabricar pequeños dispositivos frigoríficos sin freones. También son utilizadas como sensores de flujo térmico.