

DEMO 69

MOTOR TERMOELÉCTRICO



Autores de la ficha	Enric Valor i Micó, M ^a Jesús Hernández Lucas
Palabras clave	Temperatura, termoelectricidad, fuerza electromotriz, termómetro
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> - Visualizar el fenómeno de la termoelectricidad - Mostrar su aplicación en el diseño de termómetros por efecto Seebeck (termopares), y de dispositivos de refrigeración/calefacción por efecto Peltier (módulos Peltier) - Mostrar la conversión de energía térmica en eléctrica y viceversa
Material	<ul style="list-style-type: none"> - Motor termoelectrico reversible basado en el uso del material Bi₂Te₃ - Dos vasos de plástico - Dos termos de 250 cm³ de capacidad para llevar agua a temperatura ambiente (a unos 20°C) y agua caliente (a unos 90°C) - Una batería de 6 V - Cables de conexión - Polímetro - Un termómetro de infrarrojos
Tiempo de Montaje	10 minutos

Descripción

Los efectos termoelectricos (efectos Seebeck, Peltier y Thomson) están relacionados con la conversión directa de una diferencia de temperatura (o un flujo de calor) en la producción de una fuerza electromotriz y viceversa. En esencia, la diferencia de temperatura provoca un desplazamiento de los portadores de carga desde la zona más caliente a la región más fría, generando así una corriente eléctrica (**efecto Seebeck**). Inversamente, la aplicación de una corriente eléctrica en un material termoelectrico puede conllevar la aparición de una diferencia de temperatura entre sus extremos (**efecto Peltier**).

El dispositivo puede usarse de forma reversible, de modo que pueden mostrarse los diferentes efectos. Se proponen a continuación dos opciones de ejecución de la demostración.

OPCIÓN A

En primer lugar, para mostrar la producción de una fuerza electromotriz causada por una diferencia de temperaturas (**efecto Seebeck**), se dispone agua a temperatura ambiente en un vaso y agua caliente en el otro (la diferencia de temperaturas debe ser apreciable, de unos 60-70°C). El interruptor que hay en la parte superior del dispositivo se sitúa a la DERECHA (mirando el dispositivo de frente). Se introduce entonces cada una de las palas del dispositivo en uno de los vasos. Al cabo de un corto tiempo, el motor eléctrico se pone en marcha moviendo el molinillo a causa de la f.e.m. generada (puede ser necesario dar un impulso inicial para vencer la resistencia del motor). Este proceso es tanto más rápido cuanto mayor es la diferencia de temperaturas entre los dos recipientes. Adicionalmente, se puede conectar un polímetro en los bornes del dispositivo (situados en la parte superior, justo bajo el motor eléctrico), y medir el voltaje producido siempre que el polímetro sea suficientemente preciso; para realizar la medida habrá que situar el interruptor a la IZQUIERDA (mirando el dispositivo de frente), caso en el que el motor dejará de girar. Volviendo el interruptor a la posición original, el molinillo vuelve a girar, pero no se mide tensión con el polímetro.

A medida que los vasos de agua van modificando su temperatura en contacto con el aire ambiental, la velocidad del motor va disminuyendo hasta que se detiene completamente; es decir, que la f.e.m. depende de la diferencia de temperaturas generada. Se puede medir simultáneamente la f.e.m. con el polímetro, y la diferencia de temperatura entre las palas con el termómetro de

infrarrojos, para estimar cualitativamente el tipo de relación que existe entre ambas. Para acelerar el proceso de enfriamiento, se pueden extraer los extremos del dispositivo de los vasos de agua y dejar que lleguen al equilibrio en contacto directo con el aire.

Con este primer procedimiento se pueden ilustrar dos cosas:

(i) La diferencia de temperaturas genera una fuerza electromotriz que es proporcional a tal diferencia. Conociendo la relación entre ambas, que suele ser de tipo polinómico (ecuación de calibrado), es posible diseñar un instrumento para medir la temperatura: una parte del dispositivo se encuentra a una temperatura de referencia conocida con precisión (que es un punto fijo, por ejemplo el punto de fusión del hielo), y la otra se usa como sonda. Con la medida directa de la f.e.m. producida y con la ecuación de calibrado, es posible obtener la diferencia de temperaturas entre las dos partes del dispositivo, que unida a la temperatura de referencia de una de ellas permite determinar la temperatura desconocida de la sonda. Este es el fundamento del **TERMOPAR**. (ver DEMO 50).

(ii) Este fenómeno, por otra parte, constituye un método de transformación de energía térmica en energía eléctrica como lo demuestra el motor eléctrico acoplado al sistema.

En segundo lugar puede invertirse el funcionamiento del dispositivo del siguiente modo. El interruptor se sitúa en posición izquierda mirando de frente el dispositivo. Se introducen las dos patas del mismo en dos vasos de agua a la misma temperatura inicial (agua a temperatura ambiente). Se conecta entonces una fuente de 6 V a los bornes del dispositivo. Al cabo de cierto tiempo se puede comprobar con el termómetro de infrarrojos cómo el agua de los dos vasos se encuentra a diferente temperatura, de modo que una está más fría y la otra más caliente que el ambiente. En este caso, el aporte de energía eléctrica permite llevar a cabo un transporte de energía térmica de un polo al otro (**efecto Peltier**). Este es el fundamento de los **MÓDULOS TERMOELÉCTRICOS** o **PELTIER**, que suelen usarse como métodos de calefacción o refrigeración. También son muy importantes como método de control y modificación de la temperatura en instrumentos de medida que son controlados por ordenador, ya que su uso permite detectar y producir variaciones rápidas de temperatura a partir de variaciones del voltaje.

OPCIÓN B

En esta segunda opción se propone prescindir del uso de los vasos de agua, con lo que la ejecución de la demostración resulta más directa y consume menos tiempo que la anterior.

En primer lugar se pone de manifiesto el **efecto Peltier**. Para ello, inicialmente se sitúa el interruptor en posición izquierda mirando de frente el dispositivo. Se conecta la fuente de 6 V a los bornes del dispositivo. En un lapso de tiempo breve (unos 2 minutos) se aprecia una diferencia sustancial de temperatura entre las dos patas del aparato que se pueden medir con el termómetro de infrarrojos, y además se observa cómo esa diferencia aumenta con el tiempo.

Una vez conseguida una diferencia de temperatura apreciable, se desconecta la batería y se quitan los cables. Después de poner de manifiesto a los estudiantes que no hay conexión a ninguna fuente de energía, se cambia la posición del interruptor a la derecha, y se puede ver cómo inmediatamente el molinillo se pone a girar con rapidez. En este caso, la energía eléctrica que lo mueve procede de la diferencia de temperaturas que permanece entre las dos patas del dispositivo (**efecto Seebeck**). A medida que esta diferencia se va atenuando al contacto con el aire ambiental, el molinillo va disminuyendo su velocidad de giro hasta detenerse completamente.

En esta segunda opción los comentarios son básicamente los mismos que en la opción A, aunque es importante explicar claramente lo que sucede en cada caso y el papel del interruptor del dispositivo.

Palabras clave

La opción A resulta ser físicamente más ilustrativa de la conversión de flujo de calor en electricidad y viceversa, pues se demuestra que dos cantidades de agua a diferente temperatura (previamente calentadas y/o enfriadas) pueden producir electricidad, y que una fuente de energía eléctrica puede llevar a cabo un flujo de calor mediante un módulo Peltier creando una diferencia de temperaturas. Sin embargo, esta opción resulta ser más aparatosa y necesita de mayor tiempo de preparación y ejecución. Adicionalmente el calentamiento/enfriamiento del agua por efecto Peltier resulta ser bastante lento a causa de la gran inercia térmica que aquella presenta. Si se desea una ejecución más directa, aunque quizá no tan ilustrativa, se puede proceder siguiendo la opción B.

Advertencias

El agua se puede calentar en el laboratorio de Física General antes de llevar la demostración a clase, siempre que se avise a la técnica de laboratorio encargada con suficiente antelación. También se puede tomar de un surtidor de agua fría/caliente.

Conviene comprobar la carga de la batería antes y después de su uso para no dejarla descargada.