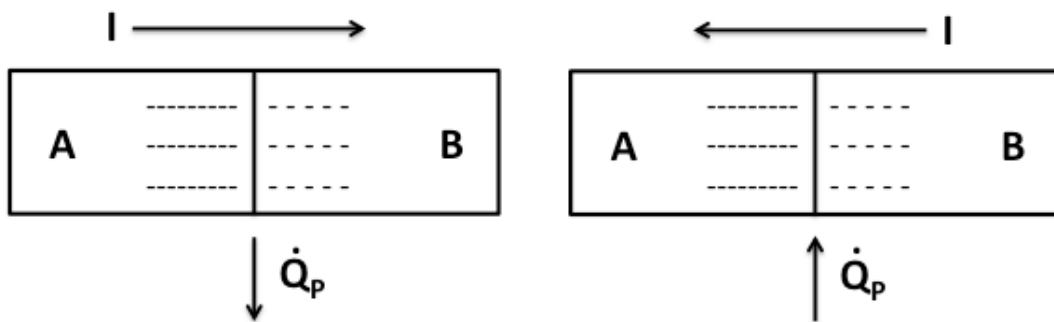


## FENOMENTOS TERMoeLECTRICOS: EFECTO PELTIER (TP)

### 1. Objetivos y Fundamento Teórico

Esta práctica es continuación de la práctica del efecto Seebeck (TS) ya realizada. El objetivo de esta práctica es el cálculo del coeficiente Peltier del mismo módulo termoelectrico que estudiamos en TS. Según el efecto Peltier, dos materiales conductores A y B con distinta densidad electrónica y que se encuentran unidos a una misma temperatura, al ser sometidos a la circulación de una corriente de intensidad  $I$ , emiten o absorben en su unión un calor (Peltier)  $\dot{Q}_P$ :



El calor Peltier es directamente proporcional a la intensidad  $I$ , siendo la constante de proporcionalidad el coeficiente de Peltier ( $\pi_{AB}$ ) objeto de estudio en esta práctica:

$$\dot{Q}_P = \pi_{AB} I \quad (1)$$

Como se aprecia en la figura anterior, el efecto Peltier es reversible. Si  $\dot{Q}_P$  es emitido para un determinado sentido de circulación de la intensidad, al cambiar el sentido de circulación  $\dot{Q}_P$  pasará a ser absorbido en la unión de los materiales A y B.

Nuestro dispositivo termoelectrico dispone de 142 pares de conductores A y B (un semiconductor dopado tipo p y un semiconductor dopado tipo n). Como sabemos, los 142 termopares se encuentran unidos en uno de sus extremos a una temperatura  $T_1$  determinada por el agua del grifo, mientras que en su otro extremo se encuentran unidos a una temperatura  $T_2$  determinada por una resistencia calefactora. Si, por tanto, hacemos circular por el dispositivo termoelectrico una corriente con intensidad  $I$ , esperamos que en cada una de las uniones “fría” y “caliente” del dispositivo se produzca el efecto Peltier.

Obteniendo  $\dot{Q}_P$  y sabiendo el valor de la intensidad  $I$  suministrada al dispositivo termoelectrico calcularemos el valor del coeficiente Peltier del dispositivo mediante la Ec. 1.  $\dot{Q}_P$  lo obtendremos a partir de la ecuación de balance energético de la unión “caliente”:

$$C \frac{dT_2}{dt} = W_{R_c} - \lambda_T (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} I^2 r_i \pm \dot{Q}_P \quad (2)$$

Los dos primeros términos a la derecha de la igualdad en la Ec.2 son los mismos que teníamos en la práctica TS. Corresponden a la potencia  $W_{R_c}$  disipada por la resistencia calefactora con la que calentamos la unión, y a la pérdida de energía que experimenta la unión “caliente” debida al efecto Fourier entre las dos uniones del dispositivo, cuya conductividad térmica es  $\lambda_T$ .

El tercer y cuarto término son consecuencia de la circulación de la corriente  $I$  por el dispositivo: corresponden al calor Peltier y a la energía disipada por efecto Joule en el dispositivo termoeléctrico debido a su resistencia interna  $r_i$ ,  $I^2 r_i$ . Esta energía supondremos que se distribuye a partes iguales entre la unión “caliente” y la unión “fría”, de ahí el factor  $\frac{1}{2}$  que la escala en la Ec. 2.

El signo que precede a  $\dot{Q}_P$  en la Ec. 2 dependerá si elegimos el sentido de la corriente para el que la unión “caliente” absorbe el calor Peltier (+) o por el contrario para el que lo emite (-). Nosotros trabajaremos en este segundo escenario, es decir, elegiremos el sentido de la corriente mediante el cual restaremos energía a la unión “caliente”. De esta forma trataremos de enfriar la unión mediante el efecto Peltier.

Teniendo en cuenta esta última consideración, y estableciendo la condición de estado estacionario en la Ec. 2 ( $\frac{dT_2}{dt} = 0$ ), llegamos a la expresión deseada que nos permite calcular  $\dot{Q}_P$ :

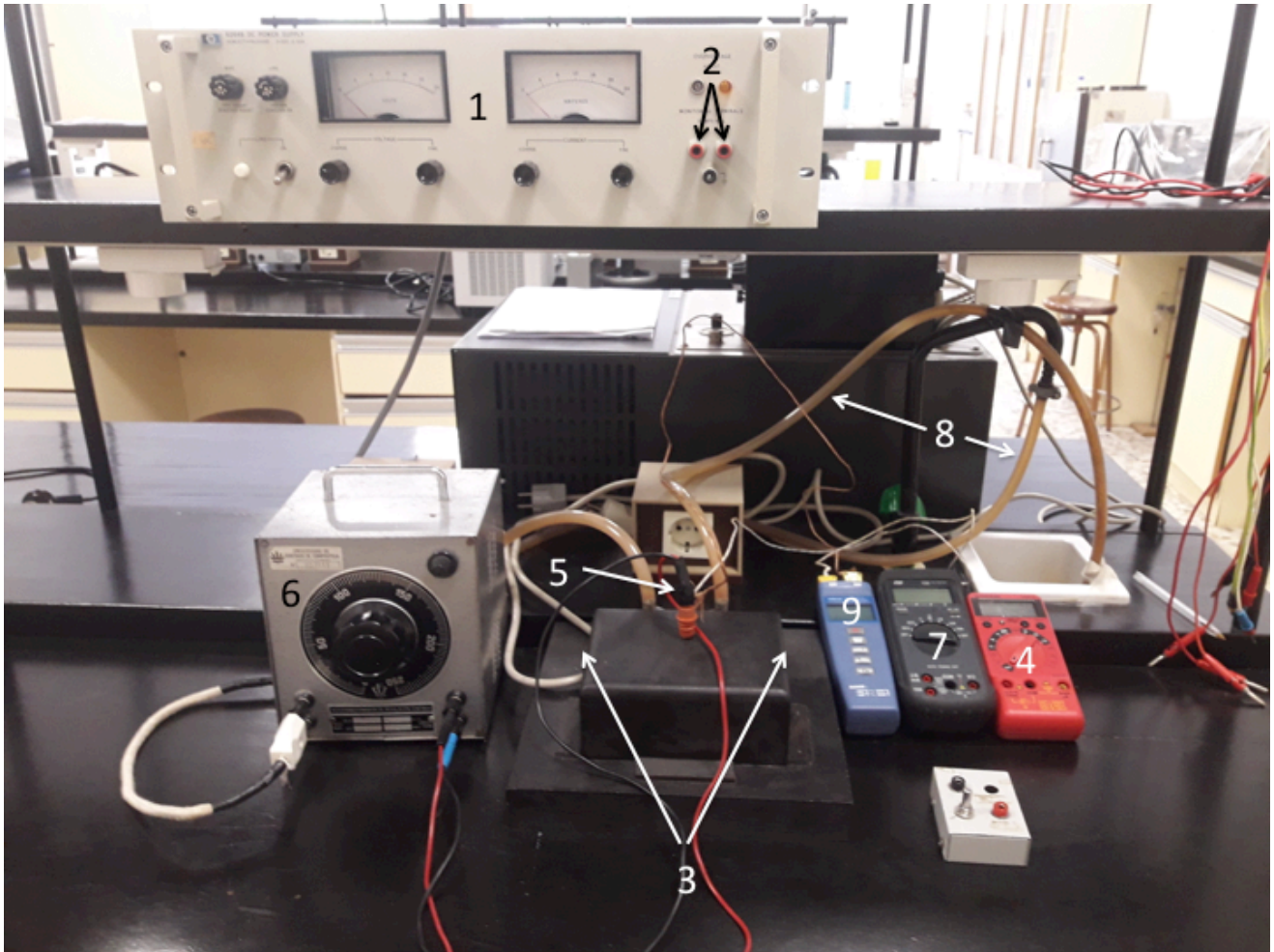
$$\dot{Q}_P = W_{R_c} - \lambda_T(T_2^\infty - T_1) + \frac{1}{2}I^2 r_i \quad (3)$$

donde  $T_2^\infty$  es la temperatura de la unión “caliente” en el estado estacionario, y que podremos calcular a partir de la evolución de  $T_2$  frente al tiempo  $t$ , la cual verifica la misma ecuación que teníamos en la práctica TS:

$$T_2(t) = T_2^\infty - (T_2^\infty - T_2^0)e^{-\frac{\lambda_T}{C}t} \quad (4)$$

donde  $T_2^0$  es la temperatura de la unión “caliente” a  $t = 0$ . La Ec. 4 se deriva trivialmente incorporando la Ec. 3 a la Ec. 2, separando las variables  $T_2$  y  $t$  en esta última ecuación e integrando. En las Ec. 2 y 4,  $C$  hace referencia a la capacidad calorífica del dispositivo termoeléctrico, al igual que ocurría en la práctica TS.

## 2. Dispositivo Experimental



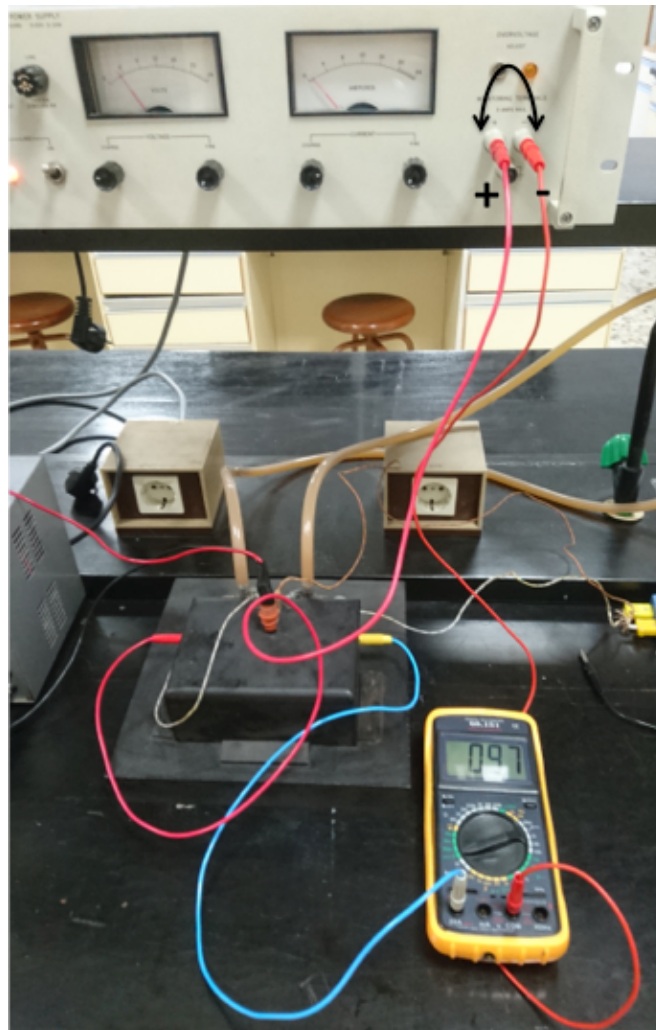
En el laboratorio dispondremos del mismo material que ya explicamos en la práctica del efecto Seebeck (TS), con la salvedad de la fuente de corriente continua (1) que utilizaremos para generar la corriente externa que haremos circular por el dispositivo termoelectrico. Estableceremos un circuito entre la fuente de corriente continua y el dispositivo termoelectrico conectando directamente los bornes de la fuente (2) a los bornes del dispositivo (3). Para medir con precisión la intensidad de la corriente  $I$  que circula por el circuito, intercalaremos el amperímetro (4) en serie.

Al igual que en la práctica TS, la unión “caliente” del dispositivo termoelectrico tendrá asociada una resistencia calefactora (5) que está conectada al generador de corriente alterna (6). El voltaje suministrado por el generador a la resistencia lo mediremos con el voltímetro (7), conectándolo en paralelo al circuito generador-resistencia en los bornes del generador, al igual que hicimos en la práctica TS. La unión “fría” del dispositivo termoelectrico estará refrigerada por el circuito de agua del grifo (8). El termómetro digital (9) nos dará en todo momento la temperatura de la unión “fría”  $T_1$  y la temperatura de la unión “caliente”  $T_2$ .

### 3. Modus Operandi

A continuación se describe paso a paso todo el procedimiento experimental que se ha de llevar a cabo en el laboratorio.

1. Conectamos la fuente de corriente externa al dispositivo termoeléctrico intercalando el amperímetro en serie, como se representa en la **fotografía de abajo**. En el amperímetro trabajamos con **unidades de corriente continua** y en el rango de los A.
2. Determinamos el sentido de circulación de la corriente externa mediante el cual retiramos calor Peltier de la unión “caliente”. Para ello encendemos la fuente externa y fijamos la intensidad a 1,0 A. Nos fijamos en la temperatura  $T_2$  del foco “caliente” en el termómetro digital. Si  $T_2$  disminuye quiere decir que el sentido de circulación de la corriente es el deseado. Si por el contrario vemos que  $T_2$  aumenta, debemos invertir el sentido de circulación de la corriente. Para ello apagamos la fuente de corriente continua, e intercambiamos los cables en los bornes + y - de la fuente, tal como se indica la fotografía. Encendemos de nuevo la fuente de corriente y verificamos que efectivamente ahora sí se produce el enfriamiento del foco caliente.
2. Fijamos la intensidad de la fuente de corriente continua a un valor de  $I = 0,5$  A.



3. Pasamos ahora a calentar la unión “caliente” con la resistencia calefactora asociada al generador de corriente alterna. Conectamos el voltímetro en los bornes del generador en paralelo como ya hicimos en la práctica TS (ver **Fotografía 2 en el “Anexo” de práctica TS**), y fijamos el voltaje del generador a 150 V. En el voltímetro nos acordamos de trabajar con las unidades correspondientes a corriente alterna.

4. Utilizando el termómetro digital, anotamos  $T_1$  y  $T_2$  cada minuto hasta que observemos que  $T_2$  no suba más de  $0.1^\circ\text{C}$  cada 2 minutos. Llegados a este punto, supondremos que estamos muy próximos al estado estacionario del dispositivo termoeléctrico.

5. Damos por finalizada la experiencia para  $I = 0,5$  A. Aumentamos la intensidad  $I$  de la fuente de corriente continua progresivamente de 0.5 en 0.5 A, y para cada valor de  $I$  estudiamos la evolución al estado estacionario del módulo termoeléctrico repitiendo el punto 4. anterior (nunca modificamos el voltaje que alimenta la resistencia calefactora; el voltaje siempre permanecerá fijado a 150 V).

Cada vez que aumentemos el valor de  $I$  en la fuente de corriente continua, la temperatura  $T_2$  va a disminuir. No dejaremos que esta temperatura alcance valores para los que se pueda congelar el agua en el dispositivo termoeléctrico. **En cuanto  $T_2 \sim 5^\circ\text{C}$  apagaremos la fuente de corriente continua y daremos por finalizada la práctica.**

#### 4. Tratamiento de datos

El objetivo de esta práctica es el cálculo del coeficiente de Peltier de nuestro dispositivo termoeléctrico. Para ello calcularemos el calor Peltier para cada una de los valores de la intensidad externa  $I$  estudiados en laboratorio y utilizaremos la Ec. 1.

El calor Peltier  $\dot{Q}_p(I)$  lo obtenemos aplicando la Ec. 3 en la que: el valor de  $R_c$  necesario para calcular el término  $W_{R_c} = \frac{V^2}{R_c}$  lo tomamos de la práctica anterior del efecto Seebeck (TS), al igual que los valores para  $\lambda_T$  y  $r_i$ ;  $T_2^\infty$  lo calculamos mediante el ajuste dado en la Ec. 4 a los datos  $T_2(t)$  obtenidos en laboratorio una vez fijada en la fuente de corriente externa el valor  $I$ ; y  $T_1$  será la temperatura de la unión “fría” dada por el termómetro una vez fijada en la fuente de corriente externa el valor  $I$ .