

EXPERIMENTO 13

Equivalente eléctrico del calor

Objetivos

- * Estudiar la transformación de energía eléctrica en energía térmica mediante una resistencia.
- * Estimar la equivalencia entre Julios y Calorías.
- * Medir el valor de una resistencia partiendo del equivalente eléctrico del calor.

Introducción

En el siguiente experimento se estudiará la transferencia de calor generada a partir de la energía disipada por una resistencia a un contenedor de agua que se encuentra aislado. Para desarrollar este experimento se usará una fuente DC que permite controlar el voltaje y la corriente entre sus terminales. La resistencia es desconocida y será una incógnita a encontrar durante el experimento. Finalmente, la energía que absorbe el agua se verá reflejada en el aumento de su temperatura. Como resultados obtendremos experimentalmente el valor del equivalente entre Joules y calorías.

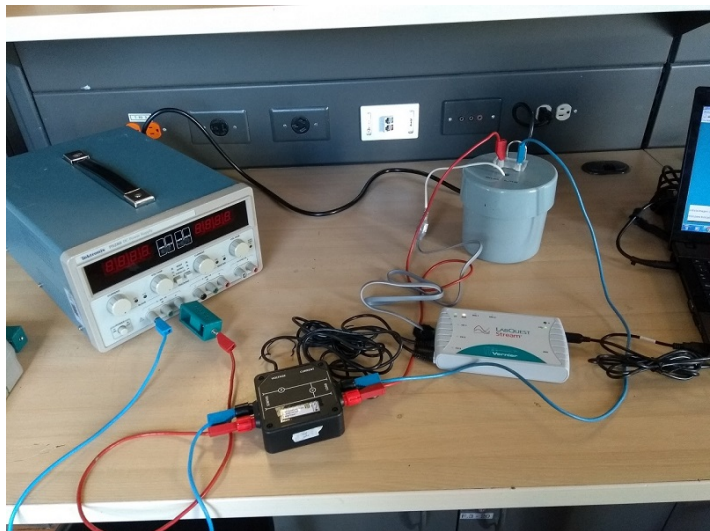


Figura 13.1: Montaje experimental

Materiales

- * Calorímetro Phywe 04401.00
- * Resistencia del orden de $\sim 3\Omega - 5\Omega$ adaptada a calorímetro
- * Sensor de temperatura Vernier
- * Sensor de energía Vernier
- * Interfaz LabQuest Stream
- * Computador con LoggerPro
- * Fuente de corriente DC limitada a 1A
- * Multímetro
- * 4 cables banana-banana: 2 largos (a fuente) y 2 cortos (a multímetro)
- * Fusible de 1 A
- * Balanza
- * Jarra plástica
- * Agua

Teoría

La potencia eléctrica es la tasa a la cual energía del movimiento de cargas eléctricas se transforman en otros tipos de energía en determinado tiempo. La energía eléctrica puede transformarse en energía mecánica, energía almacenada en campos eléctricos y/o magnéticos y energía térmica. Para una resistencia en un circuito DC, su potencia disipada P está dada por

$$P = \frac{\Delta E_{\text{Res}}}{\Delta t} = VI, \quad (13.1)$$

donde E_{Res} es la energía disipada por la resistencia, Δt es el tiempo durante el cual se transfiere la energía, V es el voltaje (o potencial eléctrico) e I es la corriente eléctrica del circuito.

Para este experimento, se considera sumergida la resistencia en un volumen de agua conocido, logrando así que la mayor cantidad de energía que ella disipa se transfiera al agua, aumentando de esta manera la temperatura del agua. La energía absorbida por el agua está dada

por

$$Q_{H_2O} = m_{H_2O} c_{H_2O} \Delta T, \quad (13.2)$$

donde m_{H_2O} es la masa, c_{H_2O} es el calor específico del agua y ΔT su cambio en temperatura.

Usando el principio de conservación de la energía, se puede calcular el equivalente eléctrico del calor. Para esto, se iguala la cantidad de energía disipada por la resistencia de la ecuación (13.1), E_{Res} , a la energía suministrada al medio por transferencia de calor al agua expresada en la ecuación (13.2), Q_{H_2O} ,

$$E_{Res} = Q_{H_2O}, \quad (13.3)$$

$$P \Delta t = m_{H_2O} c_{H_2O} \Delta T. \quad (13.4)$$


Históricamente, el término a la izquierda de la expresión se mide en Joules, y el de la derecha en calorías. Así entonces, determinando experimentalmente ambos términos, se puede encontrar el equivalente eléctrico del calor. De este modo, usando sensores de temperatura, corriente y voltaje podemos medir en función del tiempo las variables necesarias para encontrar la equivalencia entre Joules-Calorías.

Nota: A presión atmosférica y temperatura de 20°C, se define $c_{H_2O} = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

Procedimiento

⚠ Advertencia: Nunca supere una corriente de 1 A en la fuente mientras use el sensor de energía.

⚠ Advertencia: Aplique voltaje sobre la resistencia una vez esté inmersa en el agua. De lo contrario puede dañar la resistencia acoplada al calorímetro que por su valor tan bajo se calienta mucho.

- * Determine el valor de la resistencia acoplada al calorímetro usando un multímetro. Registre este valor en el parámetro **Resistencia**.
- * Pese ≈ 180 g de agua (≈ 180 ml) en una balanza. Para esto, pese primero la jarra y luego el agua introducida directamente de la llave. Introduzca el valor de la masa del agua en el parámetro **MasaAgua**.
- * Ingrese el agua en el calorímetro.
- * Cierre el calorímetro y conecte las bananas de la fuente a la resistencia acoplada a la tapa del calorímetro.
- * Introduzca el sensor de temperatura por una entrada al calorímetro y espere 2 o 3 minutos a que el sistema entre en estado de equilibrio.
- * Oprima el botón  y configure la toma de datos con los siguientes parámetros:
 - modo: “basado en tiempo”

- duración: 300 segundos (o 200 segundos).
- tasa de muestreo: 0.5 segundos/muestra.

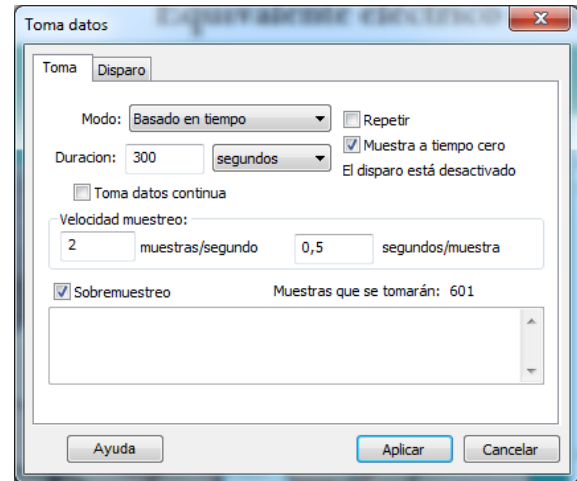


Figura 13.2: Configuración de parámetros de medición

- * Usando el diagrama presentado anteriormente, conecte los cables al sensor de energía y a la fuente (apagada).
- * Introduzca el valor de la temperatura inicial en el parámetro **TempInicial**.
- * Para iniciar a usar la fuente:
 - Con la fuente apagada, ponga la perilla de voltaje y de corriente en el mínimo (girándolas en el sentido contrario a las manecillas del reloj). Luego enciéndala.
 - Asegúrese de estar midiendo la corriente en el monitor, para esto, revise que el interruptor de la pantalla de la fuente esté en AMPS.
 - Ponga la perilla de voltaje al máximo (el valor mostrado en el monitor no debería cambiar, es decir, debe seguir en 0 A).
 - Muy lentamente, gire la perilla de corriente hasta que la corriente llegue a un poco menos de 0.8 A. En el medidor de corriente de LoggerPro, se puede visualizar el valor con mayor precisión. En caso que LoggerPro active la alarma visual y/o sonora, reducir de inmediato la corriente.

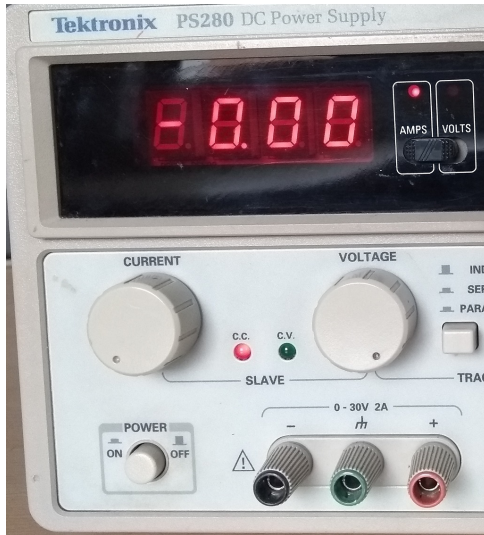



Figura 13.3: Fuente de Corriente

- * Para iniciar la adquisición, oprima el botón **Tomar datos** .
- * Durante la medición subir y bajar el agitador del calorímetro muy lentamente cada 30 s. El agitador es el alambre en forma de herradura que sobresale de la tapa del calorímetro.
- * Repita el procedimiento con un valor diferente de corriente; escoja algún valor entre 400mA y 750mA.

Nota: Si no hay cambios en los datos, llamar a un técnico del laboratorio para revisar el fusible de la fuente.

Análisis cualitativo

- * Describa el comportamiento de temperatura contra tiempo obtenido. Explíquelo en términos de fenómenos físicos.
- * ¿Qué influye, en la toma de datos, el hecho que todos conjuntos de datos no inicien en el mismo valor de la temperatura?
- * De acuerdo a lo observado, comente sobre la relación entre corriente eléctrica y temperatura. ¿Tienen relación? De ser así, ¿de qué tipo es la relación?
- * Proponga cómo se puede mejorar el experimento.
- * ¿Qué sucedería con las gráficas si usara una fuente sinusoidal?
- * ¿Por qué es importante el valor de la resistencia para este experimento?

Análisis cuantitativo

Nota: No confunda *Potencia* con *Potencial*. En el software el voltaje (o potencial eléctrico) medido es etiquetado como *potencial*.

- * Realice una gráfica de P vs. t para cada conjunto de datos. ¿Concuerda con lo esperado? ¿Cuál conjunto de datos presenta una mayor potencia?
- * Para cada conjunto de datos, calcule el equivalente entre Joules y calorías a partir de una gráfica de energía eléctrica contra energía térmica mediante una regresión adecuada. Para realizar la gráfica,
 - Verifique la ecuación usada en la columna calculada **Potencia**.
 - Edite la expresión de la columna calculada **Calor agua (Qagua)** para obtener ese cálculo de acuerdo a la expresión (13.2). Tenga presente que cada toma tuvo una $T_{inicial}$ diferente. Sea cuidadoso con las unidades. Reporte su resultado en calorías.
 - Edite la expresión de la columna calculada **Energía resistencia (Eres)** para obtener ese cálculo de acuerdo a la expresión $P\Delta t$. Sea cuidadoso con las unidades. Reporte su resultado en Julios.
 - Proceda a graficar **Eres** vs **Qagua**, y realice la regresión lineal correspondiente. El valor de la pendiente le dará la equivalencia entre Joules y calorías (¿Por qué?).
- * Para cada conjunto de datos, compare el resultado obtenido con el valor teórico de la equivalencia entre Joules y Calorías y diga si obtuvo precisión y/o exactitud. El valor teórico de la equivalencia es $1\text{cal} = 4.186J$.