

Termometría

Comúnmente el concepto de temperatura se asocia con cuan caliente se encuentra un objeto. Sin embargo para poder realizar mediciones en un laboratorio se necesita primeramente dar una definición operacional del concepto de temperatura. Para ello es necesario disponer de algún objeto que posea alguna propiedad termométrica, es decir, una propiedad del mismo que varíe con la temperatura, de modo de poder usar la variación de dicha propiedad para definir una escala y construir un termómetro.

Luego, podemos definir la temperatura como aquella propiedad que miden los termómetros. El volumen de un líquido, la resistencia eléctrica de un material conductor, la tensión eléctrica generada por un par termoeléctrico (termocupla), el voltaje de un diodo, etc., son ejemplos de propiedades termométricas.

Las características que debe tener un termómetro son repetibilidad, una relación matemática conocida para la variación de la propiedad termométrica (de ser posible sencilla) sensibilidad, etc. También se debe establecer bien el rango de temperaturas en el que se lo va a usar.

Termorresistores

Termómetro de resistencia de platino

Una propiedad básica de los metales es que su resistencia eléctrica cambia con la temperatura. La pieza central de un termorresistor es el elemento resistivo que está fabricado en general con un metal de alta pureza **cuya resistencia varía de un modo conocido con la temperatura**. De esta forma midiendo la resistencia se puede conocer la temperatura del medio en el cual está inmerso el termómetro.

La mayoría de los termoresistores están fabricados con platino. Esto es debido a que la variación de la resistividad de este elemento es lineal con la temperatura, a su amplio rango de operación y al hecho de que es un termómetro estable. El rango de temperaturas para un termómetro de platino va desde -200°C hasta 650°C . (Deben tenerse en cuenta como factores limitantes de este rango los demás materiales que forman parte del termómetro como ser los distintos plásticos que se emplean en las aislaciones de los cables)

El termómetro utilizado en esta práctica consta de una fuente de corriente estable que alimenta la resistencia y de un circuito que amplifica el voltaje medido de modo de poder utilizar el MPLI para adquirir los datos en la computadora.

Para mas datos sobre distintos tipos de termómetros ver:

<http://thermometricscorp.com/rtdsensors.html>

<http://www.lakeshore.com/temp/sen/prtdts.html>

Objetivos de la práctica:

En esta práctica se busca calibrar un sensor de temperatura (termoresistor) mediante la utilización de un *termómetro de referencia* o *patrón*.

También se estudiará el tiempo de respuesta de estos termómetros y se intentará verificar la ley de enfriamiento de Newton para un cuerpo.

Realización de la Práctica

1) Calibración de un termómetro de resistencia de platino

Para la calibración de un termómetro de resistencia de platino utilizaremos un termómetro de mercurio con una resolución de 0.2 °C como termómetro patrón.

En un recipiente con agua introduzca los dos termómetros asegurándose de que no toquen los bordes del recipiente. Varíe la temperatura del agua y mida con ambos termómetros varios puntos en el rango de temperaturas en el que puede trabajar cubriendo todo ese rango.

Establezca la ecuación de calibración para el termómetro de resistencia de platino.

2) Tiempo de respuesta de un termómetro.

Todos los instrumentos de medición requieren que transcurra algún tiempo para que dicha medición se realice en forma precisa. El tiempo de respuesta dependerá de cada tipo de instrumento. Por ejemplo, cuando se utiliza un termómetro (denominado clínico) de mercurio para medir la temperatura corporal hay que dejarlo varios minutos para obtener una medición confiable. Vamos a estudiar los tiempos de respuesta del termómetro utilizado previamente en esta práctica.

Usando dos recipientes, uno con agua fría y otro con agua caliente, estudie la “constante de tiempo” del termoresistor. Para llevar a cabo este estudio sumerja el sensor en el agua fría (temperatura T_1) y espere a que se estabilice su temperatura. Luego, retírelo del agua y páselo al recipiente con agua caliente (temperatura T_2).

Mida la temperatura (T) en función del tiempo (t) hasta que el termómetro haya alcanzado una temperatura final de equilibrio. ¿Cómo es la dependencia de T con el tiempo?

La constante de tiempo, t , puede definirse como el tiempo que tarda el termómetro en cambiar su temperatura desde su temperatura inicial $T(t = 0) = T_1$ hasta una temperatura $T(t = t)$ tal cumpla con:

$$T(t = t) @ T_1 + 0.7 \times (T_2 - T_1). \quad (1)$$

Calcule t y compare el tiempo de respuesta de este termómetro con el tiempo de respuesta del termómetro de mercurio.

En general para realizar una buena medición se debe dejar transcurrir un tiempo equivalente a 3τ .

3) Ley de enfriamiento de Newton

Recubra el sensor de temperatura (termorresistor) con papel de aluminio tratando de formar una esfera compacta de unos 3 cm de diámetro. Caliente el cuerpo con un chorro de aire caliente de una pistola de calor, y déjelo que se enfríe naturalmente en contacto con el aire circundante, tratando de no moverlo. Durante el enfriamiento mida la temperatura en función del tiempo tomando datos a un ritmo no menor de una medición por segundo. Piense como ajustar los parámetros del programa de medición para realizar esta tarea.

El enfriamiento del cuerpo corresponde a su tránsito hacia el *equilibrio térmico* con la masa de aire circundante. Si el enfriamiento se produce debido a la convección natural del aire en las cercanías del cuerpo, el ritmo de transferencia de calor entre el termómetro y el aire se describe de la siguiente manera:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = hA(T - T_0) \quad [2]$$

donde h se conoce como el coeficiente de convección de la transferencia de calor, A es el área de contacto entre el cuerpo (a la temperatura T) y el medio circundante (a temperatura T_0). Igualando la Ec. [2] al ritmo de pérdida del calor del cuerpo:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -m c_p \frac{dT}{dt} \quad [3]$$

donde m es la masa del cuerpo y c_p su calor específico, obtenemos una ecuación para describir el enfriamiento:

$$m c_p \frac{dT}{dt} = -hA(T - T_0) \quad [4]$$

La solución de esta ecuación diferencial, sujeta a las condiciones $T(t=0) = T_i$ (temperatura inicial del cuerpo) y $T(t \rightarrow \infty) = T_0$, es:

$$T(t) = T_0 + (T_i - T_0) \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \quad [5]$$

que se conoce como **ley de enfriamiento de Newton**. El parámetro τ es la constante de tiempo del enfriamiento, y es fácil demostrar que:

$$\tau = \frac{m c_p}{hA} \quad [6]$$

y depende de propiedades del cuerpo (m , c_p , A) y del medio que lo contiene (h). (No confunda este τ que es el tiempo característico del cuerpo (esfera de papel aluminio con el τ calculado en la sección anterior que era el tiempo de respuesta del sensor en agua)

Represente gráficamente sus datos experimentales en distintos gráficos:

- 1) T en función de t
- 2) $(T - T_0)$ en función de t (considere escalas lineales y semi logarítmicas)

Analice si el enfriamiento del cuerpo estudiado puede ser descrito mediante la ley de enfriamiento de Newton.

Determine el valor el parámetro τ usando las representaciones gráficas. (usando la ecuación [1]).

Si encuentra discrepancias entre el modelo propuesto y sus datos experimentales, analice a qué factores pueden deberse.