

Mediciones de temperatura

La temperatura absoluta se define a partir de la energía interna de un sistema. Desde un punto de vista termodinámico, está relacionada con la capacidad relativa de un sistema de entregar o ceder calor a otros sistemas. Microscópicamente está relacionada con la energía cinética media de las partículas.

Medir la temperatura implica usar un sistema transductor que convierta la temperatura de la muestra en alguna otra propiedad física. Los instrumentos o sensores que se usan para medir la temperatura T (termómetros) hacen uso de propiedades físicas que dependen de T . Calibrar un termómetro es por lo tanto encontrar la mejor función que relacione esa propiedad física con una escala de T .

Las distintas escalas en las que se mide la temperatura son en cierta forma arbitrarias y obedecen a razones históricas¹. Los termómetros primarios son aquellos constituidos a partir de una ecuación de estado que no involucra cantidades dependientes de T . Un ejemplo son los radiómetros absolutos, que miden la radiación de cuerpo negro emitida por una muestra. Los termómetros llamados estándares están contruidos según normativas internacionales a partir de sustancias suficientemente puras como para que su respuesta (por ejemplo la resistividad del platino) en determinados puntos fijos termodinámicos coincida (dentro de una incerteza aceptada por la norma) con valores tabulados. Esos puntos fijos son en general puntos triples, de fusión y ebullición de diversas sustancias puras^{1,2}.

Los sensores comerciales (cuya respuesta no es necesariamente estrictamente repetitiva) son calibrados por los fabricantes contra termómetros patrones usando procedimientos estándares. Finalmente el usuario (laboratorio, industria, etc) puede optar por:

- adquirir un sensor calibrado (son más costosos, ya que cada sensor debe ser calibrado por separado)
- adquirir un sensor genérico: el fabricante suele dar una tabla de calibración aproximada o una función de calibración y el usuario debe en esos casos hacer su propia calibración.

Averigüen en lo posible de dónde proviene la calibración de los sensores de Labo 4.

Elegir el sensor adecuado y diseñar su montaje es parte importante del diseño experimental, para lo que hay que tener en cuenta una variedad de factores. Algunas obvias:

- Disponibilidad: verificar que esté disponible o se pueda adquirir; averigüen qué sensores están disponibles en Labo 4.
- Condiciones geométricas y prácticas: tiene que poder instalarse en el experimento. Investiguen cómo son los dispositivos: dimensiones, conexionado, etc.
- Robustez del sensor en las condiciones el experimento: investiguen rango de temperatura y condiciones en los que cada sensor puede ser usado sin que se rompa.
- Instrumental adecuado para medir el sensor. Averigüen el rango de señal de cada sensor y con qué se puede medir.

Y otras menos obvias:

- El sensor debe tener una buena sensibilidad en el rango de T que nos interesa. Para eso, la variable física que relacionamos con la temperatura (por ejemplo, la resistencia R del termómetro) debe variar apreciablemente con T . Esto es: con la resolución de nuestro instrumental (en el ejemplo, el ΔR que podemos resolver) tenemos que obtener la resolución en temperatura ΔT que nos interesa para nuestro experimento ($dR(T)/dT > \Delta R / \Delta T$). Averigüen en qué rango de temperatura tiene mayor sensibilidad cada tipo de termómetro y porqué.
- El tiempo de respuesta del sensor debe ser adecuado para los tiempos característicos del experimento.
- Si en el experimento variamos otras condiciones (campo magnético, presión), debemos elegir un sensor que NO sea sensible a esas variables.

Hay una variedad enorme de sensores de temperatura^{1,2}. Los que se usan en Labo4 son termómetros de contacto: esto quiere decir que miden su propia temperatura a través de una propiedad física intrínseca al sensor que varía con T . Sólo medirán adecuadamente la T de la muestra, si ésta es muy cercana a la del termómetro. La forma de asegurar eso es a través de un muy buen contacto térmico entre la muestra y el termómetro: la muestra y el sensor deben estar conectados idealmente a través de un “cortocircuito térmico”; en la práctica esto implica que estén lo más cerca posible, conectados por un medio de conductividad térmica alta.

En la puesta a punto del experimento se debe tener especial cuidado en caracterizar la respuesta del sistema termómetro-muestra para no reportar datos erróneos. Los problemas más frecuentes que puede ocasionar un contacto térmico no ideal entre muestra y termómetro son:

- 1) En mediciones dinámicas, en las que la T varía con el tiempo (enfriamos o calentamos durante el experimento y medimos mientras eso ocurre, hay un tiempo característico finito para la propagación del calor determinado por la resistencia

térmica finita y la capacidad calorífica del sistema (se ve en detalle el caso de propagación del calor en un medio sólido en la práctica de Difusividad). Por lo tanto, la variación de T de la muestra y del termómetro quedan desfasadas en el tiempo. Piensen o investiguen protocolos sencillos para caracterizar un desfasaje térmico muestra-termómetro.

- 2) Aun en el estacionario ($dT/dt = 0$), el termómetro puede estar a una T distinta de la de la muestra. Un flujo permanente de calor \dot{q} (presente si la disposición experimental requiere de gradientes espaciales de temperatura o si se usa una fuente de calor externa para mantener la T , por ejemplo) circulando a través de la resistencia térmica finita R_T hará que se establezca un $\Delta T = R_T \dot{q}$ entre sensor y muestra. Otra causa muy común es el calentamiento local del termómetro debido a la potencia disipada por la propia corriente de medición. Piensen cómo detectar estos posibles problemas.

En la página de Labo 4 encontrarán hojas de datos de los sensores más usados en la materia y bibliografía complementaria del tema.

¹ L. Michalski , K. Eckersdorf, J. Kucharski and J. Mc Ghee "Temperature Measurement" (Ed. Wiley, 2001)

² J. W. Ekin "Experimental Techniques for Low Temperature measurements" (Oxford, University Press, 2006).