



NATURALIS

BOLETÍN DE LA COORDINACIÓN DE
FÍSICA Y QUÍMICA

No. 35

Febrero de 2020

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS



Contenido

1 ¿Qué es la Temperatura?

Rigel Gámez Leal

¿Qué es la Temperatura?

Una cantidad física que es de mucha importancia en el estudio de la Termodinámica es la temperatura, la cual incluso llega a confundirse con otra llamada calor. Coloquialmente hablando se dice que la temperatura es una medida de qué tan “frío” o “caliente” está una sustancia. Con base en esto se podría concluir que entre más “calor” tenga un cuerpo su temperatura será mayor y viceversa. Sin embargo, como suele suceder en el estudio de algunos conceptos de la Física, es necesario detenerse un poco y reflexionar bien la aseveración anterior.

Dado que muchas propiedades de las sustancias se modifican cuando la temperatura de ellas cambia es relativamente fácil medirla, no así, establecer un concepto claro y adecuado de ella. La experiencia cotidiana nos dice que si uno pone en contacto dos objetos que están a temperaturas diferentes, como por ejemplo si

vertemos agua a punto de hervir en un vaso con cubos de hielo, pasado un cierto tiempo ambos tendrán la misma temperatura; el resultado final es que el cuerpo inicialmente más frío se calienta y el más caliente se enfría hasta llegar a un valor intermedio; es decir, al mezclarse de una manera apropiada alcanzan la misma “condición”. De ahí que la palabra temperatura proviene del latín *temperare* que significa “mezclar apropiadamente” o templar.

Sin embargo, esta explicación de la temperatura resulta demasiado ambigua e insuficiente en la Ingeniería; será necesario adentrarse un poco más en ella. Al revisar algunos textos de ciencia podemos encontrar que la temperatura es una propiedad asociada a la energía interna de las moléculas de una sustancia. Si bien, esto no es mentira, desde el punto de vista de la Termodinámica clásica y de los fenómenos

macroscópicos, esto no nos es muy útil. Si así lo fuera, cualquier propiedad que deseamos explicar podemos basarla en la existencia y/o posición de los átomos que hay en una sustancia. Eso estaría genial porque de esta manera todas las propiedades que queramos definir podríamos hacerlo a partir de “echarle la culpa” a la existencia de los átomos y ¡listo!, problema resuelto. Lamentablemente, esto no siempre es suficiente.

La experiencia nos dice que cuando variamos la temperatura, las otras propiedades de las sustancias cambian. Por ejemplo, la mantequilla al ponerla en una sartén a fuego lento se derrite; un tubo de vidrio al acercarlo a un mechero se hace maleable y podemos doblarlo sin romperlo, muchos alimentos se pudren a temperatura ambiente y no cuando están en el congelador; el hielo se derrite al sacarlo del congelador, el maíz palomero cambia drásticamente de sabor y textura al calentarlo (figura 1), y un largo número de ejemplos podemos encontrar en la vida cotidiana.



Figura 1. Palomitas de maíz.

Es relativamente fácil construir un dispositivo que detecte cambios en la temperatura; es decir, lo que conocemos como termoscopio. Si bien existe un antecedente llamado aparato de Filón en el cual se puede observar cómo el aire se expande al ponerlo en el rayo del sol y éste se comprime al ponerlo a la sombra, podemos decir que Galileo inventó el primer termoscopio como tal. Además, este último invento está relacionado con la idea genial que tuvo: juzgar sobre las variaciones de temperatura por cambios de otras propiedades mensurables en los cuerpos con lo cual se puede dar el paso de un termoscopio a un termómetro.

Entonces el valor de temperatura de un cuerpo se obtiene midiendo alguna propiedad que dependa de ella, a dichas propiedades se les conoce como termométricas y como ejemplo podemos citar: el volumen de gases, líquidos y sólidos; la presión de gases a volumen constante; la resistencia eléctrica de sólidos; la fuerza electromotriz entre dos sólidos distintos; la intensidad de radiación (a temperaturas altas); los efectos magnéticos (a temperaturas extremadamente bajas), por mencionar algunas.

Por razones prácticas o de conveniencia se escoge una escala termométrica que sea una función lineal de la variación de alguna propiedad y se asocia un valor mayor a una cantidad grande de energía en forma de calor requerida para

llegar a esa situación y menor si se requiere menos energía. Sin embargo, es necesario enfatizar que lo anterior es una elección que no deja de ser arbitraria; así, resulta conveniente asociar un cuerpo “frío” a una temperatura baja y un cuerpo “caliente” a una temperatura alta. Pero ¿existe un valor de temperatura que podamos asociar a la temperatura más fría posible en el universo de manera que esta nos sirva de referencia única?

Una forma de definir una escala de temperatura es asignar valores arbitrarios a dos situaciones de temperatura fácilmente reproducibles (el nombre elegante de dichas situaciones es estados termodinámicos, por cierto). Por ejemplo, para la escala de Celsius estos dos puntos de referencia (o estados) corresponden al punto de congelación y al punto de ebullición del agua, ambos tomados a presión atmosférica estándar, (porque para complicar un poquito más las cosas, estos valores de temperatura dependen de la presión), dichas marcas se pueden indicar en un tubo de vidrio capilar. Para esta escala, la distancia entre las dos marcas anteriores se divide en cien intervalos iguales, cada uno de los cuales representa un grado entre 0 y 100 (de ahí el nombre de escala centígrada que significa “cien escalones”). Es en 1948 que se le cambió el nombre de escala centígrada por el nombre en honor a quien la diseñó: el astrónomo sueco Anders Celsius

(1702 – 1744), (figura 2). Se puede mencionar como dato curioso que originalmente Celsius designó la temperatura de fusión del agua en 100 y la de ebullición en 0; sin embargo, poco tiempo después estas designaciones se invirtieron que es como actualmente conocemos la escala.



Figura 2. Anders Celsius.

Otra escala, la de Fahrenheit, llamada así en honor al fabricante de instrumentos alemán G. Fahrenheit (1686 – 1736) quien la ideó, toma como referencia una temperatura que, según el autor, era la temperatura más baja que podía lograrse, esto con la idea de no tener valores negativos. Para esta escala, los puntos de congelación y de ebullición del agua mencionados anteriormente se designan como 32 y 212 °F y la distancia entre ellos se divide en 180 partes iguales (quizá una ventaja que apreció Fahrenheit es que este número es divisible también entre 3, cosa que la escala decimal no tiene).

Como puede apreciarse podemos elegir un sinfín de escalas termométricas totalmente arbitrarias basadas en dos temperaturas de referencia y divididas entre un número de partes que nos convenga; sin embargo, de manera natural unas escalas han resultado más prácticas que otras.

Es muy conveniente tener una escala de temperaturas independiente de las propiedades de cualquier sustancia, a tal escala se le llama "escala de temperatura termodinámica". En el Sistema Internacional la escala con esa condición es la escala de Kelvin, llamada así en honor a su creador lord Kelvin (1824 – 1907), figura 3, cuya unidad de temperatura es el kelvin (no °K; el símbolo de grado se eliminó de forma oficial del kelvin en 1967). En esta escala se tiene certeza que su referencia (0 K) corresponde a la temperatura más baja que puede tenerse con lo cual todos los valores numéricos en esa escala son positivos.



Figura 3. Lord Kelvin.

Como podrá apreciar el amable lector, es suficiente el termoscopio para descubrir una de las leyes fundamentales de la Termodinámica: la del equilibrio térmico. Existe una discusión si se trata de una ley o un principio (o quizá ambos) ya que no puede expresarse con un modelo matemático, como la mayoría de las leyes, y lo que enuncia es una de las bases de la ciencia basada en hechos experimentales, como la mayoría de los principios. De cualquier manera, la medición de la temperatura con ayuda de un termómetro se basa en la ley del equilibrio térmico.

Supongamos que ponemos en una habitación sin ventanas, con paredes que evitan una interacción térmica con los alrededores, varias sustancias a diferentes temperaturas todas ellas. Sabemos que, al cabo de un tiempo, las sustancias "más calientes" transmitirán energía a las "más frías"; después pongamos el termómetro sucesivamente en contacto con cada sustancia y la indicación del instrumento será exactamente la misma; es decir, todos los cuerpos habrán alcanzado simultánea y separadamente la misma temperatura o, dicho elegantemente, habrán alcanzado el equilibrio térmico entre sí. Vale la pena indicar que la tesis inversa es válida; esto es, si los cuerpos están en equilibrio térmico entre sí, podemos asegurar que la temperatura de ellos es la misma.

Este hecho puede considerarse como evidente, quizá hasta como “una pérdida de tiempo” reflexionar en ello; sin embargo, no lo es. Recordemos lo que el físico M. Planck (1858 – 1947) indicó alguna vez: “el hecho de que dos cuerpos, encontrándose en equilibrio térmico con un tercero, se encuentran en equilibrio térmico también entre sí, en general no es comprensible por sí mismo, pero es formidable e importante”.

Por supuesto, no es imprescindible poner varios objetos dentro de la habitación para hacer evidente este hecho, bastaría con un par (cuerpos A y B) y un termómetro (cuerpo C) para convencerse de lo anterior. En resumen, cuando dos sustancias (A y B) están en condiciones térmicas distintas y alcanzan simultánea y separadamente el equilibrio térmico con una tercera (por ejemplo, un termómetro o sustancia C) originalmente en condición distinta de las demás, entonces es un hecho experimental que las sustancias A y B tienen que estar en equilibrio térmico entre sí, aún si A y B no están en contacto entre sí (vale la pena recalcar esto último « aun si no están en contacto entre sí »).

Lo anterior se conoce como ley cero de la Termodinámica y no es posible concluirla a partir de otras leyes. En 1931 fue Ralph H. Fowler (1889 – 1944), figura 4, el primero que formuló y nombró esta ley. Su valor como principio físico fundamental se reconoció más de medio siglo

después de la formulación de la primera y segunda leyes de la Termodinámica y por eso se le llamó ley cero, ya que históricamente apareció después pero conceptualmente precede a las otras dos.

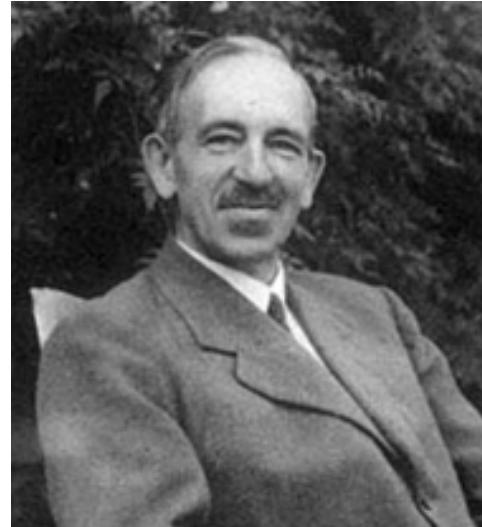


Figura 4. Ralph H. Fowler.

En un lenguaje menos formal podemos decir que el mensaje de la ley cero de la Termodinámica es que todo cuerpo o sustancia posee una propiedad llamada temperatura; cuando dos sustancias están en equilibrio térmico entre sí es porque poseen la misma temperatura y si sabemos que están en dicho equilibrio, podemos afirmar inequívocamente que poseen el mismo valor de esa propiedad. Esto nos permite medir con certeza el valor de esa propiedad, en forma indirecta, con un instrumento llamado termómetro.

Para el estudio de la Termodinámica, una vez que se tiene la capacidad de medir la temperatura, podemos realizar experimentos sistemáticos asociados a una transferencia de

energía que se manifiesta cuando hay una diferencia de ella entre dos sustancias la cual se denomina calor y vale la pena mencionar que, si bien esta transferencia está íntimamente ligada a la propiedad llamada temperatura no son la misma cosa por lo que es incorrecto decir que la temperatura es la medida del calor que posee una sustancia, de hecho el calor ¡ni siquiera es una propiedad!

Es también importante recalcar que para el estudio de la Termodinámica es útil analizar cómo se relacionan las diferentes propiedades de la sustancia entre sí, por lo que la temperatura resulta fundamental en estas relaciones. Una vez que logramos medir esta propiedad con cierta facilidad y con ayuda de un termómetro, podemos establecer cómo varían otras propiedades menos “amables” como la energía interna, la entalpía o la entropía las cuales son muy importantes en el estudio de la Termodinámica.

Como podrá apreciarse el concepto de temperatura es fundamental pero no es fácil de establecer. No es fortuito que históricamente se estableció primero lo que conocemos como primera ley de la Termodinámica de la cual

emana el concepto de energía; después se estableció la llamada segunda ley de la Termodinámica de la cual emana el concepto de entropía y es más adelante cuando aparece la ley cero de la Termodinámica asociada a un concepto más básico que la energía y la entropía: la temperatura.

Referencias

1. Cengel, Y. y Boles, M. *Termodinámica*. McGraw Hill. México, séptima edición, 2012.
2. García-Colín, L. *De la máquina de vapor al cero absoluto (calor y entropía)*. Fondo de Cultura económica. México, 2003.
3. Wark, K. y Richards, D. *Termodinámica*. Editorial McGraw Hill. México, seta edición, 2001.
4. Krichevski, I. R., y Petrianov, I. V. *Termodinámica para muchos*. Editorial MIR. Moscú, 1980.
5. Juliá D., B. *El frío absoluto*. RBA Coleccionables. Un paseo por el Cosmos. España, 2016.

Las imágenes fueron tomadas de:

<https://www.google.com.mx/palomitas+de+ma%z>.

<https://www.britannica.com/biography/Anders-Celsius>

<https://www.biografiasyvidas.com/biografia/k/kelvin.htm>

<https://solar-energia.net/termodinamica/leyes-de-la-termodinamica/ley-cero-termodinamica>

Rigel Gámez Leal

ing_galeri@yahoo.com.mx

Profesor de la Facultad de Ingeniería de la UNAM

El contenido de los artículos publicados en este boletín, es responsabilidad exclusiva de los autores.

Dudas o comentarios: velasquez777@yahoo.com.mx

Editor: M. en C. Q. Alfredo Velásquez Márquez