



La Ciencia, desde Morelos para el mundo

Todos los artículos publicados en esta sección de La Unión de Morelos han sido revisados y aprobados por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos, A.C., cuyos integrantes son: Dr. Enrique Galindo Fentanes (Coordinador), Dr. Edmundo Calva, Dr. Hernán Larralde, Dr. Sergio Cuevas y Dr. Gabriel Iturriaga
 ¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTACTANOS: edacmor@ibt.unam.mx

¿Qué es la entropía?

Francois Leyvraz
*Instituto de Ciencias Físicas,
 UNAM Campus Morelos
 Miembro de la Academia de
 Ciencias de Morelos, A. C.*

En ocasión anterior había hablado en este espacio de una conversación que sostuve con un amigo sobre la naturaleza del calor, de las máquinas y algunos temas de termodinámica. Al verme de nuevo, mi amigo me preguntó si ahora tenía algo de tiempo para aclarar algunas dudas que le habían quedado en nuestra última charla, en particular, sobre la entropía. Le contesté que lo intentaría. Me preguntó entonces si le podía dar una idea aproximada de lo que era la entropía. Más aún, me preguntó si la entropía era algo real, que pudiera medirse, o sólo alguna idea abstracta.

Es una idea abstracta, contesté, pero se define de tal manera que puede medirse. Para definir la entropía requerimos de tres conceptos: la temperatura, el calor y la reversibilidad.

Vamos por partes: la temperatura es algo que siempre se encuentra igual para dos cuerpos que pueden intercambiar calor. Un trozo de hierro y otro de madera que quedaron cierto tiempo en un cuarto tienen ambos la misma temperatura. Esto no corresponde necesariamente a nuestro sentido subjetivo de lo que es caliente o frío: en este caso, el hierro parecerá más frío que la madera, pero en realidad ambos tendrán la misma temperatura.

—Esto me parece razonable —me dijo—, pero hasta ahora, sólo me has dicho cómo saber cuándo dos temperaturas son iguales. ¿Cómo, con lo que me dijiste, puedo determinar el intervalo entre dos temperaturas distintas? y, ¿de qué manera puedo determinar una escala de temperaturas?

—En realidad —respondí— ésta es una pregunta difícil, y no la puedo contestar bien aquí. Existe una escala natural de temperatura determinada por el comportamiento de los gases a baja presión. Ésta es siempre mayor que cero, y se anula a 273.16 grados

centígrados debajo de cero.

El calor, por otro lado, es una forma de energía: si recordamos que hay varios tipos de energía (cinética, potencial, eléctrica, química...), veremos que la energía total a veces disminuye de manera inexplicable. Esto es un tanto extraño ya que, de manera general, la energía se conserva. Por ejemplo, al dejar caer un huevo al suelo, la energía que dio lugar al movimiento de caída del huevo no aparece en ningún lugar obvio después de que el huevo se estrelló. Resulta que toda energía que parece perderse se encuentra bajo la forma de calor, y tiene el efecto de hacer subir la temperatura: el huevo se calienta un poco al estrellarse. En el siglo XIX, Joule hizo un gran número de experimentos para comprobar esto, y en todos encontró que la energía mecánica de un kilogramo cayendo de una altura de 425 metros basta para calentar un litro de agua en un grado centígrado; en otras palabras, esta energía es siempre la misma cantidad de calor, con lo que se llega a la idea de que calor es energía, pero en una forma en la que no se puede aprovechar de manera directa.

—Pero, entonces, ¿no será el calor un mero comodín introducido por los físicos para hacer que se conserve la energía? ¿No se tratará de una pura convención usada entre físicos, pero sin base real?

—No realmente —le contesté—. Estás pasando por alto un dato básico: los cambios de temperatura nos permiten medir los cambios de calor de manera objetiva. No decimos que el calor aumentó sólo porque perdimos algo de energía: los experimentos de Joule siguieron, con mucha precisión, tanto los cambios de temperatura como la energía añadida, para llegar a la conclusión que el calor correspondiera realmente a la energía faltante.

Ahora llegamos a otra idea esencial: la reversibilidad. Un proceso es reversible si se puede recorrer en el sentido opuesto, es decir, si al pasar el video que se tomó del proceso, no se puede estar seguro en qué sentido va la película. Abrir una lata de refresco sacudida, por ejemplo, no es reversible:

nunca sucede que el refresco, del que uno tiene toda la cara empapada, se junte ordenadamente para entrar en la lata que tengo en la mano; el proceso inverso, sin embargo, es muy fácil de realizar. Otro ejemplo de un proceso irreversible se muestra en la figura del florero roto. Por otro lado, dejar que un gas se expanda, aprovechando el proceso para levantar un peso, es reversible, ya que se puede hacer bajar el peso para volver a comprimir el gas. Muchos procesos reales son aproximadamente reversibles.

Ahora ya tenemos todos los elementos para definir la entropía: cuando se pasa reversiblemente de un estado a otro, el incremento de la entropía es el incremento de calor dividido entre la temperatura.

¿Cuál será la ventaja de semejante definición —preguntó mi amigo—. ¿No basta ya con temperatura y calor? ¿De qué me sirve esta nueva definición?

—Su utilidad es la siguiente: La Segunda Ley de la Termodinámica ahora dice que el incremento de entropía no depende del camino que se usa para llegar de un estado a otro. En particular, muchas máquinas funcionan de manera cíclica, es decir, al final de un determinado número de pasos, la máquina regresa a su estado inicial. Para semejante máquina, la entropía al final de un ciclo debe ser la misma que al principio.

—Tal vez no lo entienda bien —me dijo—, pero me lo estoy imaginando de la manera siguiente: el calor tiene un “valor entrópico”, que es pequeño cuando la temperatura es alta y grande cuando es baja. En otras palabras, puedo sacar mucho calor a alta temperatura, por la misma entropía que corresponde a poco calor a temperatura baja.

—Tienes toda la razón —le dije—, es exactamente como dices.

—Entonces, ¿será posible hacer negocio con el calor, comprando barato y vendiendo caro? Por ejemplo, podría tomar, al principio de un ciclo, cierta cantidad de entropía de una fuente de alta temperatura, luego desecharla a temperatura más baja, para finalmente regresar al principio



SE REGALARÁ UN LIBRO A LOS PRIMEROS 20 LECTORES QUE LO SOLICITEN A:
kcedano@morelos.unam.mx

otra vez. En total habría entonces ganado calor. Me parece que lo estoy sacando de la nada, lo que no puede ser.

—Y no obstante tienes razón: sí se puede —le contesté—. Lo que pasa es que estás confundiendo calor y energía: el calor es una de las formas de la energía, pero existen muchas otras, en particular la que se expresa en trabajo mecánico. Podemos decir que la energía es calor cuando la observamos pasar de un sistema a otro, pero una vez que llega, es energía nada más: no se puede decir si será calor o trabajo...

—Ya entendí —me interrumpió—. Lo que pasa en el sistema que describí, es que saqué energía de la fuente de temperatura alta, puse una parte en forma de calor a la temperatura inferior y me quedé con un sobrante de energía para efectuar trabajo. Pero ¡me parece que esto es de gran utilidad práctica! Si esta máquina funciona cíclicamente, puede seguir suministrándonos trabajo para siempre.

—¡Felicidades! —le dije—. El procedimiento que describes es, de hecho, la base del mecanismo de casi todos los motores que se usan. La máquina de vapor así funciona, y también los varios tipos de motores de vehículos: sean de dos o de cuatro tiempos, de gasolina o diesel. El refrigerador, dicho sea de paso, funciona de la misma manera, pero al revés...

—¡Lo veo! —Se debe quitar calor al refri y depositarlo en la cocina. Como el calor de baja temperatura es entrópicamente caro, es malo el negocio. Por esto debo poner energía de mi parte, que es la que me cobra la compañía de electricidad.

—Pero sigo con una duda —prosiguió—: hasta ahora me has dicho lo que pasa con la entropía en procesos reversibles. ¿Qué pasa en el caso de cambios irreversibles? He oído que la entropía siempre crece y, hasta ahora, sólo me has dicho que se mantiene constante en un ciclo. ¿Qué hay de verdad, entonces, en esto del crecimiento de la entropía?

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.



—Ésta es la otra vertiente de la Segunda Ley: se afirma que no puede existir máquina cíclica alguna que opere a una sola temperatura. En otras palabras, no es posible sacar calor de una sola fuente y convertirlo íntegramente a trabajo. De hecho, resulta que los procesos reversibles son los más eficientes.

-Parece probable que la irreversibilidad en general resulte desventajosa, me contestó. Creo entender ahora que la entropía sí es algo bien definido. Sin embargo, no veo conexión alguna con la información y otros conceptos generales. ¿Será cierto que hay una conexión?

Sí la hay, contesté. Pero esto deberá ser objeto de otra plática.

NOTA: una versión de este texto fue publicada previamente en el libro "CIENCIA Y FICCIÓN. Antología de un taller de redacción" (K. Cedano y F. Rebolledo, compiladores) (2009),



editado por el Campus Morelos de la UNAM con apoyo del CCyTEM.

Ilustración de un fenómeno irreversible (elaborada por Guillermo Escamilla).





Gobierno del Estado de Morelos
2006 - 2012



Morelos
LA PRIMERA DE MÉRITO



FITUR
MORELOS



INAH



CONACULTA
Consejo Nacional para la Cultura y las Artes

www.morelostravel.com

ILUMINACIÓN NOCTURNA DE LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE XOCHICALCO

NUEVA TEMPORADA NOVIEMBRE 2009 - MAYO 2010

Viernes y sábados de 19:00 a 21:00 horas - Teléfonos: (737) 374 3091 y (737) 374 3092
Museo de Sitio de Xochicalco