

30. Radiación térmica

Friedrich Herrmann. Universidad de Karlsruhe, Alemania
Georg Job. Universidad de Hamburgo, Alemania
Nelson Arias Ávila. Universidad Distrital, Bogotá, Colombia

Tema:

Se analizarán tres afirmaciones sobre la radiación térmica que se encuentran en libros de texto y que se contradicen mutuamente o que sencillamente no son correctas.

- 1) El calor se puede transmitir por conducción, convección y radiación.
- 2) La radiación térmica es un tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la luz visible pero menor que las microondas.
- 3) Con la luz del sol llega calor a la tierra y éste se manifiesta en un aumento de la temperatura del cuerpo que la absorbe.

Defectos:

Con el nombre de radiación térmica se caracteriza cierto modo de generar radiación electromagnética: Un cuerpo emite radiación térmica, si tiene una temperatura superior a 0 K. Sabemos que existen otros métodos para producir radiación electromagnética, en cuyo caso la radiación no se llama radiación térmica. Así, no llamamos radiación térmica a las microondas de un klistrón, a la radiación de luminiscencia de un diodo semiconductor, o a la luz de un láser.

Iniciemos con una objeción algo trivial a las formulaciones arriba citadas: la radiación térmica no está limitada al infrarrojo. La luz del sol es térmica, pero transporta la mayor parte de su energía con luz correspondiente a la parte visible del espectro. La radiación cósmica de fondo es radiación térmica, pero su máximo energético se encuentra en una longitud de onda del orden de 5 cm, es decir, en la región de las microondas. En el interior de las estrellas hay radiación térmica de la región de los rayos X.

Un defecto más grave y más sutil tiene que ver con la afirmación de que la radiación transmite calor. Para analizarla, es necesario comprender qué se quiere decir cuando se afirma que en un proceso se transmite calor o energía en forma de calor. De modo general, el transporte de calor es transporte de energía, acompañado de un flujo de entropía. La corriente de energía P y la corriente de entropía IS son proporcionales:

$$P = T \cdot IS \quad [1]$$

donde T es la temperatura.

En general una corriente de energía tendrá varios componentes, o estará compuesta por varias "formas de energía": calor, trabajo, energía eléctrica y energía química, entre otras, llamando calor solamente a la parte correspondiente a la ecuación [1].

Para decidir qué parte de cierta radiación electromagnética es calor, hay que considerar la entropía transportada y hay que conocer la temperatura de la

radiación. Si se trata de radiación de cuerpo negro, es fácil conocer su temperatura, a partir del espectro correspondiente a la distribución de Planck. Sin embargo, el problema se vuelve tanto más complejo cuanto más selectiva es la radiación, ya que cada vez es más difícil definir una temperatura. Es relativamente sencillo cuando se trata de radiación emitida por dispositivos como el klistrón, o por las ondas de una antena emisora. En este caso la corriente de entropía es prácticamente cero y no hay transporte de calor. Es importante notar que no se puede concluir que la radiación sea térmica por el simple hecho de que algo se calienta con ella (como en el microondas). La entropía que aparece al ser absorbida la radiación, y que se manifiesta en el calentamiento, puede tener dos orígenes: puede ser portada por la radiación o puede ser producida en el proceso de absorción.

Se observa entonces que, en la tercera afirmación mencionada en el *Tema*, hay un error. El calentamiento de un cuerpo absorbente es independiente de que la radiación porte o no calor. Depende solamente de la energía transportada por la radiación y del hecho de que ésta sea disipada al ser absorbida. Una radiación sin ninguna entropía, emitida por una fuente no térmica, produce el mismo calentamiento del cuerpo absorbente, que el producido por radiación de cuerpo negro de una fuente de radiación térmica, a condición de que las dos radiaciones transporten la misma cantidad de energía por segundo, y que en ambos casos la misma fracción de energía sea disipada.

La situación es idéntica, pero tal vez más clara en el caso de radiaciones no electromagnéticas. Por ejemplo, al chocar un haz de electrones contra la materia esta última se calienta, es decir, se genera entropía. En este caso sabemos que la mayor parte de la entropía es producida al chocar los electrones contra la materia absorbente.

Origen:

La radiación térmica se estudió mucho antes de que fuera posible comprender que su naturaleza era igual a la de la luz, y antes de que se comprendiera la relación entre energía y calor. El término “calor radiante” proviene probablemente de Carl Scheele (1742-1786) (descubridor del oxígeno) (1). En su obra de 1790, Marc Pictet (1752-1825) expresó su convencimiento de que la luz y el calor existían independientemente (2). En particular, creía haber mostrado que de la luna recibimos solamente luz, mientras del sol luz y calor. En las primeras décadas del siglo 19 se estableció la convicción de la identidad de las radiaciones luminosa y térmica. Sin embargo, para la clarificación definitiva faltaban aún dos grandes teorías: la electrodinámica de Maxwell y la termodinámica estadística de la radiación de Planck (3).

Eliminación:

No debe decirse que el transporte de calor es característico de la radiación infrarroja.

Debe decirse que la luz del sol transporta energía en lugar de decir que transporta calor. El calor (o la entropía) que se percibe al absorber dicha luz tiene dos orígenes: el portado por la radiación y el producido en el proceso de absorción. Para la luz del sol este último es veinte veces mayor que el primero.

Referencias:

- (1) Mach, E. *Die Principien der Wärmelehre*. Leipzig: Verlag von Johann Ambrosius Barth, 1919. p.126. Existe versión en inglés: *Principles of the Theory of Heat: Historically and Critically Elucidated*. Berlín: Springer, 1986.
- (2) Pictet, M. *Essai sur le feu*. Genève, 1790. Existe versión en inglés: *An Essay on Fire*. Trans. by W. Belcome, London: E. Jeffery, 1791.
- (3) Planck, M. *Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung*. Leipzig: Verlag von Johann Ambrosius Barth, 1913. Existe versión en inglés: *The theory of heat radiation*. Trans. By M. Masius, New York: Dover Publications, 1991.