

2. Pura energía

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

Tema:

En libros de Física y revistas científicas se encuentran afirmaciones según las cuales la radiación electromagnética es pura energía. Por ejemplo: “Si un positrón encuentra un electrón, las dos partículas se aniquilan mutuamente y producen energía pura en forma de radiación gamma” (1), o: “Una partícula con masa y su antipartícula pueden aniquilarse para dar energía, y un par partícula-antipartícula puede crearse a partir de la energía” (2). Una concepción similar se expresa en la siguiente afirmación: “...También se puede describir la luz mediante los fotones, o sea cuantos de energía emitidos discretamente” (3).

Defectos:

Es obvio que una onda electromagnética no es pura energía. El campo electromagnético es un sistema físico, es decir, un ente en el cual *todas* las magnitudes físicas tienen un valor, no solamente la energía.

En el campo electromagnético, aparte de la energía, otras magnitudes extensivas como la cantidad de movimiento (momento lineal o momento), el momento angular y la entropía tienen valores diferentes de cero, de lo contrario la carga eléctrica sería cero en todos los estados del campo. Así como en otros sistemas, también las magnitudes intensivas tienen cierto valor en el campo electromagnético; este tiene cierta presión en cada punto y dado que la presión depende de la dirección se tendrá una magnitud tensorial (el tensor de tensión mecánica). En los estados llamados radiación térmica el campo también tiene cierta temperatura y cierto potencial químico.

Identificar la radiación electromagnética con una sola magnitud es sencillamente incorrecto. La radiación es un sistema físico que es parte de la naturaleza, independientemente de que exista o no un observador. Las magnitudes físicas, por el contrario, son productos del intelecto humano, son herramientas para la descripción de los sistemas.

Por lo tanto el fotón, o sea la porción elemental del sistema “campo electromagnético”, es más que un cuanto de energía; además de energía tiene momento y momento angular.

La confusión entre los conceptos “magnitud” y “sistema” se manifiesta también en otra formulación de uso frecuente, según la cual la energía y la materia representan dos clases de “sustancias” que se encuentran en la naturaleza: “Si todas las galaxias se alejan unas de otras [...] parece lógico que en un pasado remoto estuvieran concentradas en un lago denso de materia y energía” (4).

Origen:

Probablemente existieron dos causas para la errónea identificación de la magnitud “energía” y del sistema “campo electromagnético”. Por un lado, se veía en la energía algo más que una magnitud física y, por otro, no se tomó en serio el campo como sistema físico real.

Después de la introducción del concepto de energía a mediados del siglo 19, se percibió rápidamente su importancia universal para las ciencias; sin embargo, el entusiasmo de haber encontrado una magnitud de tal alcance llevó a los científicos a sobrestimarla y malinterpretarla; se consideraba la energía, en particular en el ambiente de los “energéticos”, como algo similar a una sustancia. En el libro *La energía*, de Ostwald, publicado en 1908, se puede leer: “Por esta razón, la energía está contenida en todos los objetos reales o concretos como componente esencial, que nunca falta, y así podemos decir que la energía encarna lo propiamente real” (5).

Por otra parte, el concepto de radiación electromagnética difería de lo que entendemos actualmente; hoy sabemos que dicha radiación es un sistema entre otros; como el gas ideal o el sistema de fonones en un sólido, y como los demás sistemas el campo electromagnético consta de partes elementales. Los fotones son para el campo electromagnético lo que para el gas de hidrógeno son las moléculas de hidrógeno o para el sistema de la red cristalina de un sólido los fonones.

La errónea interpretación de la magnitud “energía”, así como del sistema “campo electromagnético”, ha dejado huellas y aunque hoy tenemos unos conceptos más claros al respecto, frases como las antes citadas son frecuentes y se nos “escapan” fácilmente.

Eliminación:

En lugar de afirmar que como producto de la reacción de un electrón con un positrón resulta pura energía, digamos que se obtienen fotones. Y en lugar de decir que la radiación electromagnética es pura energía, digamos que la radiación tiene energía, pero además tiene otras magnitudes extensivas, como momento, momento angular y entropía.

Referencias:

- (1) Gehrels, N., Fichtel, C., Fishman, G., Kurfess, J. and Schönfelder, V. *The Compton Gamma Ray Observatory*. Scientific American (December 1993); p.44.
- (2) Penrose, R. *La nueva mente del emperador*. Barcelona: Grijalbo Mondadori, 1991. p.365.
- (3) Haroche, S. and Raimond, J. *Cavity Quantum Electrodynamics*. Scientific American (April 1993); p.26.
- (4) Peebles, P., Schramm, D., Turner, E. and Kron, R. *The Evolution of the Universe*. Scientific American (October 1994); p.32.
- (5) Ostwald, W. *Die Energie*. Leipzig: Verlag Johann Ambrosius Barth, 1908. p.5.