

El espectro electromagnético

Pero volvamos ahora al fotón. Antes de 1800, los únicos fotones que conocía el hombre eran los de la luz visible, aquéllos precisamente que era capaz de percibir de un modo directo. La longitud de onda de la luz visible oscila entre 0,000076 centímetros en el extremo rojo del espectro y la mitad de ese valor, ó 0,000038 centímetros, en el extremo violeta. La energía de los fotones de la luz es inversamente proporcional a su longitud de onda. Por consiguiente, como hemos dicho que la longitud de onda de la luz en el extremo violeta es la mitad de la del extremo rojo, los fotones de la luz violeta tendrán un contenido de energía doble que el de los fotones de la luz roja. El contenido energético de los fotones de la luz visible varía entre 1,5 electrón-voltios (1,5 eV) en el extremo rojo del espectro y 3,0 eV en el extremo violeta.

Más tarde, durante los primeros años del siglo XIX, se descubrieron las radiaciones infrarroja y ultravioleta (véa-

se pág. 92). El contenido energético de los fotones infrarrojos es, naturalmente, menor que 1,5 eV, mientras que el de los fotones ultravioletas supera los 3,0 eV.

Una cuestión que permaneció sin resolver durante buena parte del siglo XIX fue la de hasta qué punto se extendía la región infrarroja del espectro en la dirección de las energías decrecientes, y hasta dónde llegaba la región ultravioleta en la dirección opuesta, es decir, la de energías cada vez mayores.

Sin embargo, en 1861 el físico escocés James Clerk Maxwell (1831-1879) desarrolló una teoría global de la electricidad y del magnetismo que ponía de manifiesto la relación íntima e inseparable que ligaba a estos dos tipos de energía. (Como consecuencia de esta teoría sólo es lícito hablar de un «campo electromagnético», fusionando los dos tipos de energía en uno solo). Maxwell demostró asimismo que una variación periódica en la intensidad de un campo de este tipo produce una forma ondulatoria que se aleja de la fuente de variación a la velocidad de la luz. Efectivamente, la propia luz era considerada como una forma de esa «radiación electromagnética».

Puesto que el campo electromagnético puede variar con un período cualquiera, la radiación electromagnética puede tener también cualquier longitud de onda. Por tanto, debían existir radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda mucho más grandes que el infrarrojo, y otras cuyas longitudes de onda fuesen mucho más cortas que el ultravioleta.

Poco tiempo pasó antes de que esta predicción se viera confirmada. En 1888 el físico alemán Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) logró producir ondas electromagnéticas de longitud de onda enorme. Tal radiación (que al principio recibió el nombre de «ondas hertzianas») se utilizó más tarde en la comunicación radiotelegráfica, es decir, comunicación no por medio de corrientes eléctricas a través de hilos (como en el telégrafo ordinario), sino por medio de ondas radiadas (de ahí el prefijo «radio-») a través del espacio. A la luz de las consideraciones an-

teriores cabría esperar que este tipo de radiación se llamara ondas radiotelegráficas, pero el término que se afinó fue la forma abreviada de «ondas de radio» o «radioondas».

En 1895 el físico alemán Wilhelm Konrad Röntgen (1845-1923) demostró la existencia de una forma de radiación que resultó ser de naturaleza electromagnética y que poseía una longitud de onda extremadamente corta. Röntgen la llamó «rayos X» como confesión de su ignorancia acerca de la naturaleza de esta radiación, y esa denominación ha persistido desde entonces, aun después de disipada dicha ignorancia.

Las tres variedades de radiación procedentes de las sustancias radiactivas (descubiertas por Becquerel en 1896) fueron bautizadas por Rutherford con las tres primeras letras del alfabeto griego: «rayos alfa», «rayos beta» y «rayos gamma». De estas tres radiaciones, sólo los rayos gamma resultaron ser de naturaleza electromagnética: se trataba de una forma de radiación de longitud de onda aún más corta que la de los rayos X.

Así pues, hacia principios del siglo XX los físicos se hallaban en posesión de un enorme «espectro electromagnético» que se extendía a lo largo de unas sesenta octavas (es decir, la longitud de onda se duplicaba sesenta veces desde la más corta a la más larga). Esto equivale a decir que las ondas más largas eran 2^{60} —o aproximadamente 1.000.000.000.000.000.000 (un trillón)— veces superiores a las más cortas. De esta gama tan amplia, la luz visible cubría únicamente una octava.

El espectro electromagnético es continuo, y no existe salto alguno entre una forma de radiación y otra. Las clasificaciones que el hombre ha impuesto a este espectro son puramente arbitrarias: en el caso de la gama visible, la clasificación depende de la capacidad humana para percibir la luz de un modo directo; en el caso de las restantes porciones del espectro depende de los accidentes de la historia de los descubrimientos. Estas clasificaciones o fronteras arbitrarias se suelen describir en función de la longitud de onda, o bien de la frecuencia (el nú-

mero de longitudes de onda producidas por segundo). Nosotros, sin embargo, las describiremos en este libro en función del contenido energético de los fotones que componen la radiación, valor que es directamente proporcional a la frecuencia.

Las radiaciones electromagnéticas de longitud de onda más larga (y, por consiguiente, compuestas de fotones de mínima energía) son las radioondas. En un sentido amplio, las radioondas contienen fotones de 0,001 eV para abajo. Pero dado que esta gama es muy amplia y resulta muy incómoda de manejar, a menudo se descompone en tres regiones: radioondas largas, radioondas cortas y radioondas muy cortas. Estas últimas se denominan hoy día con frecuencia «microondas». El contenido energético de los fotones sería el siguiente:

Radioondas largas — cero a 0,00000001 eV
Radioondas cortas — 0,00000001 eV a 0,00001 eV
Microondas — 0,00001 a 0,001 eV

La región infrarroja se puede dividir a su vez en infrarrojo lejano, infrarrojo medio e infrarrojo próximo, a medida que la longitud de onda se acorta y aumenta la energía de los fotones:

Infrarrojo lejano — 0,001 a 0,03 eV
Infrarrojo medio — 0,03 a 0,3 eV
Infrarrojo próximo — 0,3 a 1,5 eV

La región visible se encuentra, como ya dijimos anteriormente, entre 1,5 y 3,0 eV. Atendiendo al color, las energías se pueden clasificar del modo siguiente (se trata de promedios):

Rojo — 1,6 eV
Naranja — 1,8 eV
Amarillo — 2,0 eV
Verde — 2,2 eV
Azul — 2,4 eV
Violeta — 2,7 eV