

¿Qué es la luz?

Arnaldo González Arias

Depto. Física Aplicada, Universidad de La Habana, San Lázaro y L, La Habana, Cuba.

E-mail: arnaldo@fisica.uh.cu



(Recibido el 24 de Octubre de 2007; aceptado el 18 de Diciembre de 2007)

Resumen

A veces es posible encontrar en la Física definiciones que, a fuerza de tratar de simplificar, confunden en vez de ilustrar. Tal cosa sucede con la luz, donde no es raro encontrar definiciones erróneas. La luz se comporta en unos casos como onda y en otros como partícula, con la rara particularidad de que, cuando se comporta como partícula, su energía depende de la frecuencia definida según el incompatible modelo ondulatorio. Posee las características de las ondas y de las partículas conjuntamente, pero no como una simple suma de ambos entes; es algo más que eso. No obstante, la falta de una definición precisa no ha impedido que la tecnología moderna haya creado un sinnúmero de dispositivos ópticos como el láser, la fibra óptica, las microcámaras de video o las recientes pantallas planas de plasma para TV. Se han intentado otros muchos modelos, algunos de ellos muy complicados, pero hasta el momento ninguno ha funcionado satisfactoriamente.

Palabras clave: Modelo ondulatorio y corpuscular naturaleza de la luz.

Abstract

Sometimes in Physics is possible to find definitions that, trying to simplify the most, mislead instead of clarify. That happens when defining light, where you can easily find wrong definitions. Light behaves sometimes like a wave, and sometimes like a particle, with the oddness that, when behaving as a particle, its energy depends on the frequency defined by the non-compatible wave model. Anyway, light comprise both wave and particle characteristics together, but not as a simple addition; it is something more. However, the lack of a precise definition has not been an impediment for the creation of a number of devices by the modern technology such as lasers, optical fibers, micro video cameras or the recent plasma TV. Many other models have been tried, some of them very sophisticated, but at the moment no one has worked satisfactorily.

Keywords: Wave and corpuscular model, nature of light.

PACS: 01.40.gb, 01.30.-y, 42.25.Bs

ISSN 1870-9095

La vemos, pero... ¿sabemos lo que es?

I. INTRODUCCIÓN

Los fenómenos de la naturaleza que la Física trata de esclarecer usualmente resultan ser muy complejos. De ahí que la posible explicación o representación de estos fenómenos sólo admita ser simplificada hasta ciertos límites. Si esos límites se traspasan, ya no será posible reflejar la realidad correctamente. Es por eso que en la física el facilismo y la sobresimplificación usualmente van de la mano de los errores conceptuales.

Así, a veces es posible encontrar definiciones erróneas que, a fuerza de tratar de simplificar, confunden en vez de ilustrar. Por poner un ejemplo, la enciclopedia WEB www.wikipedia.org afirma que la luz es “una onda electromagnética, compuesta por partículas energizadas llamadas fotones”.

Tal definición se refiere a una propuesta ya hace mucho descartada, que consistía en suponer a la luz compuesta de dos entes; una partícula o fotón “cabalgando” de alguna forma sobre la onda acompañante. Así sería posible “culpar” a la onda del comportamiento de la luz en los fenómenos de interferencia y difracción (ver sección II) y

a la partícula del comportamiento en los llamados fenómenos corpusculares (sección III). El problema con esta proposición resultó ser que primero habría que demostrar que la luz efectivamente está compuesta por dos entidades superpuestas, en vez de ser una sola cosa. Y como nadie ha logrado alguna vez separar experimentalmente la partícula de la onda, siendo el experimento una de las bases fundamentales del método científico, el modelo demostró ser completamente inútil [1].

En realidad, no es posible dar en pocas palabras una respuesta inequívoca a la pregunta “¿qué es la luz?”, pues al menos hay dos posibles -aproximadas y paradójicas- respuestas.

Una de ellas sería que la luz es una onda, algo similar a las ondulaciones que se forman y propagan en la superficie del agua cuando se le arroja una piedra o se le perturba suavemente con la mano. Lo que no estaría del todo mal. La otra sería que la luz es un flujo de partículas compactas -los fotones-, muy similar a lo que se observaría al lanzar hacia una pared un puñado de garbanzos. Y tampoco estaría muy mal.

Pero ¿Cómo es posible que algo se parezca a la vez a las ondas que se forman en el agua y a un puñado de

garbanzos viajando por el aire? Pues el asunto funciona de esta manera.

Para llegar a obtener nuevos conocimientos, la física usualmente trabaja con *modelos* o representaciones idealizadas de lo que aún se desconoce¹. Y existen una serie de fenómenos ópticos que pueden explicarse satisfactoriamente cuando se considera el *modelo ondulatorio* de la luz. En los cursos de física estos fenómenos se agrupan usualmente bajo el título de *Óptica ondulatoria*². Otros fenómenos no aceptan este modelo, sino el incompatible *modelo corpuscular*.

II. EL MODELO ONDULATORIO DE LA LUZ

Según este modelo, la luz es una *onda electromagnética*, similar a las ondas que se generan y propagan en la superficie del agua, pero aquí lo que oscila no es ninguna superficie, sino un complejo revoltijo de campos eléctricos y magnéticos. Estos campos continuamente se generan unos a otros, a la vez que se propagan en el vacío o cualquier otro medio con una velocidad característica, de aproximadamente 300000 km/s. También se acostumbra hablar de *radiación electromagnética*, ya que a partir de una determinada fuente u origen la luz se irradia en todas direcciones, independizándose de la fuente que la creó.

El número de veces que esos campos cambian de sentido en un segundo es la *frecuencia* de la radiación, designada usualmente por la letra griega ν (nú), y es del orden de miles de millones o más veces por segundo. El ojo humano es capaz de detectar la radiación electromagnética en un determinado intervalo de frecuencias; las más altas corresponden al azul y al violeta, mientras que la más baja corresponde al rojo.

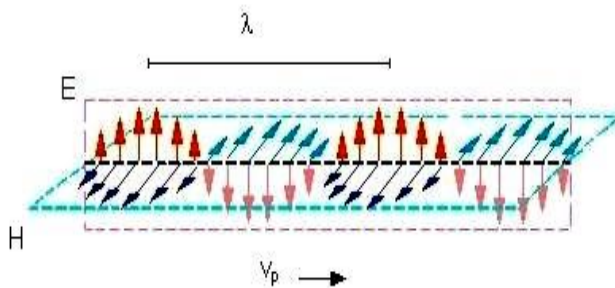


FIGURA 1. Esquema de una onda electromagnética en un instante dado (muy simplificado).

La figura 1 representa un esquema muy simplificado de una onda electromagnética en un instante dado. El símbolo λ (lambda) indica la *longitud de onda* (distancia entre dos crestas), E y H los campos eléctrico y magnético y v_p la dirección de propagación. Existen fenómenos

¹ Es común que los no familiarizados con los métodos de la física confundan los modelos con la realidad.

² La Óptica Geométrica (lentes, prismas, espejos) no necesita de modelos para establecer sus leyes empíricas.

como la interferencia o la difracción que sólo pueden ser explicados sobre la base de este modelo (como, por ejemplo, la formación de franjas claro-oscuro al pasar la luz por una rendija estrecha (ver figura 2). Y cuando decimos “explicados” significa que no sólo es posible predecir con toda exactitud lo que ocurrirá en determinada situación específica, sino también, los *resultados numéricos* que se obtendrán (como pueden ser las distancias entre franjas, la intensidad de las mismas, o cómo varía todo esto con la frecuencia). Existe una gran analogía con las ondas mecánicas, donde también es posible encontrar los fenómenos de interferencia y difracción.

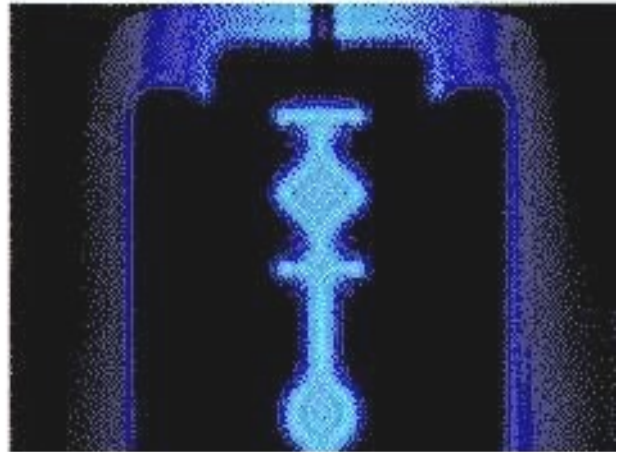


FIGURA 2. Patrones de difracción al iluminar una cuchilla con luz azul monocromática.

III. EL MODELO CORPUSCULAR DE LA LUZ

Sin embargo, también existe otro conjunto de fenómenos que no pueden ser explicados sobre la base de la teoría ondulatoria, pero que se logran explicar satisfactoriamente cuando se emplea el incompatible modelo corpuscular (a veces en este caso se habla de *Óptica corpuscular*). El ejemplo clásico es el *efecto fotoeléctrico*, muy relacionado con el funcionamiento de las celdas solares, de amplio uso en la tecnología moderna. Según éste modelo, un corpúsculo de luz o *fotón* es capaz de “chocar” con un electrón y entregarle toda su energía, poniéndolo en movimiento. El electrón adquiere así suficiente energía como para recorrer un circuito y generar una corriente eléctrica, que puede ser utilizada con diversos fines. No es posible explicar el surgimiento de esa corriente, ni sus principales características, a partir del modelo ondulatorio. Una onda está dispersa en el espacio y, entre otras particularidades, no hay forma de que pueda condensar su energía en un instante y en un punto como exige el efecto fotoeléctrico, prácticamente instantáneo.

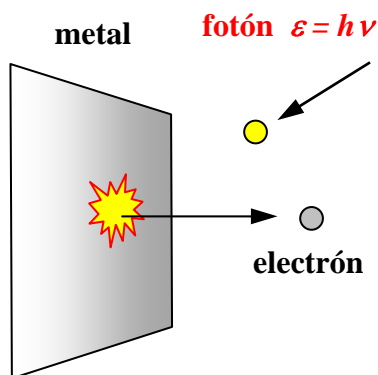


FIGURA 3. El efecto fotoeléctrico

Ahora bien; ¿y cuál es la energía ε del fotón? Pues, sencillamente, $\varepsilon = h\nu$, donde h es una constante de valor conocido (la constante de Planck) y ν la frecuencia.

- ¿Qué frecuencia?
- La de la radiación.
- ¿Pero cuál radiación? ¿No estamos analizando el modelo corpuscular? ¿No es la frecuencia un parámetro del otro modelo, del ondulatorio?
- Pues sí. Y en esto precisamente consiste la *dualidad partícula-onda*, que siempre se menciona al explicar las propiedades de la luz.

IV. A FIN DE CUENTAS... ¿QUÉ ES LA LUZ?

¿Es partícula o es onda? Quizás lo mejor sería decir que ninguna de las dos. La luz es la luz. Posee características de onda y de partícula conjuntamente, pero es algo más que cualquiera de ellas por separado [2].

Hoy día se acepta que la luz posee propiedades *duales*. En unos casos se comporta como onda. Y en otros como

partícula. Con la particularidad de que cuando se comporta como partícula, su energía depende de la frecuencia, definida según el modelo ondulatorio. El asunto se las trae, ¿verdad? Pero es así como funciona. El modelo (o los modelos) llegan justamente hasta aquí. No dan para más. Sin embargo, esto no ha impedido que en la tecnología moderna existan un sinnúmero de dispositivos ópticos basados en esta teoría dual, tales como los láseres de todo tipo, las fibras ópticas, las microcámaras de video o las recientes pantallas planas de plasma para TV.

¿Y a nadie se le ha ocurrido otro modelo que combine las características ondulatorias y las corpusculares? ¿Por ejemplo, un “pequeño paquete” compacto de ondas que se mueva como una partícula? Se han intentado muchos modelos con características parecidas, algunos de ellos muy complicados, pero hasta el momento ninguno ha funcionado satisfactoriamente. Por ahora, no queda más remedio que continuar con la dualidad. Y olvidarse de las ondas “compuestas” por partículas de Wikipedia.

Se aceptan nuevas ideas.

REFERENCIAS

- [1] Crowell, B., *The Modern Revolution in Physics, Book 6 in the Light and Matter series of free introductory physics textbooks*, available at <www.lightandmatter.com>, 1998-2005.
- [2] Mason, G. W., Griffen, D. T., Merrill, J. J., and Thorne, J. M., *Physical Science Concepts* (Brigham Young University Press, USA, 1997).