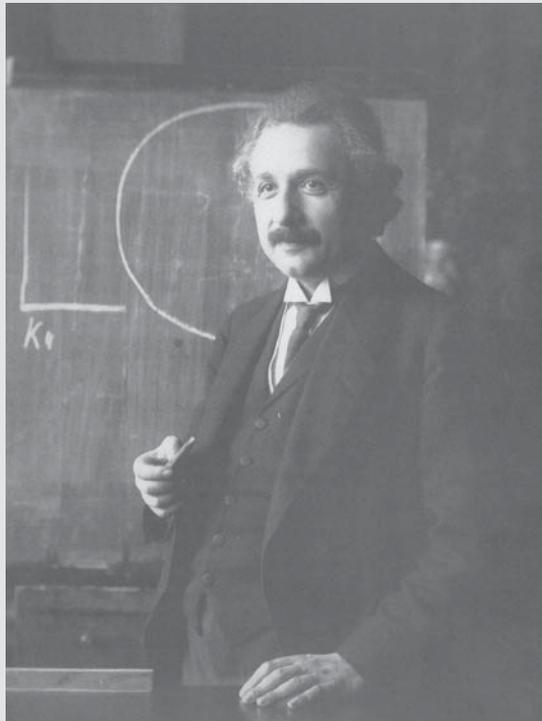




Albert Einstein (1897-1955)



Das Komptonsche Experiment

Ist die Wissenschaft um ihrer selbst willen da?

El experimento de Compton

¿Es la ciencia un fin en sí mismo?

¿Es la *ciencia un fin en sí mismo*? Esta pregunta debe responderse afirmativa y negativamente con la misma decisión, dependiendo de cómo se la interprete. El investigador debe servir a la ciencia como un fin en sí, sin consideración de resultados prácticos. De otro modo, la ciencia se atrofiaría, en tanto perdería de vista el contexto mayor. Tampoco cumpliría con su gran tarea educativa, que consiste en despertar y mantener espabilado en la gente el afán de conocimiento causal. Esta gran tarea de ser guardiana de uno de los más valiosos ideales de la humanidad, muestra también, sin embargo, hasta qué punto la ciencia *no* debe ser un fin en sí mismo. El conjunto de los investigadores es comparable a un órgano del cuerpo de la humanidad, órgano que es alimentado con la sangre de ésta y que produce una secreción vital que debe llegar a todas las partes del cuerpo, si es que éste no ha de atrofiarse. Con esto, no debe entenderse que cada persona debe ser abarrotada con erudición y saber detallado, tal como lamentablemente sucede a menudo, hasta el hastío, en las escuelas. Tampoco puede ser, de ningún modo, el gran público quien deba tomar decisiones en cuestiones científicas. Pero a cada hombre pensante se le debe dar la oportunidad de participar como espectador de los grandes problemas científicos de su tiempo, aun cuando su posición social no le permita dedicarle a la reflexión sobre cuestiones teóricas una parte considerable de su tiempo y de sus fuerzas. Sólo cumpliendo también con esa importante tarea, la ciencia adquiere, desde el punto de vista social, el derecho a la existencia.

Desde esa perspectiva, deseo a continuación informar acerca de un importante experimento concerniente a la luz, o a la *radiación electromagnética*, que fue llevado a cabo alrededor de un año atrás por el *físico estadounidense* [Arthur] Compton. Para reconocer plenamente la significación de ese experimento, debemos tener presente la situación sumamente curiosa en la que la teoría de la radiación se encuentra en el momento.

Hasta bien entrada la primera mitad del siglo XIX, la óptica se ocupaba principalmente de la reflexión y la refracción de la luz (espejos cóncavos, sistemas de lentes). Hasta entonces los científicos adherían en lo principal a la teoría newtoniana de la luz: teoría corpuscular o de la emisión de la luz. Según ésta, la luz debía consistir en corpúsculos que, en un medio homogéneo, se mueven en línea recta y uniformemente, pero que en las superficies [que limitan el medio] sufren en general un cambio súbito de dirección. Mediante el empleo de esa idea básica, se consiguió una teoría bastante completa de casi todos los fenómenos conocidos hasta ese momento, en particular, de aquellos referidos al telescopio y al microscopio.

Sin embargo, hace unos cien años, cuando se conocieron mejor los fenómenos de interferencia y difracción (así como la polarización de la luz), resultó necesario reemplazar la suposición fundamental de Newton acerca de la naturaleza de la luz por la

radicalmente distinta *teoría ondulatoria*, que ya había sido propuesta por Huygens aproximadamente un siglo y medio antes. De acuerdo con esa teoría, la luz debía consistir en ondas elásticas, que se propagan en todas direcciones a través del espacio (o del éter), tal como lo hacen en dos dimensiones las ondas superficiales del agua a partir de un punto en el que se hace oscilar a esa superficie. Sólo con esa teoría se pudo explicar por qué un rayo de luz se propaga en todas direcciones luego de haber pasado a través de un orificio muy estrecho. Sólo ella está en condiciones de explicar cómo es que, en el caso de fenómenos de interferencia y difracción, en medio de una porción de espacio inundada de luz, hay lugares oscuros, o bien cómo es que varios haces de luz pueden localmente cancelar sus efectos. Esa teoría ondulatoria fue capaz de exponer los complicados fenómenos de difracción e interferencia con una precisión verdaderamente astronómica, de modo que la convicción de su corrección se tornó rápidamente inconvencible.

La teoría ondulatoria sufrió una modificación y, a la vez, obtuvo una fundamentación aún más sólida mediante las investigaciones de Faraday y Maxwell, conforme a las cuales el campo ondulatorio de la luz fue despojado de su carácter mecánico. La teoría de Maxwell de la electricidad y del magnetismo abarca a la vez la teoría ondulatoria de la luz, sin modificar nada de su contenido formal. Al mismo tiempo, esa teoría [de Maxwell] establece relaciones cuantitativas entre el comportamiento óptico y el comportamiento eléctrico del espacio vacío así como de los cuerpos ponderables y reduce el número de hipótesis mutuamente independientes en las que se basa la óptica ondulatoria. Con ello, hacia fines de siglo la física parecía poseer una base eterna sobre la que se esperaba poder fundar todas sus ramas, incluso [las] de la mecánica.

Pero resultó ser de otro modo. De los trabajos de Planck sobre la ley de la radiación emitida por cuerpos calientes resultó que la teoría [de Maxwell] no era capaz de explicar dicha ley. Tampoco podía explicarse el siguiente hallazgo de carácter general: que los efectos de la radiación, en lo que se refiere a la cualidad de ellos, no dependen de la intensidad de la radiación sino sólo del color de la radiación. Eso es sumamente paradójico y parece incompatible con la idea básica de la teoría ondulatoria. Imaginemos olas gigantes generadas en algún lugar del mar abierto, que se propagan en todas direcciones desde el centro de agitación. Naturalmente las crestas de las olas así generadas serán tanto más bajas cuanto más lejos del centro de agitación se hayan propagado. Imaginemos ahora barcos de igual tamaño repartidos en esa zona del mar antes de que las olas mencionadas hayan sido generadas. ¿Qué pasará cuando las olas vengan? Los barcos más cercanos al lugar de generación [de las olas] serán tumbados o destruidos, pero aquellos suficientemente alejados no sufrirán daño alguno; sólo se mecerán levemente. Ahora bien, uno pensaría que a las moléculas alcanzadas por la radiación les sucede algo análogo a lo que les pasa a los barcos alcanzados por las olas del mar.

El que las moléculas sufran una modificación química o no, no sólo debería depender de la longitud de onda sino también de la intensidad de la radiación efectiva; esto es precisamente lo que la experiencia no confirma.

Ante ese fracaso de la teoría general, se echó mano de la *hipótesis de los cuantos de luz*. A pesar del respeto general por la teoría ondulatoria, ganó sustento la hipótesis de trabajo que dice que la radiación se comporta en lo que concierne a la energía como si estuviera constituida por proyectiles de energía, cuya cantidad de energía sólo depende de la frecuencia (color) de la radiación y es proporcional a ella. La teoría newtoniana corpuscular de la luz renace, aun cuando ella haya fracasado de manera rotunda en el campo de las propiedades esencialmente geométricas de la luz.

Ahora tenemos, por lo tanto, dos teorías de la luz, ambas indispensables, y – tal como hoy debe admitirse a pesar de veinte años de tremendos esfuerzos de los físicos teóricos – sin conexión lógica [entre sí]. La teoría cuántica ha posibilitado la teoría atómica de Bohr y ha explicado tantos hechos que ella tiene que tener un gran contenido de verdad. En esa situación, resulta de máxima importancia la pregunta de hasta qué punto se debe atribuir a los corpúsculos de luz o cuantos la propiedad de proyectiles.

Un proyectil transmite al blanco alcanzado no sólo energía, sino también impulso en su dirección de movimiento. ¿Esto es así también en el caso de los cuantos de luz? Esta pregunta fue respondida afirmativamente hace tiempo en base a consideraciones teóricas y el *experimento de Compton* ha probado la corrección de esa presunción. Para conocer el verdadero fondo de ese método experimental se debe considerar más exactamente el mecanismo de un proceso conocido como “dispersión”, en el que se basa, por ejemplo, el color azul del cielo.

Si una onda electromagnética impacta una partícula elemental [con carga] eléctrica (electrón), libre o ligada a un átomo, entonces ésta será puesta en movimiento oscilatorio por los campos eléctricos variables de la onda. Debido a ello [la partícula] emitirá por su parte (como una antena de telegrafía inalámbrica), en todas direcciones, ondas de la misma frecuencia, cuya energía será tomada de la onda original. Eso causa que la luz sea dispersada (al menos en parte) en todas direcciones a través del medio iluminado que contiene tales partículas y, por cierto, tanto más fuertemente cuanto más corta es la longitud de onda de la onda primaria. Así se interpreta la dispersión, según la teoría ondulatoria.

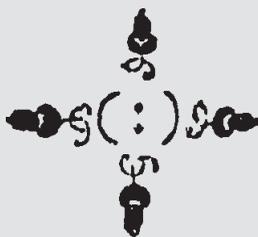
De acuerdo con la teoría cuántica, el proceso se interpreta de otra manera. Según esa teoría, un cuanto de luz colisiona con el electrón, por lo cual el cuanto de luz cambia su dirección y simultáneamente le imprime al electrón una velocidad. La energía cinética que le es transferida al electrón en esa colisión debe entonces serle sustraída al cuanto que impacta en él, de modo que al cuanto dispersado le corresponde una ener-

gía menor, por lo tanto, en términos ondulatorios, una frecuencia menor, que la de la radiación incidente.¹ Una consideración más precisa muestra que esa pérdida de frecuencia de la radiación dispersada es calculable con exactitud. La variación porcentual de frecuencia resulta muy pequeña para la luz visible, pero es muy considerable para la radiación de Röntgen,² más fuerte, que no es sino luz de longitud de onda muy corta.

Compton encontró que *la radiación de Röntgen³ dispersada por una materia adecuada muestra en efecto la variación de frecuencia exigida por la teoría cuántica* (pero no por la *teoría ondulatoria*). Eso se explica del siguiente modo: según la teoría de Rutherford y Bohr, cada átomo posee un número de electrones que están ligados al átomo tan débilmente que ante la colisión cuántica con la radiación de Röntgen se comportan como si pudieran moverse libremente. Para la luz dispersada por esos electrones, se aplica entonces la consideración hecha más arriba. El resultado positivo del experimento de Compton prueba que, no sólo respecto de la transferencia de energía, sino también respecto de los efectos de la colisión, la radiación se comporta como si consistiera en proyectiles discretos de energía.

Traducido del original en alemán por Hernán Pringe.

AGRADECIMIENTOS. El traductor agradece los valiosos comentarios de Mario Caimi y Griselda Mársico.



¹ Esta oración presenta dificultades en el original alemán. Otra opción sería: “de modo que el cuanto dispersado [posee] una energía menor, por lo tanto, en términos ondulatorios, una frecuencia menor, que la que le corresponde a la radiación incidente”.

² Esto es, los rayos X.

³ Literalmente: “la luz de Röntgen”.