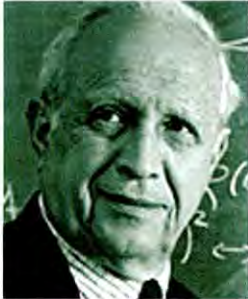


## Premio Nobel de Física 2005

*En el centenario del fotón, investigadores en Óptica Cuántica reciben el Premio Nobel de Física 2005*



Roy J. Glauber



John L. Hall



W. Hänsch

Desde la más remota antigüedad nos vienen fascinando los fenómenos ópticos. De hecho, los estudios encaminados a desvelar la naturaleza de la luz han sido uno de los motores más fructíferos de la física. A ello se dedica la óptica, hoy día una de las áreas más activas de la física. Buena prueba de ello es la rápida sucesión de Premios Nobel en este campo en años recientes: 1997, 2001 y 2005.

La mitad del último premio es para Roy J. Glauber, de la Universidad de Harvard, “por sus contribuciones a la teoría cuántica de la coherencia óptica”. Estas contribuciones se recogen esencialmente en tres artículos publicados en 1963. Sobre ellas se ha desarrollado la óptica cuántica. En la luz se apreció por primera vez la naturaleza dual onda-partícula de los objetos cuánticos. El comportamiento ondulatorio de la luz sirvió de prueba experimental para la teoría electromagnética de Maxwell. La idea de la luz como un haz de partículas (fotones) reapareció con Einstein en 1905 para explicar el efecto fotoeléctrico. El dualismo onda-partícula de la luz, que De Broglie extendió a las partículas materiales, es contradictorio en el marco de la física clásica. Para reconciliar ambas imágenes hubo que desarrollar la física cuántica. No obstante, como señalaba Glauber en uno de los artículos mencionados, “la teoría cuántica ha tenido una influencia sobre la óptica que es sólo una fracción de la que históricamente ha tenido la óptica sobre la teoría cuántica”. Motivado por los experimentos de Hanbury-Brown y Twiss en 1954-56, y por la invención del láser en 1960, Glauber realizó una aplicación de la electrodinámica cuántica a problemas ópticos. Mientras que los experimentos previos habían usado interferencia de amplitudes y registraban intensidades con un solo detector, Hanbury-Brown y Twiss estudiaron correlaciones en las intensidades recibidas de una estrella por dos detectores separados, observando que los fotones térmicos parecen emitirse agrupados (“bunched”). ¿También los de un haz láser? Estas y otras cuestiones llevaron a Glauber a desarrollar la teoría cuántica de la coherencia, basada en los estados coherentes y en la teoría cuántica de la fotodetección. Estudiando coincidencias retardadas en la detección de fotones por varios detectores, Glauber introdujo una sucesión de funciones de correlación que mostraban las características cuánticas de la radiación y permitían diferenciar entre haces de luz con la misma distribución espectral, pero con diferente estadística de fotones. Particularmente relevantes han sido los estudios posteriores de “luz no clásica”, tales como: resonancia-fluorescencia

de un solo átomo, que muestra el llamado “antibunching”; luz cuyo ruido cuántico depende de la fase; y pares de fotones entrelazados.

La otra mitad del Premio Nobel se otorga a partes iguales a John L. Hall, de la Universidad de Colorado, JILA y NIST, Boulder y a Theodor W. Hänsch, del Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching, y de la Ludwig-Maximilians-Universität, Munich, “por sus contribuciones al desarrollo de métodos de espectroscopia láser de precisión, incluyendo la técnica de peines de frecuencias ópticas”. En espectroscopia se analiza la composición en frecuencias de la luz absorbida o emitida por la materia, lo cual proporciona información valiosa, por ejemplo, sobre la estructura cuántica de los átomos. Los galardonados han liderado un progreso espectacular en el desarrollo de métodos para producir y medir frecuencias ópticas, con una precisión actual de 15 cifras significativas y potencial de 18. De hecho este tipo de medidas son las de mayor precisión en toda la física y permiten abordar cuestiones de gran interés básico, como la observación de la posible variación temporal de “constantes” fundamentales como la de estructura fina. Tienen también repercusión en el desarrollo de relojes atómicos ultraprecisos, útiles por ejemplo en sistemas GPS.

En espectroscopia óptica de precisión han de determinarse frecuencias de varios 100 THz en términos de la definición del patrón de tiempo representado por el desdoblamiento hiperfino del estado fundamental del cesio a 9.2 GHz. Hasta el año 2000 esta tarea requería esfuerzos heroicos porque los detectores sólo permiten comparar directamente frecuencias separadas por algunas decenas de GHz. Se usaban por tanto complejas cadenas de generación de sucesivos armónicos de la frecuencia del cesio. Esas cadenas eran costosas, delicadas y, de hecho, sólo algunos laboratorios nacionales las desarrollaron. El problema se ha simplificado enormemente con la introducción por Hall y Hänsch del llamado peine de frecuencias ópticas, formado por del orden de un millón de frecuencias equiespaciadas unos 100 MHz y cubriendo varios 100 THz. De estas frecuencias puede realizarse una medida absoluta con el patrón de cesio. Por tanto el peine sirve como una “regla” para determinar cualquier frecuencia óptica desconocida. Estos peines o sintetizadores de frecuencias, que ya se comercializan, usan láseres de femtosegundos y un nuevo tipo de fibra óptica microestructurada o de cristal fotónico.

**Ramón Corbalán**  
U.A.B