

Vida científica

SEMBLANZAS DE LOS PREMIOS NOBEL 2009

EN FÍSICA

El Premio Nobel en Física 2009 fue otorgado a tres investigadores: una mitad correspondió a **Charles Kuen Kao** “por sus revolucionarios logros sobre la transmisión de la luz en fibras para comunicación óptica”, mientras que la otra mitad es compartida por **Willard Sterling Boyle** y **George Elwood Smith** “por la invención de un circuito semiconductor de imagen - el sensor CCD”.

La Real Academia Sueca de las Ciencias decidió otorgar el Premio Nobel a estos científicos por sus contribuciones pioneras a la comunicación óptica y a la grabación de imágenes, respectivamente, y por considerar que sus hallazgos han jugado un papel fundamental en el desarrollo de la moderna tecnología de la información, revolucionando la forma en que la información puede ser transmitida a nivel global.

En el mundo actual la información viaja de un lado a otro casi instantáneamente, casi a la velocidad de la luz, la mayor velocidad posible. Texto, imágenes, palabras y vídeos fluyen por las fibras ópticas y son recibidos instantáneamente en pequeños dispositivos. Parafraseando las palabras pronunciadas por el Profesor Joseph Nordgren (miembro de la Real Academia Sueca

de las Ciencias y presidente del Comité para la elección del Premio Nobel en Física 2009) durante el discurso de entrega del premio: -“es algo que hoy en día damos por hecho”. Damos por sentado, por ejemplo, que en cualquier momento podemos llamar por teléfono a alguien que se encuentra en el otro lado del mundo y tener una conversación con la misma calidad de sonido que si estuviéramos hablando con esa persona en la misma habitación. Asimismo, también damos por hecho que podemos ver fotos y reportajes en vídeo de los acontecimientos que están sucediendo en otras partes del mundo prácticamente en el mismo instante en el que se desarrollan. Nuestros ordenadores están conectados a Internet, que se ha convertido en un elemento casi indispensable de la sociedad moderna, proporcionando eficaces canales de comunicación entre las personas y un rápido acceso a la información que necesitamos en cada momento. La fibra óptica ha sido un prerrequisito para este extremadamente rápido desarrollo en el campo de las comunicaciones, un desarrollo que Charles Kuen Kao predijo hace unos 40 años.

Justo unos pocos años después, Willard S. Boyle y George E. Smith convulsionaron los cimientos de la fotografía cuando diseñaron el primer sensor de imagen digital; ya no eran necesarias las películas pues las imágenes podían ser capturadas electrónicamente en cámaras con ese sensor. El ojo electrónico, el CCD, se convir-



Charles K. Kao.



Willard S. Boyle.



George E. Smith.

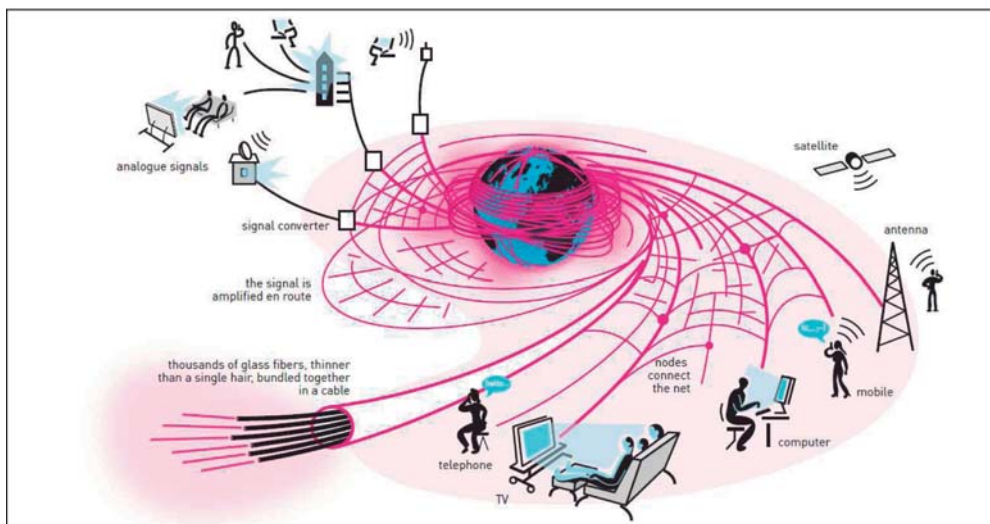


Figura 1. La fibra óptica de vidrio constituye el sistema circulatorio de nuestra moderna sociedad de la comunicación.

tió en la primera tecnología real para el procesado digital de imágenes y dio lugar a la corriente diaria de imágenes que inunda los cables de fibra óptica en todo el mundo. Sólo la fibra óptica puede transferir la cantidad de datos que la tecnología del CCD produce.

Por lo tanto, el Premio Nobel en Física 2009 ha querido premiar un trabajo que ha tenido un impacto decisivo, tanto en nuestra vida cotidiana como en el progreso científico, y ha considerado que sus logros constituyen piezas angulares de la sociedad moderna conectada en red.

CHARLES KUEN KAO Y LA FIBRA ÓPTICA

Varias formas de comunicación óptica se utilizaron en el pasado para enviar información a través de largas distancias. Cadenas de balizas señalaban, por ejemplo, que nos acercábamos a una situación peligrosa, y se podía utilizar el telégrafo óptico para mensajes más complejos. Pero estas formas de comunicación óptica se hicieron obsoletas muy rápidamente cuando la comunicación eléctrica, en forma de telegrafía, telefonía y radio, fue desarrollada. Sin embargo, en los tiempos modernos la comunicación óptica ha regresado como un canal de comunicación muy superior. La luz tiene una capacidad para transmitir información muchos miles de veces mayor que los cables de cobre y las ondas de radio. Esto está directamente relacionado con el hecho de que la frecuencia de las ondas de luz es mucho mayor que la de las ondas eléctricas, lo que permite la transmisión de variaciones en la señal mucho más rápidas. A principios de la segunda mitad del siglo XX, los investigadores trataron de utilizar esta

ventaja transmitiendo luz a través de largas distancias utilizando fibras ópticas, pero se encontraron con grandes dificultades debido a que la atenuación en la fibra era tan grande que prácticamente toda la luz se había desvanecido después de unos pocos cientos de metros.

En 1966, Charles K. Kao hizo un descubrimiento que supuso un hito en esta nueva tecnología de comunicación. Calculó cuidadosamente cómo transmitir luz a grandes distancias a través de fibras ópticas de vidrio y se dio cuenta de que con una fibra de vidrio más puro sería posible transmitir señales de luz a más de 100 kilómetros, frente a los tan solo 20 metros de alcance de las fibras disponibles en la década de los 60. El entusiasmo de Kao inspiró a otros investigadores a compartir su visión del futuro potencial de la fibra óptica. Sólo cuatro años más tarde, la primera fibra óptica ultra-pura predicha por Kao había sido fabricada, y hoy su visión de una sociedad futura basada en la comunicación se ha convertido en una realidad.

Una fibra óptica es una guía de ondas dieléctrica (no conductora) por la que se envían pulsos de luz que representan los datos a emitir. Como se ilustra en la Figura 2, consiste en un filamento cilíndrico muy fino de un material transparente, vidrio o material plástico, que consta de un núcleo central rodeado de una capa de material similar. Suele tener un grosor de unos 125 micrómetros (comparable al de un cabello humano), mientras que el diámetro del núcleo suele ser típicamente de unos 10 micrómetros. Su funcionamiento se basa en transmitir por el núcleo de la fibra un haz de luz de forma que éste no atraviese el revestimiento, sino que se refleje y siga propagándose a lo largo

del eje, como se muestra en la figura. Para confinar la señal óptica dentro del núcleo es necesario que el índice de refracción de éste sea mayor que el índice de refracción del revestimiento, puesto que cuando la luz llega a una superficie que limita con un índice de refracción menor, ésta se refleja en gran parte (ley de Snell). Para que la reflexión sea total y el haz de luz quede perfectamente confinado en el núcleo de la guía, se debe cumplir que el ángulo de incidencia con el que el haz choca con la superficie interna del revestimiento cuando viaja por el interior de la guía sea mayor que un cierto *ángulo límite* de reflexión total (principio de la reflexión interna total). Por esta razón, sólo la luz que entra en la guía con un ángulo de incidencia inicial dentro de un cierto rango de ángulos (denominado *cono de aceptación*) podrá viajar a lo largo de toda la guía sin atenuarse. El índice de refracción del núcleo de una guía es típicamente de 1,48 (y 1,46 el del revestimiento). Como el índice de refracción de un medio se calcula dividiendo la velocidad de la luz en el vacío por la velocidad de la luz en dicho medio (siempre inferior), haciendo un simple cálculo tenemos, por ejemplo, que durante una llamada telefónica por fibra óptica entre Sydney y New York (a 12.000 km de distancia) se producirá un retraso en la voz de sólo 60 ms. Las fibras ópticas representan el medio de transmisión por excelencia ya que permiten enviar una gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades similares a las de radio o cable, y son inmunes a las interferencias electromagnéticas.

Hoy en día las fibras ópticas forman el sistema circulatorio que nutre nuestra sociedad de la comunicación. Estas fibras de vidrio de baja pérdida facilitan la comunicación global de banda ancha como Internet. De este modo, texto, música, imágenes y videos pueden enviarse por todo el mundo en una fracción de segundo. Una cifra significativa de su importancia: si desenredáramos la madeja de fibras de cristal que envuelve al globo obtendríamos un hilo de más de mil millones de kilómetros de longitud -lo cual es suficiente para rodear la Tierra más de 25 000 veces- y crece a un ritmo de miles de kilómetros cada hora.

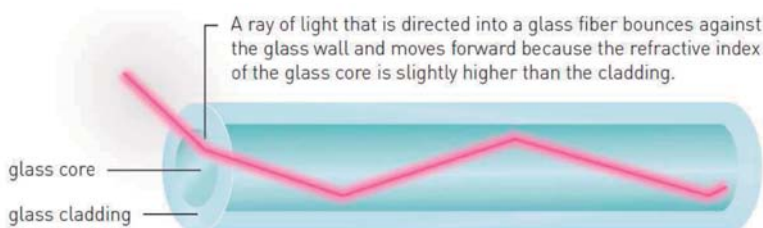


Figura 2. Esquema de fibra óptica y principio físico en el que está basada la transmisión de luz por la misma.



Figura 3. Los cables utilizados para la denominada «banda ancha» en telecomunicaciones están compuestos de multitud de fibras ópticas.

WILLARD STERLING BOYLE, GEORGE ELWOOD SMITH Y EL CCD

Una gran parte de la información que fluye a través de Internet se compone de imágenes y material de vídeo en formato digital. La tecnología de vídeo y fotografía digital juegan un papel muy importante en nuestra vida cotidiana hasta el punto de que en la actualidad herramientas como las cámaras digitales son irremplazables, muy especialmente en la ciencia y la tecnología. La tecnología que ha hecho esto posible debe a Willard S. Boyle y George E. Smith. En 1969 desarrollaron con éxito el primer dispositivo de imagen basado en un sensor digital, el CCD (del inglés Charge-Coupled Device). Muy básicamente, consiste en un circuito electrónico que puede almacenar y leer información acerca de cómo las cargas eléctricas se distribuyen a través de su superficie -cargas eléctricas que juntas forman una imagen. La tecnología CCD utiliza el efecto fotoeléctrico, explicado por Albert Einstein y por el que fue galardonado con el Premio Nobel en Física en 1921. Mediante este efecto, la luz se transforma en señales eléctricas. El desafío en el diseño de un sensor de imagen era reunir y

leer en poco tiempo las señales en un gran número de puntos de la imagen, los píxeles.

Gracias a su sencilla estructura y a su ingenioso funcionamiento, el CCD permite una grabación muy sensible y eficiente, y el almacenamiento y lectura de imágenes de alta resolución en formato electrónico. Como sensor de imagen, el CCD se convirtió en el ojo electrónico de cámaras digitales y cámaras de televisión.

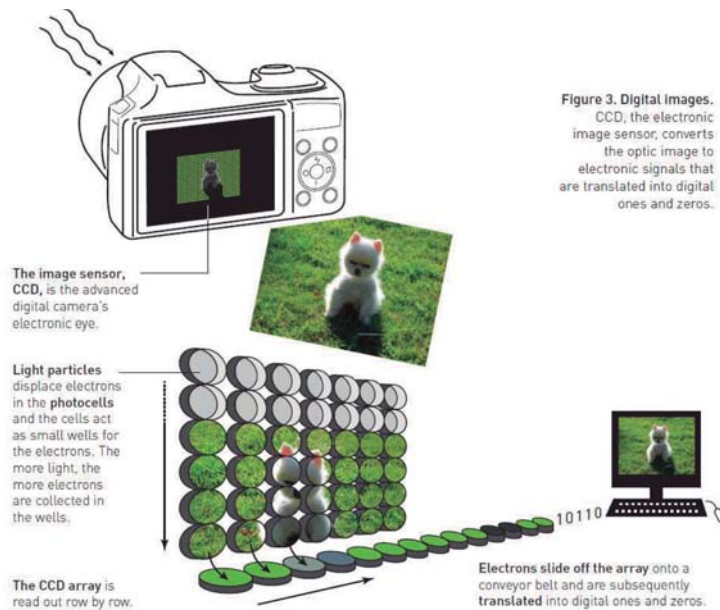


Figure 3. Digital Images. CCD, the electronic image sensor, converts the optic image to electronic signals that are translated into digital ones and zeros.

Figura 4. Esquema del funcionamiento del CCD en una cámara digital.

Este hallazgo revolucionó la fotografía, ya que la luz podía ahora ser capturada electrónicamente en lugar de sobre una película. La forma digital facilita además el procesamiento y distribución de estas imágenes.

La fotografía digital se ha convertido en una herramienta insustituible en muchos campos de la ciencia. Entre sus innumerables aplicaciones, la tecnología CCD se utiliza en la actualidad para capturar imágenes del interior del cuerpo humano en muchas técnicas médicas, tanto para el diagnóstico como para la microcirugía. El CCD ha aportado nuevas posibilidades para visualizar lo que nunca antes había sido visto. Nos ha dado, por ejemplo, nítidas imágenes de lugares distantes de nuestro Universo así como de las profundidades de los océanos.

Charles Kuen Kao es ciudadano británico y estadounidense. Nació en 1933 en Shanghai, China. Se trasladó a Hong Kong junto con su familia en 1948. Educado como ingeniero electrónico, se doctoró en Ingeniería Eléctrica en 1965 por la University of London, Reino Unido. En ese momento ya era empleado de los Standard Telecommunication Laboratories, Harlow, Reino Unido, en los que llegó a ser Director de Ingeniería. Allí estudió meticulosamente la fibra de vidrio, junto con su joven colega George A. Hockham. En enero de 1966 presentó sus conclusiones: no eran las imperfecciones en el hilo de fibra de vidrio el principal problema, sino que el vidrio tenía que ser purificado. La solución era, por consiguiente, la fabricación de vidrio de una transparencia que nunca antes se había alcanzado. Cuatro años más tarde se desarrollaron las primeras fibras que cumplieron con la visión de Kao. Hoy en día, varios terabits por segundo se puede transmitir en

una sola fibra. Esto representa un aumento en un factor de un millón sobre lo que podría lograrse hace cincuenta años con la transmisión de la señal de radio. Fue Vicerrector de la Universidad China de Hong Kong y se jubiló en 1996.

Willard Sterling Boyle es ciudadano canadiense y estadounidense. Nació en 1924 en Amherst, Nova Scotia, Canadá, se doctoró en Física en 1950 por la Universidad McGill, QC, Canadá. Empezó a trabajar en los Laboratorios Bell, Murray Hill, NJ, EE.UU, en 1953, donde llegó a ser Director Ejecutivo de la División de Ciencias de la Comunicación, y en la década de los 60 se unió a los 400.000 científicos norteamericanos que dedicaron su esfuerzo para poner el primer hombre en la Luna. Se jubiló en 1979.

George Elwood Smith es ciudadano de los EE.UU. Nació en 1930 en White Plains, NY, EE.UU, se doctoró en Física en 1959 por la Universidad de Chicago, IL, EE.UU. En ese mismo año fue contratado por los Laboratorios Bell, Murray Hill, NJ, EE.UU., donde llegó a ser Jefe del Departamento de Dispositivos VLSI. Durante su estancia en la empresa consiguió treinta patentes. Cuando se jubiló en 1986 pudo finalmente dedicarse plenamente a la pasión de su vida, navegar por los grandes mares, lo que le ha llevado desde entonces a dar la vuelta al mundo varias veces.

Más información sobre el Premio Nobel en Física 2009 puede encontrarse en:

<http://kva.se>, <http://nobelprize.org>.

Pedro Córdoba Torres
Dpto. de Física Matemática y de Fluidos