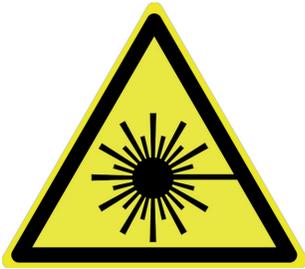


Láser: 50 años

J. Rubén Morones Ibarra

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas-UANL

rmorones@fcfm.uanl.mx



RESUMEN

Hace cincuenta años se inventó el láser y desde entonces la tecnología láser ha estado desarrollándose constantemente. La aparición de este dispositivo provocó una revolución en la instrumentación científica y tecnológica causando un fuerte impacto en nuestra forma de vivir. Hoy en día hay una gran variedad de tipos de láser que se emplean con múltiples propósitos y sus aplicaciones abarcan una enorme cantidad de las diferentes áreas del quehacer humano. La investigación sobre la tecnología láser continúa y seguramente en el futuro tendremos nuevas aplicaciones.

PALABRAS CLAVE

Láser, emisión estimulada de radiación, luz coherente, holografía.

ABSTRACT

Fifty years ago the Laser was invented and since then the laser technology has been developing permanently. The achievement of the laser beam triggered an impressive technological revolution in the scientific instrumentation having a direct impact in the way we live. Nowadays a huge diversity of laser devices are used with distinct purposes embracing a lot of fields of the human activities. The research on laser technology is developing every day and surely we will see in the future new applications of lasers.

KEYWORDS

Laser, stimulated emission of radiation, coherent light, holography.

INTRODUCCIÓN

Hace cincuenta años, en 1960, el científico norteamericano Theodore Maiman anunció al mundo la operación del primer aparato láser. Esto ocurrió en el mes de julio; el láser que mostraba era un láser pulsado de rubí que se emitía como una intensa descarga o pulso de luz roja (figura 1). En diciembre de ese mismo año, tres científicos que trabajaban para la compañía Bell Telephone Laboratories, dieron a conocer un nuevo aparato láser que funcionaba exitosamente produciendo un haz de luz de aspecto fantástico. La luz emitida era continua, formando un delgado haz que concentraba una enorme cantidad de energía. Este segundo descubrimiento era un láser de gas de helio y neón que producía un rayo de luz muy diferente a la luz ordinaria, algo que nunca antes se había visto.

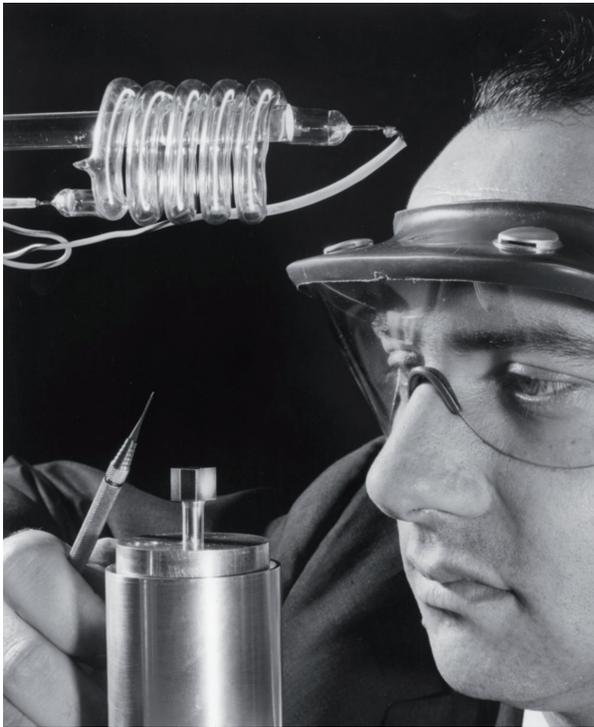


Fig. 1. Theodore Maiman con su primer láser de rubí.

Desde ese momento se inició una nueva época en la instrumentación científica y tecnológica, produciendo una transformación cuyo impacto todavía no termina. La óptica tuvo una especie de renacimiento y se iniciaron un sinnúmero de nuevas técnicas en el estudio de los fenómenos luminosos. La formación de imágenes de objetos que por mucho tiempo estuvo estudiada y dominada por la fotografía tuvo un resurgimiento con el desarrollo de la holografía, una técnica de fijación de imágenes tridimensionales que solo se consigue con luz láser.

La invención del Láser es una de las innovaciones tecnológicas más notables del siglo XX y representa también uno de los más extraordinarios logros científicos en la historia. Desde que se inventó fue evidente para los científicos que representaba un instrumento con un enorme potencial en la ciencia y en la tecnología. Aún cuando sus aplicaciones no fueron vislumbradas inmediatamente, hubo sentimientos encontrados en cuanto a su futuro, unos marcados por el optimismo y otros por el pesimismo. Desde su nacimiento el Láser se vio acompañado de elucubraciones de todo tipo, prometedoras y catastróficas. La fantasía de la gente veía en el rayo

láser una luz de esperanza mientras que otros veían un rayo mortal. Algunos le llamaron la luz del futuro y otros el rayo de la muerte. La realidad es que, como todo desarrollo tecnológico, puede ser usado para el bien o para el mal y como lo enseña la religión budista: la llave que abre las puertas del cielo es la misma que abre las puertas del infierno.

Al principio no se sabía para qué podría servir el láser pero se tenía la certeza de que representaba un poderoso instrumento óptico. Los científicos empezaron a decir que el láser era una solución en busca de un problema que resolver.¹ No es muy extraña la expresión pues muchas veces ocurre que se descubre algo y después se busca para qué puede servir. En la ciencia esto es lo común. Faraday descubrió los fenómenos electromagnéticos sin saber para qué podrían servir. Es famosa la anécdota que se cuenta sobre la presentación por Faraday de los resultados de sus experimentos en una conferencia en Londres. Alguien le preguntó: ¿y para que sirve todo esto? Faraday contestó: sirve para lo mismo que un niño recién nacido. Este recién nacido dio origen a toda la industria eléctrica y todo lo que se deriva de ella. Richard Feynman comenta en su libro *Lectures on Physics*, que “el niño recién nacido” resultó ser un niño prodigio que cambió la faz de la Tierra de una forma que su orgulloso padre nunca hubiera imaginado. En el caso del láser se tenía ya un aparato, lo que se buscaba ahora era cómo y para qué utilizarlo.

Hoy a cincuenta años de este invento, el láser ha participado en la solución de una gran cantidad de problemas y sus aplicaciones se cuentan por miles. La aparición del láser revolucionó toda la tecnología, la investigación científica, las comunicaciones, la medicina y muchos otros campos del quehacer humano. Hoy en día, la palabra láser forma parte del lenguaje cotidiano de la población. Expresiones como impresora láser, apuntador láser, cirugía con láser, depilación láser, etc. son expresiones que se encuentran ya en el habla de la gente.

LA LUZ

Para entender más fácilmente los fundamentos físicos de la tecnología y la ciencia del láser es conveniente introducir primero algunas ideas sobre la naturaleza cuántica de la luz.

La pregunta sobre qué es la luz es muy antigua, sin embargo, el debate más importante en la historia, sobre la naturaleza de la luz data de la época de Newton y Christian Huygens. Newton pensaba que la luz está formada por un flujo de partículas, mientras que el científico holandés Christian Huygens, en 1678 propuso que estaba formada por ondas. Dado el prestigio científico de Newton, la comunidad científica europea se inclinó por la teoría corpuscular de la luz. Más de cien años después, en 1801, Thomas Young, probó contundentemente, mediante experimentos de interferencia, que la luz es un fenómeno ondulatorio.

Posteriormente, con el avance de la ciencia y la tecnología, se pudieron realizar experimentos que permitían escudriñar la estructura de la materia a niveles más profundos. A principios del siglo XX, varios fenómenos llevaron a la conclusión de que, bajo ciertas circunstancias, la luz se comporta también como partícula. Fue entonces que nació la teoría cuántica de la luz, estableciendo su comportamiento dual: la luz como onda-corpúsculo.

TEORÍA CUÁNTICA DE LA LUZ

El siglo XX se le conoce como el siglo de la física. De 1900 a 1926 se obtuvieron un conjunto de éxitos impresionantes en la física teórica, entre los que se encuentra el desarrollo de la física cuántica, una revolución científica que cambió el paradigma de la ciencia.

Con el propósito de explicar ciertos fenómenos relacionados con la emisión y absorción de luz por el hidrógeno, el científico danés Niels Bohr, propuso un modelo para el átomo de hidrógeno (figura 2). En este modelo propuesto en el año de 1913, supuso que los electrones en el átomo de hidrógeno se encuentran “girando” en órbitas circulares alrededor del núcleo atómico.

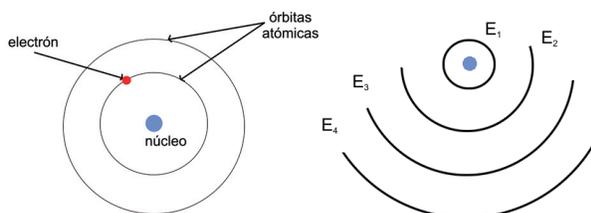


Fig. 2. Modelo de Bohr del átomo de hidrógeno y niveles de energía de un átomo.

Para explicar los fenómenos observados, Bohr postuló que solamente ciertas órbitas están permitidas y que cada órbita tiene una energía definida. A este postulado se le llama postulado de cuantización porque conduce a la cuantización de la energía. La palabra cuanto es opuesta en su significado a la palabra continuo. Decimos que algo está cuantizado cuando posee solo valores discretos y no continuos. En este sentido, a cada órbita le corresponde un valor específico de energía y se dice que las diferentes órbitas determinan los diferentes niveles de energía del átomo.

Otro de los postulados que introdujo Bohr en su modelo es el de la explicación sobre la emisión y la absorción de la luz. Estableció que el fenómeno de la emisión de luz se produce cuando los electrones en el átomo saltan de un nivel de energía a otro más bajo, es decir, de una órbita de energía a otra de menor radio. En este proceso se emite lo que, en la teoría cuántica de la luz se conoce como fotón. Un fotón es un “paquete de luz”, también llamado un cuanto de energía. Estos fotones son entonces las “partículas” o corpúsculos de luz. La dualidad onda-partícula de la luz da lugar a que se hable de ondas o de fotones, indistintamente, cuando nos referimos a la propagación de la luz.

La energía E de un fotón que se emite cuando el electrón salta del nivel de energía E_2 al nivel E_1 , está dada por $E=E_2-E_1=h\nu$. La constante h es conocida como la constante de Planck, y ν es la frecuencia asociada al fotón. Con estas ideas Bohr pudo explicar exitosamente los fenómenos conocidos como espectro de emisión y espectro de absorción del átomo de hidrógeno. El espectro de emisión consiste en una serie de líneas que se registraban en una placa fotográfica cuando se hace pasar una descarga eléctrica en el interior de un tubo conteniendo hidrógeno. Del tubo sale una luz que, cuando se descompone mediante un prisma y se hace incidir sobre una placa fotográfica, se registra como una serie de líneas. Estas líneas se conocen como líneas espectrales de emisión del átomo de hidrógeno.

Similarmente, cuando se hace pasar luz blanca por un tubo que contiene hidrógeno gaseoso, la luz que sale después de pasar por el hidrógeno, se descompone mediante un prisma para posteriormente dirigirse hacia una película fotográfica. El espectro de absorción es la serie de líneas que se registran en esta

película. De estos resultados nació la espectroscopía, siendo la ecuación $E_2 - E_1 = h\nu$, conocida como fórmula de Bohr, la base de todo este campo que permite la caracterización de materiales.

El modelo de Bohr, al relacionar el fenómeno de la emisión de luz con los saltos cuánticos de los electrones, ha sido considerado como uno de los más grandes descubrimientos en la historia de la física. Einstein lo calificó como un enorme logro, digno de admiración.²

El descubrimiento del fenómeno atómico de la luz dio lugar a otros avances científicos, como el logrado por Einstein quien encontró que la emisión de luz puede ser espontánea o estimulada. En el año de 1917, antes de que se desarrollara la mecánica cuántica, Einstein estudió la interacción de la luz con la materia y obtuvo un sorprendente resultado. Tomando las ideas de Bohr sobre la emisión y absorción de luz, Einstein encontró que si tenemos un átomo con dos estados de energías E_1 y E_2 , y estando el electrón inicialmente en el estado excitado E_2 , iluminamos al átomo con luz de frecuencia $\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$, se produce el decaimiento del átomo al estado con energía E_1 con la consecuente emisión de un fotón. El fotón incidente no es absorbido y por lo tanto, el resultado final es que se tienen dos fotones de la misma energía (misma frecuencia), y además se encuentran en fase. De un solo fotón inicial tenemos ahora dos; el fotón original y el producido en la transición del nivel de energía E_2 al nivel E_1 . A este fenómeno se le conoce como emisión estimulada de radiación (figura 4).

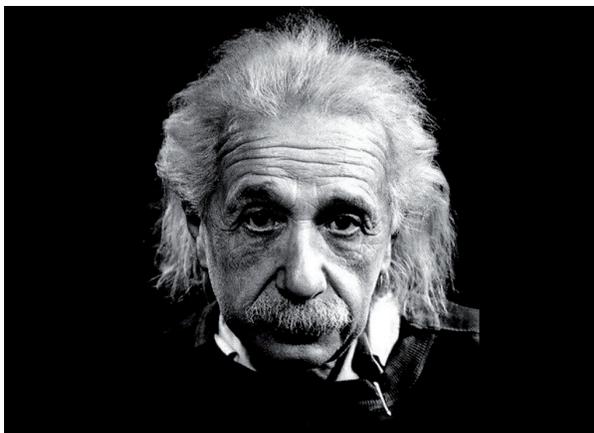


Fig. 3. Albert Einstein quien desarrollo la teoría sobre la emisión estimulada de radiación.

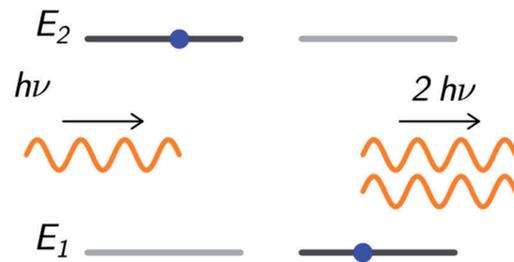


Fig. 4. Esquema del fenómeno de la emisión inducida o estimulada.

Las consecuencias de la emisión estimulada de radiación son muy interesantes. Supongamos que tenemos un medio con una gran cantidad de átomos excitados en el nivel de energía E_2 , encerrados en una cavidad, y lo iluminamos con luz de la frecuencia apropiada $\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$. Esto producirá emisión estimulada de radiación. Puesto que los fotones iniciales no se absorben, esto producirá un efecto de cascada, donde el primer fotón producirá dos fotones por emisión estimulada, estos dos producirán cuatro, y así sucesivamente. El resultado final será una enorme cantidad de fotones con la misma frecuencia, todos en fase pero emitidos en direcciones aleatorias. Debido a la enorme velocidad de la luz, la emisión estimulada de todos estos fotones ocurre casi al mismo tiempo. Este proceso tiene un efecto de amplificación que es el fundamento del fenómeno láser, aunque todavía no es suficiente para generar el rayo láser.³

Los cálculos realizados por Einstein conducen a que los procesos de absorción de fotones al excitar un átomo del nivel de energía E_1 al nivel E_2 (figura 5) y el proceso inverso de emisión estimulada de un fotón al saltar un electrón del nivel de energía E_2 al nivel E_1 , son igualmente probables. Por otro lado, cuando un sistema termodinámico (un sistema

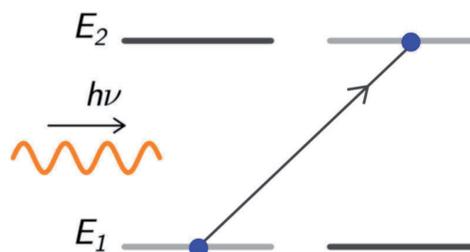


Fig. 5. Esquema del fenómeno de absorción de luz en un átomo.

con un número de átomos del orden del número de Avogadro) se encuentra en equilibrio térmico a temperatura ambiente, por ejemplo, la mayoría de los átomos se encuentra en su estado base. Por esta razón, si iluminamos el sistema, la absorción de luz es mucho mayor que la emisión. Para que se invierta el proceso necesitamos tener más átomos en el estado excitado que en el estado fundamental.

Para conseguir el efecto LASER, (palabra formada con las iniciales de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) se requiere primeramente que tengamos a los átomos del medio con una población muy grande de átomos excitados en el nivel de energía E_2 . De hecho, para que se de el efecto láser, se requiere que el número de átomos en estado excitado sea mucho mayor que en el estado fundamental. Esto es lo que se conoce como inversión de la población.

EL MÁSER

El antecedente tecnológico del Láser es el llamado MASER, que es el acrónimo de Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation. El Maser se desarrolló en la década de 1950 cuando los físicos se empezaron a interesar en producir radiación electromagnética coherente mediante oscilaciones moleculares. En el año de 1954 el científico norteamericano Charles Townes, en colaboración con otros científicos dio a conocer un extraordinario dispositivo donde se lograba la amplificación de microondas mediante el proceso de emisión estimulada de radiación. Este aparato al



Fig. 6. Charles Hard Townes.

que llamaron MASER, funcionaba con amoníaco donde se utilizan dos niveles de energía de esta molécula.⁴

El máser es un amplificador muy efectivo, mucho más que el transistor. Se aplica en el radar logrando aumentar su alcance por un factor de diez. También tiene importantes aplicaciones en astronomía, para amplificar las débiles señales de radiación de microondas provenientes de las estrellas. Al máser se hace llegar la débil radiación de microondas captada por un radiotelescopio. Esta radiación estimula las transiciones en el Maser produciendo el efecto amplificador que permite estudiar la radiación estelar en la región de microondas.

La importancia que se le dio al Maser se refleja en el hecho de que al inventor, el científico Charles Townes le fue otorgado en 1964 el Premio Nóbel de Física por sus estudios sobre la teoría cuántica de la radiación que condujo a la construcción del Maser

EL LÁSER

El láser es un desarrollo de la más alta tecnología que solo pudo ser posible cuando se tuvo un conocimiento profundo de la estructura de la materia en su nivel atómico y el entendimiento de la naturaleza de la luz.

Todo equipo láser contiene tres elementos esenciales: Un medio activo, que es la sustancia que emitirá la luz; una fuente de energía que excitará los átomos del medio activo y un resonador óptico que consiste en dos espejos paralelos.

Las características de la luz láser son su coherencia, su monocromaticidad y su elevada direccionalidad. Una luz coherente es aquella donde las ondas o los fotones que la componen están en fase. Una luz monocromática está formada por ondas de la misma frecuencia, o, equivalentemente, fotones de la misma energía. Si además las crestas y valles de estas ondas coinciden, esto resultará en un haz muy intenso que transporta una elevada energía. Esta es la luz láser.

El láser funciona mediante la excitación y la emisión de luz entre dos niveles específicos de energía del medio activo. El primer paso para lograr el efecto láser es producir un estado excitado de los átomos del elemento activo. A este proceso se le conoce como inversión de la población entre dos

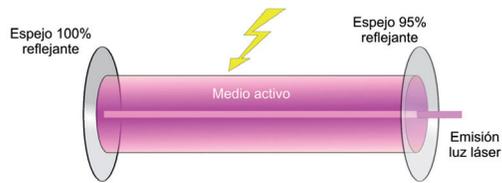


Fig. 7. Diagrama esquemático de los elementos básicos de un equipo láser.

niveles. Si tomamos como los niveles de energía los valores E_1 y E_2 con $E_2 > E_1$, decimos que hay una inversión de la población si el número de átomos en el estado de energía E_2 es mayor que el número de átomos en el estado con energía E_1 .

La función del resonador óptico se ilustra en la figura 7. Uno de los espejos es 100% reflejante, mientras que el otro tiene una capacidad reflejante de entre 90-95%. Los espejos en los extremos permiten que la luz se refleje hacia un lado y otro de la cavidad (hacia la derecha y hacia la izquierda). Este fenómeno es la base de la amplificación de la luz debido a que se logra que una gran cantidad de fotones permanezcan encerrados en la cavidad produciendo a su vez emisión estimulada de radiación.⁶

Si el espejo de la derecha tiene una capacidad reflejante de solo 95%, entonces el 5% de los fotones que incidan sobre él se escapará en la dirección del eje de la cavidad resonante. Este flujo de fotones que se escapan tiene la característica de ser altamente disecionado, lo cual conduce a que se forme un haz de luz rectilíneo muy delgado. La luz láser es monocromática y coherente. Esto significa que todas las ondas tienen la misma frecuencia y además están todas en fase. También resulta que todos los fotones tienen la misma dirección.

Es importante hacer notar que si no se tuvieran los espejos en los extremos, en el primer disparo de luz estimulada los átomos efectuarían una transición a su estado base emitiendo luz en diversas direcciones sin lograrse la amplificación buscada en el fenómeno láser. El funcionamiento continuo del láser y la amplificación se consiguen mediante la cavidad resonante, la cual mediante la reflexión múltiple logra un flujo muy grande de fotones que se convertirán en la luz láser al salir por el espejo parcialmente reflector. Al principio del funcionamiento del láser hay luz que se escapa por las paredes laterales de la cavidad en todas direcciones, pero aquellos fotones

que viajan en la dirección del eje de la cavidad cilíndrica se reflejan una y otra vez en los espejos intensificándose el haz de fotones en cada reflexión, para finalmente salir el rayo láser por el espejo semi-reflector.

Como ya mencionamos, el antecedente del láser fue el máser. Siendo el máser de microondas y el láser de luz visible, aparatos que funcionan mediante el principio de emisión estimulada podemos decir que el láser es un máser en la región visible del espectro electromagnético. Tanto el láser como el máser son dispositivos cuyo principio de funcionamiento solo es explicable a través de la mecánica cuántica.

TIPOS DE LÁSER

En principio, cualquier sistema que puede actuar como fuente de radiación óptica resonante puede ser utilizado como medio activo para producir un láser. Como ya se ha dicho, lo que se requiere es desarrollar un método para invertir la población de los niveles cuánticos del medio activo para que exista una ganancia neta en la luz que se genera por emisión estimulada. Con esto se logra que el medio excitado produzca más fotones de los que absorbe. La clasificación de los láser se hace de acuerdo a alguna característica particular del medio activo. Así encontramos láser de estado sólido, láser de estado líquido y láser de gas. También se tienen láser de semiconductores.

Por otra parte, atendiendo a su forma de operar se clasifican en láser pulsados y láser continuos. Un láser pulsado es aquel que emite pulsos o destellos de luz en forma discontinua. Por otra parte, como su nombre lo indica, un láser continuo emite luz continua. En cuanto al color del láser, este depende del medio activo donde se genera y los niveles energéticos entre los cuales se produce el decaimiento por emisión estimulada de la radiación.

El láser de estado sólido aprovecha la estructura cristalina de estos materiales. De hecho, como ya se mencionó, el primer aparato láser fue construido con una varilla de rubí que producía pulsos de luz roja (figura 8). Este tipo de láser de luz intermitente o destellos, se conoce como láser pulsado. Este láser consistía en una barra de rubí de dos centímetros de largo y un centímetro de diámetro. La excitación o bombeo óptico se produjo mediante una descarga

Nov. 14, 1967 T. H. MAIMAN 3,353,115
 RUBY LASER SYSTEMS
 Original Filed April 13, 1961 5 Sheets-Sheet 2

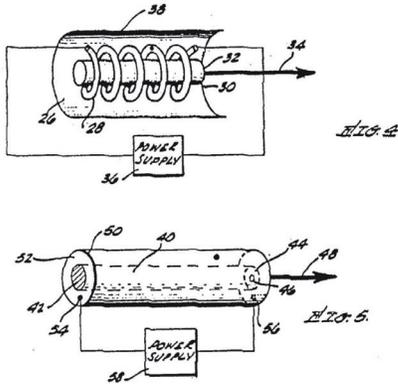


Fig. 8. Patente otorgada a T. H. Maiman en 1967 por el sistema láser de rubí.

eléctrica de arco que produce un efecto de flash, como en las cámaras fotográficas. Al poco tiempo, en el mismo año de 1960, se construyó un láser de gas que contenía una mezcla de helio y neón, identificado como láser de HeNe que producía un haz continuo.⁷

LUZ ORDINARIA Y LUZ LÁSER

La diferencia entre la luz normal y la luz láser es fundamentalmente la coherencia. La luz ordinaria se produce mediante las transiciones de los electrones en los átomos ocurriendo estas en forma completamente independiente unas de otras. Por ejemplo, en el caso de una lámpara fluorescente, una cantidad muy grande de átomos del gas interior emiten al mismo tiempo o en forma sucesiva. La luz se emite en todas direcciones y contiene frecuencias en un rango muy amplio de valores. Este tipo de luz es incoherente o, usando una expresión más coloquial, es una luz desordenada. La luz ordinaria se produce mediante la emisión espontánea (figura 9) y los fotones se emiten en direcciones que son totalmente aleatorias, por eso se tiene una radiación no coherente.

Por otra parte, la luz láser es una luz coherente, monocromática y altamente dirigida, es decir, concentrada en un delgado haz. Se consigue este tipo de luz cuando se produce la emisión de los átomos al mismo tiempo, mediante la transición entre dos estados atómicos determinados. Por otro lado, el resonador logra que todos los fotones salgan en la misma

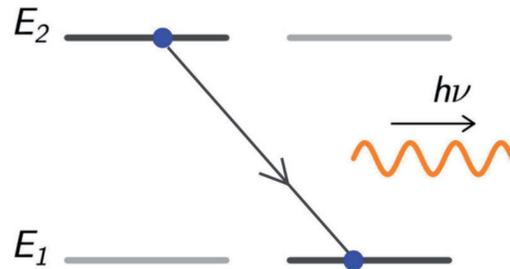


Fig. 9. Esquema del fenómeno de emisión espontánea de luz.

dirección. Con esto se consigue que en el haz láser se concentre una gran cantidad de energía. En la luz láser se logra una especie de cooperación mutua entre los átomos, teniendo como resultado un fenómeno colectivo de sincronización en la emisión de luz.

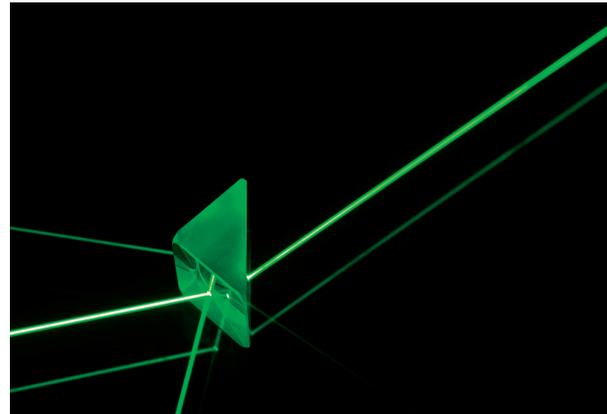


Fig. 10. La fotografía muestra que el rayo de luz láser no se dispersa al pasar a través de un prisma.

HOLOGRAFÍA

Con la aparición del láser se desarrolló la holografía, una técnica nueva de producción de imágenes. La holografía es en sí un método para producir imágenes tridimensionales sin necesidad de usar lentes o sistemas ópticos empleados en la fotografía ordinaria. La característica principal de un holograma, como se llama la “fotografía” o imagen grabada con esta técnica, es que posee todas las características visuales del objeto original. De hecho, el inventor de la holografía, Dennis Gabor (1900-1981) la llamó así tomando la palabra griega holos, que significa totalidad, con la cual se transmite la idea principal de este método fotográfico, que es el registro completo del objeto con sus características tridimensionales.

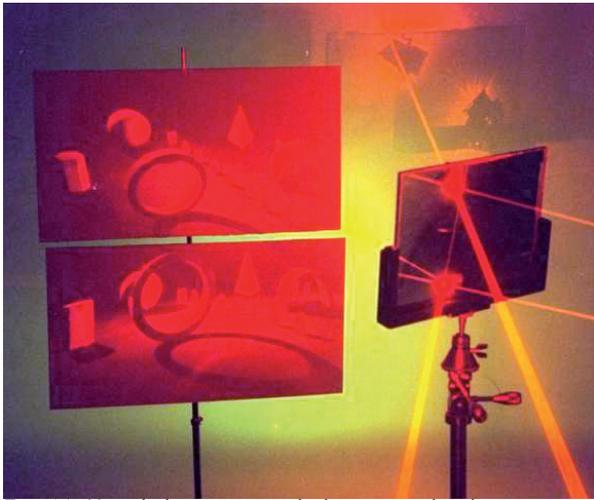


Fig. 11. Uno de los primeros hologramas donde se aprecia el carácter tridimensional de los mismos.

En general la técnica para producir un holograma es un proceso complicado. Hay que iluminar el objeto con luz láser siguiendo una serie de pasos bien establecidos y no es tan simple como tomar una fotografía. La imagen holográfica se registra en una placa fotográfica o sobre una película de vidrio. Algo impresionante de un holograma es que al moverse el observador la imagen cambia de posición como si se estuviera viendo el objeto real.

Dennis Gabor inventó la holografía en 1948, antes de la aparición del láser, sin embargo, el propósito fundamental de la holografía, solo se pudo conseguir con el láser. La holografía tiene una inmensa variedad de aplicaciones. Un holograma se debe ver iluminándolo con luz láser. Por el desarrollo de la holografía D. Gabor fue galardonado con el Premio Nóbel de Física en el año de 1971.

Uno de los más espectaculares usos de la holografía es en el entretenimiento y en la magia. Con la holografía se puede crear una imagen de un ser humano o cualquier objeto, teniendo la apariencia de un objeto real. Cuando uno trata de tocarlo se da cuenta que no está el objeto ahí, resultando ser una especie de fantasma. De aquí resulta que los hologramas sean un recurso utilizado por los ilusionistas.

Se dice que los magos famosos como David Copperfield usan hologramas para hacer sus trucos. Fue famosa una convención internacional de magos e ilusionistas en Las Vegas, donde a la entrada del centro de convenciones te recibía un mago que te tendía la mano para saludarte, pero era solamente

un holograma. La gente quedaba fuertemente impresionada con este recibimiento.

APLICACIONES DEL LÁSER

Las aplicaciones del láser son muchas y muy variadas. Se le emplea en la ciencia, la industria, la medicina, la astronomía, la investigación, las comunicaciones, el arte, el entretenimiento, la industria militar, etc.

Uno de los usos más comunes del láser lo encontramos en los aparatos reproductores de música y en los equipos de video. En las impresoras láser, en los apuntadores láser y como lectores ópticos que se utilizan en los supermercados para leer el código de barras colocado en el empaque de los productos, indicando el precio y alguna otra información que almacenan en un sistema de cómputo. La tecnología láser continúa desarrollándose, encontrándosele constantemente nuevas aplicaciones.

El láser se utiliza también para realizar mediciones de precisión de grandes distancias. Con esto se ha logrado medir el movimiento de los continentes (la deriva continental), así como también distancias astronómicas. Hoy en día se puede medir con bastante precisión la distancia entre la Tierra y la Luna utilizando el láser. Los astronautas que pisaron la Luna, instalaron sobre su superficie un equipo de espejos reflectores. Desde un laboratorio en la Tierra se envía un pulso corto de láser a uno de estos espejos y se recibe el pulso reflejado. Conocida la velocidad de la luz y el tiempo de recorrido de ida y vuelta del pulso láser, se determina la distancia Tierra-Luna hasta una precisión de unos cuantos centímetros.

EL LÁSER EN LA MEDICINA

Las primeras aplicaciones del láser fueron en el campo de la medicina. Muy pronto los cirujanos se dieron cuenta de que este delgado haz de luz, que puede concentrar importantes cantidades de energía en una región tan pequeña como la punta de un alfiler, podría utilizarse como bisturí. Los oftalmólogos encontraron rápidamente que el problema del desprendimiento de retina, el cual es una causa frecuente de ceguera, podría tratarse con un láser. En este padecimiento el láser actúa como un instrumento para soldar. En la soldadura de retina mediante el láser, se realizan rápidos disparos de láser sobre la retina. Con esto se logra la unión de

la retina y a la vez se logra que no haya sangrado ya que el láser cauteriza. Otra ventaja del láser es que no infecta las heridas o el tejido donde corta.⁸

El láser usado como bisturí presenta grandes ventajas. Entre ellas, la de ser estéril, ya que la luz es limpia, no contiene ningún tipo de microorganismos. Además de cortar los tejidos, el láser coagula o sella las partes donde corta, impidiendo que sangren. Actualmente, son incontables las cirugías con láser que se practican diariamente en el mundo y su uso abarca también la cirugía estética, empleándose también en tratamientos dermatológicos y depilación.

EL LÁSER EN LA INDUSTRIA

El láser se usa en la industria de la construcción en el trazo de túneles, por ejemplo, para asegurar un trazo completamente rectilíneo. Los láser de alta potencia se usan para soldar por puntos, o para realizar cortes en metales, en tela, vidrio y casi cualquier material. Con el láser también se efectúan perforaciones en piedras preciosas como el diamante o el rubí.

Uno de los más prometedores usos del láser para el futuro y que actualmente está en investigación, es en los proyectos sobre fusión nuclear para generar energía. El método consiste en enviar intensos pulsos de láser hacia unas pequeñas esferas de deuterio y tritio y hacerlas estallar. Estas microexplosiones provocarán que se evapore la superficie de la esfera y cause una violenta fuerza de reacción que impulsa a las partículas del interior a comprimirse enormemente. Este fenómeno de compresión del material interno de la esfera causará que se produzcan elevadas temperaturas y densidades en este material, reproduciendo condiciones semejantes a las que se encuentran en las estrellas. Con esto se genera la fusión nuclear con el consecuente desprendimiento de energía. Este tipo de proyectos se están llevando a cabo en muchos laboratorios del mundo y constituye una de las mayores promesas en el campo de los energéticos.⁹

COMENTARIOS FINALES

La tecnología para el diseño y la construcción de equipos láser está en su etapa madura. En la actualidad se construyen láser de muchos tipos: de bolsillo, para aparatos domésticos, industriales, médicos y científicos.

Los láser se han vuelto tan comunes en nuestra vida cotidiana que se les usa hasta en espectáculos de luz y sonido y también como instrumento de decoración. Aquí en la ciudad de Monterrey tenemos en la Macroplaza un láser instalado en la torre de comercio (Faro del Comercio), el cual emite una luz de color verde porque es de Argón.

Hoy en día la ciencia y la tecnología láser dan soporte a una industria de miles de millones de dólares en el mundo. Se fabrican láser de una gran variedad de tipos y características, cuyas aplicaciones abarcan una inmensa gama de las actividades humanas. Entre ellas encontramos la industrial, la médica, la agrícola, científica, el arte y la recreación.

En general, el láser ha resultado ser un extraordinario instrumento de utilidad en una gran variedad de las actividades humanas. La lista de aplicaciones es inmensa, por eso con razón se le ha llamado la "luz maravillosa". Día con día, en todo el mundo, se realizan investigaciones con láser reportando nuevos descubrimientos. Seguramente pronto tendremos nuevas aplicaciones de la luz láser.

REFERENCIAS

1. Halliday, D. and Resnick, R., *Fundamental of Physics*, Third edition, John Wiley and sons, 1988.
2. Mares, R., *Albert Einstein*, Grupo Editorial Tomo, 2005.
3. Griffiths, David, *Introduction to Quantum Mechanics*, Prentice Hall, 2004
4. Goswami, Amit, *Quantum Mechanics*, Second Edition, Waveland Press Inc., 2000.
5. Milonni, P. W., and Eberly, J., *Laser Physics*, Wiley, 2010
6. Hecht, Eugene, *Optica*, Tercera edición, Addison Wesley, 2000.
7. Rose, Belinda, *Photonics Spectra*, May, 2010, P 58.
8. Niemz, M. H., *Laser-Tissue Interactions*, Springer, 2007.
9. Hecht, Jeff, *Understanding Laser*, 3rd. Edition, IEEE Press, 2008.