

Todos los artículos publicados en esta sección de La Unión de Morelos han sido revisados y aprobados por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos, A.C., cuyos integrantes son: Dra. Georgina Hernández Delgado, Dr. Hernán Larralde Riadura y Dr. Joaquín Sánchez Castillo (Coordinador)
Comentarios y sugerencias: joaquin.sanchez@microbio.gu.se

¿Qué es un LÁSER?

Alejandro Ramírez Solís
Facultad de Ciencias UAEM
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

Para empezar, las siglas LASER son el acrónimo en inglés de "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation", por lo cual los carteles y anuncios que a veces vemos en la calle escritos como "Impresiones LASSER" contienen un error garrafal. En español la palabra correcta se escribe con acento: láser. Dado el tema, la respuesta a la pregunta del título puede darse de varias formas, dependiendo del nivel de profundidad con que se trate, de la extensión en tiempo y en espacio con que se cuente y, sobre todo, de los conocimientos de física cuántica que se tengan. En este caso, dado que nos dirigimos a un amplio público no especializado, haremos una breve recopilación de las ideas fundamentales tratando de explicar los elementos básicos con algunas analogías en el pequeño espacio que tenemos.

Como ya lo mencionamos en otra entrega titulada "Qué significa la palabra Cuántico", los procesos de emisión y absorción de radiación (luz visible, ultravioleta, calor, ondas de radio, de TV, rayos X, etc.) por la materia ocurren por saltos y no de manera continua. Esto quiere decir que los niveles de energía de los átomos, moléculas y materiales se encuentran "cuantizados", como los niveles de una escalera en un edificio; si numeramos a los escalones de la torre de PEMEX, no podemos estar en el nivel 2.7398 ni en el 523.16442 y únicamente podemos ubicarnos en niveles que les corresponden números enteros. Sin embargo en los átomos, moléculas y materiales los espaciamientos entre los niveles de energía son variables y podemos mencionar aquí, como ejemplo, el caso más simple; en el átomo de hidrógeno el electrón se encuentra atrapado en el primer nivel (escalón $n=1$) a -13.6 electrón-Volts (eV), mientras que el segundo nivel ($n=2$) se encuentra a la cuarta parte en -3.4 eV, el tercer nivel ($n=3$) a la novena parte del primero a -1.51 eV, y así sucesivamente hasta el nivel $n=\infty$. Evidentemente, conforme el número entero que etiqueta el nivel crece, la energía del electrón se acerca más y más a cero, con lo cual queda más y más cerca de estar libre para escapar del átomo dejando a su núcleo como un protón solo. Algo muy similar ocurre para todas las moléculas, neutras o ionizadas, es decir, con electrones de mas

(aniones) o con electrones de menos (cationes) respecto a la molécula neutra. Los niveles de energía superiores aunque existen, no se encuentran ocupados por electrones cuando el átomo o molécula está en su estado fundamental, el más estable.

Aquí podemos preguntar y ¿cómo saben los físicos que los estados excitados existen y cuáles son las energías que les corresponden? La respuesta es doble. Históricamente la primer respuesta vino a través de los experimentos de fines del siglo XIX; el conocimiento de los estados excitados provino del análisis espectroscópico de la luz emitida por cada tipo de átomo en su forma pura (es decir, sin contaminante alguno). Este análisis consiste en hacer pasar la luz emitida por cada tipo de átomo (o molécula) a través de un prisma, de la misma forma que Newton mostró que la luz blanca (visible) del sol está compuesta por un espectro continuo de luz que va desde el rojo hasta el violeta.

Así, los espectroscopistas descubrieron dos cosas muy importantes para el desarrollo posterior de la teoría cuántica: a) que la luz que los átomos o moléculas absorben o emiten no es continua sino que se presenta únicamente con algunas longitudes de onda muy específicas y, b) que cada tipo de átomo o molécula tiene un espectro (el conjunto de líneas de absorción o emisión) único e inconfundible con el de otro átomo o molécula. El porqué esto ocurría era uno de los dos grandes misterios de la física de fines del siglo XIX hasta que, en 1913, hizo su aparición Niels Bohr y en un acto de genialidad logró explicar correctamente el espectro del átomo más simple (el hidrógeno, que tiene un solo electrón) creando un modelo, considerado ahora como demasiado simple por los físicos actuales, pero que contiene las ideas fundamentales de los procesos de excitación de sistemas cuánticos como átomos, moléculas, plasmas y materiales. Una de las ideas más fundamentales para entender cómo funciona un láser vino de Bohr y es que los átomos generalmente no emiten radiación alguna puesto que se encuentran en su estado más estable, el fundamental o estado base, en el cual todos los electrones se encuentran llenando por pares los niveles más profundos. Bohr propuso que únicamente cuando los electrones que contienen los átomos o moléculas se encuentran en tránsito, o "saltando" de un nivel a otro se emite o se absorbe luz. Aquí podemos regresar a nuestra

TOMADO DE WIKIPEDIA



PIONERO | Niels Bohr.

analogía de un niño saltando de un escalón a otro en un edificio. Cuando el salto es de un nivel de menor energía a otro de mayor energía, la diferencia de energía debe ser pagada por alguien; en el caso del niño esa energía viene de las calorías que tiene disponibles en sus músculos para hacer el trabajo de subir escalones, y en el caso del electrón esa energía viene de la absorción de un fotón (el cuanto o partícula de energía electromagnética). Este proceso es visto como si el átomo hiciera desaparecer un paquete de luz de la frecuencia que corresponde exactamente a la diferencia de energía entre el nivel de salida y el de llegada. Cuando el salto es de un nivel de energía más alto a uno más bajo ocurre el proceso inverso; en el caso del niño no le cuesta ningún trabajo hacer el salto y la diferencia de energía (el exceso que tenía) se disipa en el ruido que hacen sus zapatos al caer y, sobre todo, se disipa en el calor que el esfuerzo muscular por amortiguar el choque produjo. En el caso de los átomos o moléculas, el salto de electrones de un nivel mayor a un nivel de menor energía produce la emisión de radiación electromagnética. Esta radiación tendrá diferente longitud de onda (o color) dependiendo del tamaño del salto, es decir de la diferencia de energía entre los niveles de salida y de llegada; de luz infrarroja si la diferencia es de décimas o centésimas de eV, de luz visible si la diferencia es del orden de algunos eV, de luz ultravioleta si es de decenas, centenas o miles de eV y de rayos X si es de decenas o centenas de miles de eV.

Ahora sabiendo esta información, lo más importante para nuestra exposición es que las diferencias de niveles son una firma infalsificable de la naturaleza de cada átomo o molécula. Para comprender ahora los elementos básicos de un láser tenemos que introducir algunos conceptos nuevos, como la emisión espontánea y la emisión estimulada. La primera es la que ocurre cuando un átomo ha recibido energía en alguna forma sea ésta de

luz o de calor; los fotones emitidos en este tipo de proceso aleatorio, a pesar de tener todos la misma longitud de onda, salen en todas direcciones y con fases diferentes (son incoherentes); esto quiere decir que cuando alguno tiene su onda en un máximo de amplitud, algún otro la tendrá en un mínimo, lo cual producirá efectos de interferencia destructiva, disminuyendo así la intensidad total efectiva de la luz emitida.

La emisión estimulada, base de la generación de radiación de un láser, se produce cuando un átomo en estado excitado recibe un estímulo externo que lo lleva a emitir fotones y así retornar a un estado menos excitado. El estímulo en cuestión proviene de la llegada de un fotón con energía similar a la diferencia de energía entre los dos estados. Los fotones así emitidos por el átomo estimulado poseen fase, energía y dirección similares a las del fotón externo que les dio origen. La emisión estimulada descrita es la raíz de muchas de las características de la luz láser. No sólo produce luz coherente (los fotones salen en fase) y monocroma (de un solo color o longitud de onda), sino que también "amplifica" la emisión de luz, ya que por cada fotón que incide sobre un átomo excitado se genera otro fotón. Pero aquí no debemos olvidar que cuando un átomo recibe radiación externa también está posibilitado para absorberlo. El sistema atómico se excita a un estado de energía más alto, pasando un electrón al estado meta-estable del cual puede regresar al estado de menor energía. Este fenómeno de absorción compete con el de la emisión estimulada de radiación y la eficiencia de un láser queda determinada en gran parte por la proporción de átomos que realizan el salto "hacia arriba" contra los que realizan el salto "hacia abajo".

Esto nos lleva necesariamente al concepto de bombeo óptico. Lógicamente, si queremos que un LÁSER sea intenso debemos primero forzar a la mayor cantidad de átomos posibles a subir a un estado excitado meta-estable, es decir del cual pueden salir y regresar al estado de menor energía, y una vez teniendo esa población grande de átomos excitados, forzarlos a "bajar" a todos en el menor tiempo posible; para esto utilizamos el proceso mencionado arriba de emisión estimulada. Si esto se logra, habrá un número muy grande de átomos emitiendo luz de la misma longitud de onda y con la misma fase, produciendo luz que llamamos láser.

Notamos aquí que el bombeo se provoca mediante una fuente de radiación como puede ser una lámpara, el paso de una corriente eléctrica o el

uso de cualquier otro tipo de fuente energética que provoque una emisión.

De este modo un láser es un aparato (o dispositivo) que produce un tipo muy especial de luz. Podemos imaginárnoslo como una super-linterna. Sin embargo, la luz procedente de un láser se diferencia de la de una linterna en cuatro aspectos básicos:

1. La luz de un dispositivo láser es intensa. No obstante, sólo ciertos láseres son potentes. Aunque lo parezca, no se trata de una contradicción. La intensidad es una medida de la potencia por unidad de superficie, e incluso los láseres que emiten sólo algunos milivatios son capaces de producir una elevada intensidad en un rayo de un milímetro de diámetro. En realidad, su intensidad puede incluso ser igual a la de la luz del sol. Cualquier lámpara ordinaria emite una cantidad de luz muy superior a la de un pequeño láser, pero esparcida por toda la sala. Algunos láseres, dependiendo del diseño específico, pueden producir muchos miles de Watts continuamente; otros son capaces de producir millones de Watts en un impulso cuya duración es tan sólo la mil millonésima parte de un segundo.

2. Los haces láser son estrechos y no se dispersan como los demás haces de luz. Esta cualidad se denomina direccionalidad. Se sabe que ni la luz de un potente foco logra desplazarse muy lejos: si se enfoca hacia el firmamento, su rayo parece desvanecerse de inmediato. El haz de luz comienza a esparcirse en el momento en que sale del foco, hasta alcanzar tal grado de dispersión que llega a perder su utilidad. Sin embargo, se han logrado reflejar haces láser de pocos Watts de potencia sobre la luna y su luz era todavía lo suficientemente brillante para verla desde la tierra. Uno de los primeros haces láser que se disparó contra la luna en 1962 sólo llegó a dispersarse cuatro kilómetros sobre la superficie lunar. ¡No está mal si se considera que se había desplazado cerca de cuatrocientos mil kilómetros! Actualmente la dispersión lograda es mucho menor.

3. La luz láser es coherente. Esto significa que todas las ondas luminosas procedentes de un láser se acoplan ordenadamente entre sí. Una luz coherente, como la procedente de una bombilla, genera ondas luminosas que comienzan en diferentes momentos y se desplazan en direcciones diversas. Algo parecido a lo que ocurre cuando se arroja un puñado de piedritas en un lago. Lo único que se crean son pequeñas salpicaduras y algunas ondulaciones. Ahora bien, si

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.



se arrojan las mismas piedritas una a una con una frecuencia exactamente regular y justo en el mismo sitio, puede generarse una ola en el agua de mayor magnitud. Así actúa un láser, y esta propiedad especial puede tener diversas utilidades.

4. Los láseres producen luz de un solo color, es decir, su luz es monocromática. La luz común contiene todos los colores de la luz visible (es decir, el espectro), que combinados se convierten en blanco. Los haces de luz láser ya han sido producidos en todos los colores del arco iris (si bien el más común es el rojo), y también en tipos de luz invisible (infrarrojo y ultravioleta); pero un láser determinado sólo puede emitir única y exclusivamente un solo color. Existen láseres sintonizables que pueden ser ajustados para producir diversos colores, pero incluso éstos no pueden emitir más que un color único en un momento dado. Determinados láseres, pueden emitir varias frecuencias monocromáticas al mismo tiempo, pero no un espectro continuo que contenga todos los colores de la luz visible como pueda hacerlo una bombilla.

¿PARA QUÉ SIRVEN LOS LÁSERES?

La gama de usos de los láseres es sorprendente, hasta el punto de que alcanza una extensión mucho más amplia que la concebida originariamente, por los científicos que diseñaron los primeros modelos, y supera en mucho la visión de los primeros escritores de ciencia-ficción, quienes en la mayoría de los casos sólo supieron ver en él un arma futurista. También resulta sorprendente la gran variedad de láseres existentes.

En un extremo de la gama se encuentran los láseres fabricados con minúsculas pastillas semiconductoras, similares a las utilizadas en circuitos electrónicos, con un tamaño no superior al de un grano de sal. Gordon Gould, uno de los pioneros en este campo, confesó que le impresionaron cuando fueron presentados. Actualmente estos son los más comunes y se fabrican por miles diariamente para satisfacer la industria de las computadoras en el mundo. En el extremo opuesto se encuentran los láseres bélicos del tamaño de un edificio, con los que experimenta actualmente el ejército, muy diferentes de las pistolas lanzarrayos que habían imaginado los escritores de ciencia-ficción.

Las tareas desempeñadas por los láseres van de lo mundano (por ejemplo, escritura de CDs y DVDs por millones al día) a lo sorprendente, como el cortado de placas metálicas gruesas, en neurocirugía, en cirugía ocular, en detección espacial, y como un instrumento básico de investigación científica, pero todas comparten un elemento común: son difíciles o

totalmente imposibles con cualquier otro instrumento. Exceptuando los pequeños láseres de estado sólido ya mencionados que se incluyen en cualquier computadora, los láseres son aparatos relativamente caros

y, por lo general, se utilizan por su propiedad de suministrar la luminosidad, coherencia y la cantidad precisa de energía requeridas en el lugar deseado.

Charles H. Townes, uno de los inven-

tores del láser y ganador del Premio Nobel por desarrollo de su predecesor (el máser), había dicho hace tres décadas que el láser abarcaría una gama muy amplia de campos de aplicación; ya hemos visto que así

ocurrió.

En entregas posteriores hablaremos del desarrollo del láser, de las ideas nuevas y del papel que jugaron los actores más importantes en su historia.

Para actividades recientes de la Academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx

El número telefónico ya es mío!

NO importa que compañía me da el servicio, porque ahora puedo cambiarme a

Cablemás

y disfrutar de sus paquetes de Telefonía con todos sus beneficios

¡Yo ya entendí!

Llama al
329 2400
www.cablemas.com



La portabilidad aplica para números de teléfono dentro de la misma ciudad y sólo puede ser solicitada por el titular de la línea telefónica.
RESOLUCIÓN COFETEL, DOF 12/06/07