

Índice

- Portada
- Introducción
- ¿Qué son los rayos X?
- Naturaleza de los rayos X
- Producción de rayos X
- Propiedades de rayos X
- Fluorescencia
- Ionización
- Difracción de rayos X
- Interacción con la materia
- Efecto Compton
- Producción de pares
- Aplicación de rayos x (investigación, industria, medicina)
- ¿Qué son los rayos infrarrojos?
- ¿Qué son los rayos láser?
- Principio de funcionamiento
- Tipos de láser (láseres de estado sólido, láseres de gas, láseres de semiconductores, láseres líquidos, láseres de electrones libres)
- Medidas de seguridad
- Láser atómico
- Aplicación de los rayos láser (industria, investigación científica, comunicaciones, medicina)
- Fragmento de cirugía con láser
- Tecnología militar

Introducción

En la siguiente carpeta encontrará lo que son los rayos X, rayos infrarrojos y rayos láser. En cada una de las partes especificadas, se podrá ver que tipos de rayos existen en cada rama y su aplicación, ya sea en la industria, la medicina, la investigación o en las comunicaciones.

En la parte donde se encuentran los rayos X, esta la naturaleza de los rayos y diversos dibujos que podrá apreciar. Donde se encuentra los rayos infrarrojos esta todos lo que son estos rayos, aunque es un poco breve. En la parte donde se encuentran los rayos láser, podrá ver que tipos de rayos láser existen, sus aplicaciones, su seguridad y para que sirven.

Esperamos que disfrute del material que aquí le entregamos, esta diseñado con ilustraciones y de la manera más fácil.

¿Qué son los Rayos X?

Radiación electromagnética penetrante, con una longitud de onda menor que la luz visible, producida bombardeando un blanco generalmente de volframio con electrones de alta velocidad. Los rayos X fueron descubiertos de forma accidental en 1895 por el físico alemán Wilhelm Conrad Roentgen mientras estudiaba los rayos catódicos en un tubo de descarga gaseosa de alto voltaje. A pesar de que el tubo estaba dentro de una caja de cartón negro, Roentgen vio que una pantalla de platinocianuro de bario, que casualmente estaba cerca, emitía luz fluorescente siempre que funcionaba el tubo. Tras realizar experimentos adicionales, determinó que la fluorescencia se debía a una radiación invisible más penetrante que la radiación ultravioleta. Roentgen llamó a los rayos invisibles rayos X por su naturaleza desconocida. Posteriormente,

los rayos X fueron también denominados rayos Roentgen en su honor.

Naturaleza de los rayos X

Los rayos X son radiaciones electromagnéticas cuya longitud de onda va desde unos 10 nm hasta 0,001 nm (1 nm o nanómetro equivale a 10^{-9} m). Cuanto menor es la longitud de onda de los rayos X, mayores son su energía y poder de penetración. Los rayos de mayor longitud de onda, cercanos a la banda ultravioleta del espectro electromagnético, se conocen como rayos X blandos; los de menor longitud de onda, que están más próximos a la zona de rayos gamma o incluso se solapan con ésta, se denominan rayos X duros. Los rayos X formados por una mezcla de muchas longitudes de onda diferentes se conocen como rayos X 'blancos', para diferenciarlos de los rayos X monocromáticos, que tienen una única longitud de onda. Tanto la luz visible como los rayos X se producen a raíz de las transiciones de los electrones atómicos de una órbita a otra. La luz visible corresponde a transiciones de electrones externos y los rayos X a transiciones de electrones internos. En el caso de la radiación de frenado o bremsstrahlung, los rayos X se producen por el frenado o deflexión de electrones libres que atraviesan un campo eléctrico intenso. Los rayos gamma, cuyos efectos son similares a los de los rayos X, se producen por transiciones de energía en el interior de núcleos excitados.

Los rayos X se producen siempre que se bombardea un objeto material con electrones de alta velocidad. Gran parte de la energía de los electrones se pierde en forma de calor; el resto produce rayos X al provocar cambios en los átomos del blanco como resultado del impacto. Los rayos X emitidos no pueden tener una energía mayor que la energía cinética de los electrones que los producen. La radiación emitida no es monocromática, sino que se compone de una amplia gama de longitudes de onda, con un marcado límite inferior que corresponde a la energía máxima de los electrones empleados para el bombardeo. Este espectro continuo se denomina a veces con el término alemán bremsstrahlung, que significa 'radiación de frenado', y es independiente de la naturaleza del blanco. Si se analizan los rayos X emitidos con un espectrómetro de rayos X, se encuentran ciertas líneas definidas superpuestas sobre el espectro continuo; estas líneas, conocidas como rayos X característicos, corresponden a longitudes de onda que dependen exclusivamente de la estructura de los átomos del blanco. En otras palabras, un electrón de alta velocidad que choca contra el blanco puede hacer dos cosas: inducir la emisión de rayos X de cualquier energía menor que su energía cinética o provocar la emisión de rayos X de energías determinadas, que dependen de la naturaleza de los átomos del blanco.

Producción de rayos X

El primer tubo de rayos X fue el tubo de Crookes, llamado así en honor a su inventor, el químico y físico británico William Crookes; se trata de una ampolla de vidrio bajo vacío parcial con dos electrodos. Cuando una corriente eléctrica pasa por un tubo de Crookes, el gas residual que contiene se ioniza, y los iones positivos golpean el cátodo y expulsan electrones del mismo. Estos electrones, que forman un haz de rayos catódicos, bombardean las paredes de vidrio del tubo y producen rayos X. Estos tubos sólo generan rayos X blandos, de baja energía. Véase Ion; Ionización.

Un primer perfeccionamiento del tubo de rayos X fue la introducción de un cátodo curvo para concentrar el haz de electrones sobre un blanco de metal pesado, llamado anticátodo o ánodo. Este tipo de tubos genera rayos más duros, con menor longitud de onda y mayor energía que los del tubo de Crookes original; sin embargo, su funcionamiento es errático porque la producción de rayos X depende de la presión del gas en el tubo.

La siguiente gran mejora la llevó a cabo en 1913 el físico estadounidense William David Coolidge. El tubo de Coolidge tiene un vacío muy alto y contiene un filamento calentado y un blanco. Esencialmente, es un tubo de vacío termoiónico en el que el cátodo emite electrones al ser calentado por una corriente auxiliar, y no al ser golpeado por iones, como ocurría en los anteriores tipos de tubos. Los electrones emitidos por el cátodo calentado se aceleran mediante la aplicación de una alta tensión entre los dos electrodos del tubo. Al

aumentar la tensión disminuye la longitud de onda mínima de la radiación.

La mayoría de los tubos de rayos X que se emplean en la actualidad son tubos de Coolidge modificados. Los tubos más grandes y potentes tienen anticátodos refrigerados por agua para impedir que se fundan por el bombardeo de electrones. El tubo antichoque, muy utilizado, es una modificación del tubo de Coolidge, con un mejor aislamiento de la carcasa (mediante aceite) y cables de alimentación conectados a tierra. Los aparatos como el betatrón se emplean para producir rayos X muy duros, de longitud de onda menor que la de los rayos gamma emitidos por elementos naturalmente radiactivos.

Propiedades de los rayos X

Los rayos X afectan a una emulsión fotográfica del mismo modo que lo hace la luz. La absorción de rayos X por una sustancia depende de su densidad y masa atómica. Cuanto menor sea la masa atómica del material, más transparente será a los rayos X de una longitud de onda determinada. Cuando se irradia el cuerpo humano con rayos X, los huesos compuestos de elementos con mayor masa atómica que los tejidos circundantes absorben la radiación con más eficacia, por lo que producen sombras más oscuras sobre una placa fotográfica. En la actualidad se utiliza radiación de neutrones para algunos tipos de radiografía, y los resultados son casi los inversos. Los objetos que producen sombras oscuras en una imagen de rayos X aparecen casi siempre claros en una radiografía de neutrones.

Fluorescencia

Los rayos X también producen fluorescencia en determinados materiales, como el platinocianuro de bario o el sulfuro de cinc. Si se sustituye la película fotográfica por uno de estos materiales fluorescentes, puede observarse directamente la estructura interna de objetos opacos. Esta técnica se conoce como fluoroscopia.

Ionización

Otra característica importante de los rayos X es su poder de ionización, que depende de su longitud de onda. La capacidad de ionización de los rayos X monocromáticos es directamente proporcional a su energía. Esta propiedad proporciona un método para medir la energía de los rayos X. Cuando se hacen pasar rayos X por una cámara de ionización se produce una corriente eléctrica proporcional a la energía del haz incidente. Además de la cámara de ionización, otros aparatos más sensibles como el contador Geiger o el contador de centelleo también miden la energía de los rayos X a partir de la ionización que provocan. Por otra parte, la capacidad ionizante de los rayos X hace que su trayectoria pueda visualizarse en una cámara de niebla o de burbujas.

Difracción de rayos X

Los rayos X pueden difractarse al atravesar un cristal, o ser dispersados por él, ya que el cristal está formado por redes de átomos regulares que actúan como redes de difracción muy finas. Los diagramas de interferencia resultantes pueden fotografiarse y analizarse para determinar la longitud de onda de los rayos X incidentes o la distancia entre los átomos del cristal, según cuál de ambos datos se desconozca (véase Interferencia). Los rayos X también pueden difractarse mediante redes de difracción rayadas si su espaciado es aproximadamente igual a la longitud de onda de los rayos X.

Interacción con la materia

En la interacción entre la materia y los rayos X existen tres mecanismos por los que éstos son absorbidos; los tres demuestran la naturaleza cuántica de los rayos X. Cuando un cuanto de radiación o fotón correspondiente a la zona de rayos X del espectro electromagnético choca contra un átomo, puede golpear un electrón de una capa interna y expulsarlo del átomo. Si el fotón tiene más energía que la necesaria para

expulsar el electrón, le transferirá esta energía adicional en forma de energía cinética. Este fenómeno, denominado efecto fotoeléctrico, tiene lugar principalmente en la absorción de rayos X de baja energía.

Efecto Compton

El efecto Compton, descubierto en 1923 por el físico y educador estadounidense Arthur Holly Compton, es una manifestación importante de la absorción de rayos X de menor longitud de onda. Cuando un fotón de alta energía choca con un electrón, ambas partículas pueden ser desviadas formando un ángulo con la trayectoria de la radiación incidente de rayos X. El fotón incidente cede parte de su energía al electrón y sale del material con una longitud de onda más larga. Estas desviaciones acompañadas por un cambio en la longitud de onda se conocen como dispersión Compton.

Producción de pares

En el tercer tipo de absorción, que se observa especialmente cuando se irradian elementos de masa atómica elevada con rayos X de muy alta energía, se produce el fenómeno de producción de pares. Cuando un fotón de alta energía penetra en la capa electrónica cercana al núcleo, puede crear un par de electrones, uno con carga negativa y otro con carga positiva; los electrones con carga positiva se conocen también como positrones. La producción de pares es un ejemplo de la conversión de energía en masa. El fotón necesita una energía de al menos 1,2 MeV para proporcionar la masa del par. Si el fotón incidente posee más energía de la necesaria para la producción del par, el exceso de energía se cede al par de electrones en forma de energía cinética. Las trayectorias de las dos partículas son divergentes.

Aplicaciones de los rayos X

Los rayos X se emplean sobre todo en los campos de la investigación científica, la industria y la medicina.

Investigación

El estudio de los rayos X ha desempeñado un papel primordial en la física teórica, sobre todo en el desarrollo de la mecánica cuántica. Como herramienta de investigación, los rayos X han permitido confirmar experimentalmente las teorías cristalográficas. Utilizando métodos de difracción de rayos X es posible identificar las sustancias cristalinas y determinar su estructura. Casi todos los conocimientos actuales en este campo se han obtenido o verificado mediante análisis con rayos X. Los métodos de difracción de rayos X también pueden aplicarse a sustancias pulverizadas que, sin ser cristalinas, presentan alguna regularidad en su estructura molecular. Mediante estos métodos es posible identificar sustancias químicas y determinar el tamaño de partículas ultramicroscópicas. Los elementos químicos y sus isótopos pueden identificarse mediante espectroscopia de rayos X, que determina las longitudes de onda de sus espectros de líneas característicos. Varios elementos fueron descubiertos mediante el análisis de espectros de rayos X.

Algunas aplicaciones recientes de los rayos X en la investigación van adquiriendo cada vez más importancia. La microrradiografía, por ejemplo, produce imágenes de alta resolución que pueden ampliarse considerablemente. Dos radiografías pueden combinarse en un proyector para producir una imagen tridimensional llamada estereorradiograma. La radiografía en color también se emplea para mejorar el detalle; en este proceso, las diferencias en la absorción de rayos X por una muestra se representan como colores distintos. La microsonda de electrones, que utiliza un haz de electrones muy preciso para generar rayos X sobre una muestra en una superficie de sólo una micra cuadrada, proporciona también una información muy detallada.

Industria

Además de las aplicaciones de los rayos X para la investigación en física, química, mineralogía, metalurgia y

biología, los rayos X también se emplean en la industria como herramienta de investigación y para realizar numerosos procesos de prueba. Son muy útiles para examinar objetos, por ejemplo piezas metálicas, sin destruirlos. Las imágenes de rayos X en placas fotográficas muestran la existencia de fallos, pero la desventaja de este sistema es que el equipo de rayos X de alta potencia que se necesita es voluminoso y caro. Por ello, en algunos casos se emplean radioisótopos que emiten rayos gamma de alta penetración en vez de equipos de rayos X. Estas fuentes de isótopos pueden albergarse en contenedores relativamente ligeros, compactos y blindados. Para la radiografía industrial se suelen utilizar el cobalto 60 y el cesio 137. En algunas aplicaciones médicas e industriales se ha empleado tulio 70 en proyectores isotópicos pequeños y cómodos de usar.

Muchos productos industriales se inspeccionan de forma rutinaria mediante rayos X, para que las unidades defectuosas puedan eliminarse en el lugar de producción. Existen además otras aplicaciones de los rayos X, entre las que figuran la identificación de gemas falsas o la detección de mercancías de contrabando en las aduanas; también se utilizan en los aeropuertos para detectar objetos peligrosos en los equipajes. Los rayos X ultrablandos se emplean para determinar la autenticidad de obras de arte y para restaurar cuadros.

Medicina

Las fotografías de rayos X o radiografías y la fluoroscopia se emplean mucho en medicina como herramientas de diagnóstico. En la radioterapia se emplean rayos X para tratar determinadas enfermedades, en particular el cáncer, exponiendo los tumores a la radiación. Véase Efectos biológicos de la radiación; Radiología.

La utilidad de las radiografías para el diagnóstico se debe a la capacidad de penetración de los rayos X. A los pocos años de su descubrimiento ya se empleaban para localizar cuerpos extraños, por ejemplo balas, en el interior del cuerpo humano. Con la mejora de las técnicas de rayos X, las radiografías revelaron minúsculas diferencias en los tejidos, y muchas enfermedades pudieron diagnosticarse con este método. Los rayos X eran el método más importante para diagnosticar la tuberculosis cuando esta enfermedad estaba muy extendida. Las imágenes de los pulmones eran fáciles de interpretar porque los espacios con aire son más transparentes a los rayos X que los tejidos pulmonares. Otras cavidades del cuerpo pueden llenarse artificialmente con materiales de contraste, de forma que un órgano determinado se vea con mayor claridad. El sulfato de bario, muy opaco a los rayos X, se utiliza para la radiografía del aparato digestivo. Para examinar los riñones o la vesícula biliar se administran determinados compuestos opacos por vía oral o intravenosa. Estos compuestos pueden tener efectos secundarios graves, por lo que sólo deben ser empleados después de una consulta cuidadosa. De hecho, el uso rutinario de los rayos X se ha desaconsejado en los últimos años, ya que su utilidad es cuestionable.

Un aparato de rayos X de invención reciente, y que se emplea sin compuestos de contraste, proporciona visiones claras de cualquier parte de la anatomía, incluidos los tejidos blandos. Se conoce como escáner (scanner) o aparato de tomografía axial computerizada; gira 180° en torno al cuerpo del paciente emitiendo un haz de rayos X del grosor de un lápiz en 160 puntos diferentes. Unos cristales situados en los puntos opuestos reciben y registran la absorción de los distintos espesores de tejido y huesos. Estos datos se envían a un ordenador o computadora que convierte la información en una imagen sobre una pantalla. Con la misma dosis de radiación que un aparato de rayos X convencional, puede verse todo un corte de espesor determinado del cuerpo con una claridad aproximadamente 100 veces mayor. El escáner fue inventado en 1972 por el ingeniero electrónico británico Godfrey Hounsfield, y en 1979 ya se había generalizado su uso. En relación con las aplicaciones de radioisótopos que emiten rayos gamma.

Escáner de huesos con contraste

La estructura de los huesos de un paciente se muestra en esta imagen que revela los niveles de radiactividad en el cuerpo. La actividad se produce al introducir en los tejidos un isótopo radiactivo que muestra el

recorrido del flujo sanguíneo. Este flujo, al pasar por los huesos, se ve alterado en algunas enfermedades, por lo que estas imágenes son de gran valor para los diagnósticos. (figura de arriba eso es un scanner de huesos con contraste)

¿Qué son los rayos infrarrojos?

Emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas en la zona del espectro situada inmediatamente después de la zona roja de la radiación visible. La longitud de onda de los rayos infrarrojos es menor que la de las ondas de radio y mayor que la de la luz visible. Oscila entre aproximadamente 10^{-6} y 10^{-3} metros. La radiación infrarroja puede detectarse como calor, para lo que se emplean instrumentos como el bolómetro.

Los rayos infrarrojos se utilizan para obtener imágenes de objetos lejanos ocultos por la bruma atmosférica, que dispersa la luz visible pero no la radiación infrarroja. En astronomía se utilizan los rayos infrarrojos para estudiar determinadas estrellas y nebulosas.

Para las fotografías infrarrojas de alta precisión se emplea un filtro opaco que sólo deja pasar radiación infrarroja, pero generalmente basta un filtro corriente anaranjado o rojo claro, que absorbe la luz azul y violeta. La fotografía infrarroja, desarrollada hacia 1880, se ha convertido en la actualidad en una importante herramienta de diagnóstico en la medicina, la agricultura y la industria. El uso de técnicas infrarrojas permite observar situaciones patológicas que no pueden verse a simple vista ni en una radiografía. La teledetección mediante fotografía infrarroja aérea y orbital se ha empleado para observar las condiciones de las cosechas y el daño por insectos y enfermedades en grandes zonas agrícolas, así como para localizar depósitos minerales. En la industria, la espectroscopia de infrarrojos es una parte cada vez más importante de la investigación de metales y aleaciones, y la fotografía infrarroja se emplea para regular la calidad de los productos.

Dispositivos infrarrojos como los empleados durante la II Guerra Mundial permiten ver objetos en la oscuridad. Estos instrumentos consisten básicamente en una lámpara que emite un haz de rayos infrarrojos, a veces denominados luz negra, y un telescopio que recibe la radiación reflejada por el objeto y la convierte en una imagen visible.

¿Qué son los rayos láser?

Dispositivo de amplificación de luz por emisión estimulada de radiación. Los láseres son aparatos que amplifican la luz y producen haces de luz coherente; su frecuencia va desde el infrarrojo hasta los rayos X. Un haz de luz es coherente cuando sus ondas, o fotones, se propagan de forma acompasada, o en fase). Esto hace que la luz láser pueda ser extremadamente intensa, muy direccional, y con una gran pureza de color (frecuencia). Los máseres son dispositivos similares para microondas.

Principios de funcionamiento

Los láseres obligan a los átomos a almacenar luz y emitirla en forma coherente. Primero, los electrones de los átomos del láser son bombeados hasta un estado excitado por una fuente de energía. Después, se los 'estimula' mediante fotones externos para que emitan la energía almacenada en forma de fotones, mediante un proceso conocido como emisión estimulada. Los fotones emitidos tienen una frecuencia que depende de los átomos en cuestión y se desplazan en fase con los fotones que los estimulan. Los fotones emitidos chocan a su vez con otros átomos excitados y liberan nuevos fotones. La luz se amplifica a medida que los fotones se desplazan hacia atrás y hacia adelante entre dos espejos paralelos desencadenando nuevas emisiones estimuladas. Al mismo tiempo, la luz láser, intensa, direccional y monocromática, se 'filtra' por uno de los espejos, que es sólo parcialmente reflectante.

La emisión estimulada, el proceso en que se basa el láser, fue descrita por primera vez por Albert Einstein en 1917. En 1958, los físicos estadounidenses Arthur Schawlow y Charles Hard Townes describieron a grandes rasgos los principios de funcionamiento del láser en su solicitud de patente. Obtuvieron la patente, pero posteriormente fue impugnada por el físico e ingeniero estadounidense Gordon Gould. En 1960, el físico estadounidense Theodore Maiman observó el primer proceso láser en un cristal de rubí. Un año más tarde, el físico estadounidense nacido en Irán Alí Javan construyó un láser de helio-neón. En 1966, el físico estadounidense Peter Sorokin construyó un láser de líquido. En 1977, el Tribunal de Patentes de Estados Unidos confirmó una de las reivindicaciones de Gould en relación con los principios de funcionamiento del láser.

Tipos de láser

Según el medio que emplean, los láseres suelen denominarse de estado sólido, de gas, de semiconductores o líquidos.

• Láseres de estado sólido

Los medios más comunes en los láseres de estado sólido son varillas de cristal de rubí o vidrios y cristales con impurezas de neodimio. Los extremos de la varilla se tallan de forma que sus superficies sean paralelas y se recubren con una capa reflectante no metálica. Los láseres de estado sólido proporcionan las emisiones de mayor energía. Normalmente funcionan por pulsos, generando un destello de luz durante un tiempo breve. Se han logrado pulsos de sólo $1,2 \times 10^{-14}$ segundos, útiles para estudiar fenómenos físicos de duración muy corta. El bombeo se realiza mediante luz de tubos de destello de xenón, lámparas de arco o lámparas de vapor metálico. La gama de frecuencias se ha ampliado desde el infrarrojo (IR) hasta el ultravioleta (UV) al multiplicar la frecuencia original del láser con cristales de dihidrogenofosfato de potasio, y se han obtenido longitudes de onda aún más cortas, correspondientes a rayos X, enfocando el haz de un láser sobre blancos de litio.

• Láseres de gas



El medio de un láser de gas puede ser un gas puro, una mezcla de gases o incluso un vapor metálico, y suele estar contenido en un tubo cilíndrico de vidrio o cuarzo. En el exterior de los extremos del tubo se sitúan dos espejos para formar la cavidad del láser. Los láseres de gas son bombeados por luz ultravioleta, haces de electrones, corrientes eléctricas o reacciones químicas. El láser de helio-neón resalta por su elevada estabilidad de frecuencia, pureza de color y mínima dispersión del haz. Los láseres de dióxido de carbono son

muy eficientes, y son los láseres de onda continua (CW, siglas en inglés) más potentes.

- **Láseres de semiconductores**

Los láseres de semiconductores son los más compactos, y suelen estar formados por una unión entre capas de semiconductores con diferentes propiedades de conducción eléctrica. La cavidad del láser se mantiene confinada en la zona de la unión mediante dos límites reflectantes. El arseniuro de galio es el semiconductor más usado. Los láseres de semiconductores se bombean mediante la aplicación directa de corriente eléctrica a la unión, y pueden funcionar en modo CW con una eficiencia superior al 50%. Se ha diseñado un método que permite un uso de la energía aún más eficiente. Implica el montaje vertical de láseres minúsculos, con una densidad superior al millón por centímetro cuadrado. Entre los usos más comunes de los láseres de semiconductores están los reproductores de discos compactos y las impresoras láser.

- **Láseres líquidos**

Los medios más comunes en los láseres líquidos son tintes inorgánicos contenidos en recipientes de vidrio. Se bombean con lámparas de destello intensas cuando operan por pulsos o por un láser de gas cuando funcionan en modo CW. La frecuencia de un láser de colorante sintonizable puede modificarse mediante un prisma situado en la cavidad del láser.

- **Láseres de electrones libres**

En 1977 se desarrollaron por primera vez láseres que emplean para producir radiación haces de electrones, no ligados a átomos, que circulan a lo largo de las líneas de un campo magnético; actualmente están adquiriendo importancia como instrumentos de investigación. Su frecuencia es regulable, como ocurre con los láseres de colorante, y en teoría un pequeño número podría cubrir todo el espectro, desde el infrarrojo hasta los rayos X. Con los láseres de electrones libres debería generarse radiación de muy alta potencia que actualmente resulta demasiado costosa de producir.

Medidas de seguridad

El principal peligro al trabajar con láseres es el daño ocular, ya que el ojo concentra la luz láser igual que cualquier otro tipo de luz. Por eso, el haz del láser no debe incidir sobre los ojos directamente ni por reflexión. Un láser debe ser manejado por personal experto equipado con gafas o anteojos de seguridad.

Láser atómico

En enero de 1997, un equipo de físicos estadounidenses anunció la creación del primer láser compuesto de materia en vez de luz. Del mismo modo que en un láser de luz cada fotón viaja en la misma dirección y con la misma longitud de onda que cualquier otro fotón, en un láser atómico cada átomo se comporta de la misma manera que cualquier otro átomo, formando una onda de materia coherente.

Los científicos confían en las numerosas e importantes aplicaciones potenciales de los láseres atómicos, aunque presenten algunas desventajas prácticas frente a los láseres de luz debido a que los átomos están sujetos a fuerzas gravitatorias e interaccionan unos con otros de forma distinta a como lo hacen los fotones.

Aplicaciones del láser

Los posibles usos del láser son casi ilimitados. El láser se ha convertido en una herramienta valiosa en la industria, la investigación científica, la tecnología militar o el arte.

Industria

Es posible enfocar sobre un punto pequeño un haz de láser potente, con lo que se logra una enorme densidad de energía. Los haces enfocados pueden calentar, fundir o vaporizar materiales de forma precisa. Por ejemplo, los láseres se usan para taladrar diamantes, modelar máquinas herramientas, recortar componentes microelectrónicos, calentar chips semiconductores, cortar patrones de moda, sintetizar nuevos materiales o intentar inducir la fusión nuclear controlada. El potente y breve pulso producido por un láser también hace posibles fotografías de alta velocidad con un tiempo de exposición de algunas billonésimas de segundo. En la construcción de carreteras y edificios se utilizan láseres para alinear las estructuras.

Soldador láser

Los láseres de alta potencia se emplean para soldar piezas grandes de metales duros. Estos láseres pueden producir temperaturas de más de 5.500 °C. (dibujo de arriba es el soldado láser)

Investigación científica

Los láseres se emplean para detectar los movimientos de la corteza terrestre y para efectuar medidas geodésicas. También son los detectores más eficaces de ciertos tipos de contaminación atmosférica. Los láseres se han empleado igualmente para determinar con precisión la distancia entre la Tierra y la Luna y en experimentos de relatividad. Actualmente se desarrollan conmutadores muy rápidos activados por láser para su uso en aceleradores de partículas, y se han diseñado técnicas que emplean haces de láser para atrapar un número reducido de átomos en un vacío con el fin de estudiar sus espectros con una precisión muy elevada. Como la luz del láser es muy direccional y monocromática, resulta fácil detectar cantidades muy pequeñas de luz dispersa o modificaciones en la frecuencia provocadas por materia. Midiendo estos cambios, los científicos han conseguido estudiar las estructuras moleculares. Los láseres han hecho que se pueda determinar la velocidad de la luz con una precisión sin precedentes; también permiten inducir reacciones químicas de forma selectiva y detectar la existencia de trazas de sustancias en una muestra.

Comunicaciones

La luz de un láser puede viajar largas distancias por el espacio exterior con una pequeña reducción de la intensidad de la señal. Debido a su alta frecuencia, la luz láser puede transportar, por ejemplo, 1.000 veces más canales de televisión de lo que transportan las microondas. Por ello, los láseres resultan ideales para las comunicaciones espaciales. Se han desarrollado fibras ópticas de baja pérdida que transmiten luz láser para la comunicación terrestre, en sistemas telefónicos y redes de computadoras. También se han empleado técnicas láser para registrar información con una densidad muy alta. Por ejemplo, la luz láser simplifica el registro de un holograma, a partir del cual puede reconstruirse una imagen tridimensional mediante un rayo láser.

Medicina

Con haces intensos y estrechos de luz láser es posible cortar y cauterizar ciertos tejidos en una fracción de segundo sin dañar al tejido sano circundante. El láser se ha empleado para 'soldar' la retina, perforar el cráneo, reparar lesiones y cauterizar vasos sanguíneos. También se han desarrollado técnicas láser para realizar pruebas de laboratorio en muestras biológicas pequeñas.

El artículo Cirugía con láser muestra las muchas aplicaciones que el láser presenta en el tratamiento de distintas enfermedades, como la limpieza de la luz de las arterias, la disgregación de cálculos renales o la eliminación de cataratas. El texto que se reproduce a continuación muestra algunas de estas aplicaciones.

Fragmento de Cirugía con láser.

(De Michael W. Berns).

Los primeros cirujanos recurrían a ese haz luminoso por el calor intenso que generaba. Esa propiedad sigue explotándose todavía, merced a la especificidad de su efecto destructor y al control preciso que permite tener de su operación. Si la longitud de onda de la luz del láser coincide con la banda de absorción de la zona diana, esta zona absorberá la luz del láser y sufrirá la agresión consiguiente.

Demos un ejemplo. La melanina de la retina es un pigmento de color marrón oscuro que absorbe el haz verde del láser de argón. Ello nos dice que el láser de argón puede destruir regiones específicas de la retina sin dañar otras zonas del ojo, que absorben luz de diferentes longitudes de onda. Mediante este procedimiento se puede tratar eficazmente la retinopatía diabética, una enfermedad degenerativa que causa buena parte de las cegueras adquiridas.

Las manchas rojas de nacimiento absorben también el haz del láser de argón, que será azul o verde a tenor de su longitud de onda. La luz destruye los cientos de vasos sanguíneos que se encuentran debajo mismo de la capa exterior de la piel y le confieren el color característico. Aunque en este caso la cirugía con láser es preferible a la incisión e injerto de la piel, la técnica tiene sus inconvenientes. El calor generado por el haz podría extenderse a otras zonas adyacentes a los vasos sanguíneos anómalos y producir cicatrices o pérdidas de pigmentación.

El evitar esos efectos secundarios constituyó un hito en la cirugía láser. En 1983, R. Rox Anderson y John Parrish, de la Universidad de Harvard, sugirieron que exposiciones cortas, inferiores a una milésima de segundo, a luz intensa destruirían la zona de absorción sin dañar el tejido adyacente. El proceso de absorción de la energía y la subsiguiente disipación del calor requerían, argumentaban, menos tiempo que la transferencia de ese calor a las zonas contiguas. Por tanto, la destrucción selectiva de las zonas diana pigmentadas tendría dos requisitos: absorción de luz preferente y pulsación luminosa suficientemente corta.

Se demostró que esta teoría era cierta. La fototermólisis selectiva, nombre que recibe la técnica, ha permitido mejorar notablemente el tratamiento de las manchas rojas de la piel. También se ha mostrado eficaz para eliminar tatuajes. Se puede evitar la cicatrización emitiendo el haz de láser en pulsos cortos, en vez de emitirlo de forma continua o en pulsos largos, que duran apenas la cuarta parte de un segundo. (Lo ideal sería que admitiesen un uso continuo para propagar los efectos térmicos allende la zona de absorción o un empleo en pulsos cortos para circunscribir la destrucción a la zona diana.)

Ahora bien, en determinadas circunstancias, la propia extensión de las lesiones que produce el calentamiento mayor y más prolongado del tejido puede resultar una ventaja. Pensemos en el cirujano que se propone destruir una zona dañada del hígado sin producir hemorragias importantes; o en el ginecólogo que desea extirpar un tumor cervical maligno en fase inicial y utilizar simultáneamente el calor para obturar los capilares adyacentes que contribuyen al sangrado. En ambos casos, la exposición prolongada al láser de onda continua (a diferencia del láser de pulsos cortos) reduce la hemorragia gracias a que el calor se extiende a los capilares cercanos. Para estas situaciones, podemos recurrir a un láser de CO₂ con una longitud de onda de 10,6 micrometros, ya que es absorbido por el componente dominante en los tejidos: el agua.

Aunque para determinados procedimientos médicos se exigirá un haz continuo, y por tanto con efectos térmicos, el láser de pulsos sirve también para destruir tejido. Mi colaborador J. Stuart Nelson ha demostrado que el láser de erbio-itrinio-aluminio-granate (YAG), con una longitud de onda de 2,9 micrometros y una duración de pulso de 200 microsegundos, elimina con limpieza tejido óseo calcificado. En la parte opuesta del espectro visible se encuentra el láser excímero de cloruro de xenón, que se sitúa en la región ultravioleta del espectro con 0,308 micrometros y una duración de pulso de 10 nanosegundos (un nanosegundo es la millonésima parte del segundo). Este láser puede vaporizar el hueso sin apenas producir lesiones térmicas secundarias.

Aunque estos dos tipos de láser vienen a producir idénticos efectos en los tejidos, operan de manera muy

distinta. La energía del fotón ultravioleta decuplica la del fotón procedente del láser de erbio YAG, energía que se destina probablemente a la ruptura de los enlaces moleculares en el tejido diana a través de un proceso no térmico llamado fotodisociación molecular.

Cuando el tejido y sus células absorben la intensa luz del láser, la energía debe disiparse. Esta pérdida adquiere distintas formas: calor (ya explicado), fotodisociación, ondas de choque, reacciones químicas o fluorescencia. Los médicos utilizan todos estos efectos para manipular o estudiar las células y los tejidos de manera muy precisa y con fines diagnósticos o terapéuticos. Abanico de efectos que facultan para mejor acometer la microcirugía subcelular.

Más aún. Con el acoplamiento del láser con otras técnicas, pensemos en la fibra óptica, se consiguen efectos no térmicos y térmicos en partes del organismo antes inaccesibles. En ese contexto, los cirujanos se sirven de fibras ópticas y sondas para inyectar luz de láser a través de las paredes del tórax y tratar dos alteraciones pulmonares muy graves: el neumotórax espontáneo y el enfisema severo. En el primer caso, la persona sana sufre una rotura o escape en uno de los pulmones. Se puede recurrir al láser para cerrar el escape, tal y como descubrieron mis colaboradores Akio Wakabayashi y Matthew Brenner, de la Universidad de California en Irvine. No se necesita, pues, la intervención quirúrgica tradicional.

El mismo procedimiento viene en nuestro auxilio para tratar el enfisema, que, en distintos grados, afecta a muchos millones de personas. Se aplica un láser de CO₂ canalizado a través de un orificio en la pared torácica a las frágiles ampollas, bullae, que ocupan amplias zonas de los pulmones. El calor del láser encoge las ampollas cerrando los escapes y disminuyendo el riesgo de nuevas roturas.

Tecnología militar

Los sistemas de guiado por láser para misiles, aviones y satélites son muy comunes. La capacidad de los láseres de colorante sintonizables para excitar de forma selectiva un átomo o molécula puede llevar a métodos más eficientes para la separación de isótopos en la fabricación de armas nucleares.

Bibliografía

- Enciclopedia Encarta 2000
- La máquina de hacer tareas, segunda versión
- Icarito

Conclusiones

- Los rayos X son muy utilizables, sobre todo en el campo de la medicina, ya sea para cualquier tipo de uso.
- Así como los rayos X nos ayudan a facilitar sobre algo también nos puede afectar.
- Estos tres tipos de rayos (X, infrarrojos y láser), son muy utilizados en la actualidad, ya que nos permiten realizar muchos trabajos y muchas investigaciones.
- Los rayos láseres al igual que los rayos X, también tienen aplicaciones en la medicina, como por ejemplo para una persona que tiene cálculos renales o a la vesícula, en vez de hacer la operación se le puede hacer una intervención mediante estos rayos. Resulta más rápido y no deja rastros, como también sirve para borrarse un tatuaje.
- Como conclusión final se puede decir que estos descubrimientos de los tres tipos de rayos ya mencionados, han sido una verdadera ayuda para todos y también ha sido de mucha importancia, para descubrir cosas o para saber algo más de ellas.