

MAIS CIÊNCIA

LASER¹

Cezar Cavanha Babichak

Introdução

Muitos de nós já ouvimos falar algo sobre o laser. Nos desenhos animados vemos a toda hora pistolas de laser; nos shows musicais vemos efeitos visuais feitos com o laser. Sabemos, também, de cirurgias onde se tenha utilizado o laser. Mas o que é, afinal, o laser? O que torna essa "luz mágica" em algo tão especial?

É sobre isso que falaremos neste texto. Mas antes de qualquer tentativa de explicar o que vem a ser o laser, temos de saber algumas coisas muito importantes sobre luz.

Mas o que é a luz?

Todos nós convivemos diariamente com a luz, mas talvez nunca tenhamos parado para pensar o que realmente ela venha ser. O que sabemos é que se entrarmos em um quarto totalmente escuro, nada conseguiremos ver lá dentro. Então, se acendermos a luz do quarto, poderemos enxergar melhor. Ou seja, aconteceu algo que nos deu o poder de sabermos onde e como as coisas estão. Sabemos que a nossa cama está lá onde sempre esteve, que o nosso guarda roupas foi deixado aberto de novo, que as roupas de dormir foram todas largadas pelo chão... Bom, nem tudo isso nos interessa agora. Voltemos à iluminação no quarto. Nós conseguiremos, ao acender a lâmpada, perceber as coisas que estão a uma certa distância dos nossos olhos. Há, portanto, uma espécie de "comunicação" entre nós (nossos olhos) e os objetos. A esse algo que nos permite fazer essa comunicação chamamos de luz. Mas isso não é tudo o que podemos dizer sobre a luz. Temos, ainda, de explicar outras coisas, entre as quais o porquê de vermos as cores. Ou seja, o que permite, nessa comunicação, que interpretemos alguns sinais como sendo diferentes de outros (por exemplo, vemos a cor azul diferente do amarelo).

Para isso, devemos saber algo mais sobre o que já foi estudado sobre luz: para explicar alguns fenômenos luminosos, os cientistas do passado propuseram que a luz se comportava como se fosse uma onda propagando pelo espaço. Um exemplo mais conhecido do comportamento ondulatório é o efeito de uma pedra jogada em uma piscina, fazendo círculos na água que vão se expandindo. Então, se colocarmos uma rolha boiando na água a uma certa distância do lugar onde a pedra caiu, os círculos passarão pela rolha e ela fará movimentos repetidos de subida e descida, mostrando que houve uma "comunicação" entre o ponto onde a pedra caiu e a rolha.

Esse movimento ondulatório possui algumas características, de onde podemos definir alguns parâmetros que têm muita importância para o estudo da luz. Esses parâmetros são a frequência (f), o período (T) e o comprimento de onda (λ).

Para entendermos melhor o que significa cada um dos parâmetros acima voltemos ao exemplo da rolha na piscina. Se contarmos o número de vezes que a rolha subiu ou desceu em um determinado intervalo de tempo, teremos a frequência. Por exemplo, se contarmos que ela fez três vezes o movimento de subida e descida em um segundo, teremos a frequência de 3 oscilações por segundo, ou como é mais comum se dizer, teremos a frequência de 3 Hertz ($f = 3 \text{ Hz}$). Para sabermos qual é o período do movimento ondulatório devemos contar o tempo que a rolha leva para fazer uma subida e uma descida. Assim, se você contar que a rolha levou 2 segundos para subir e descer, teremos o período do movimento igual a 2 segundos ($T = 2 \text{ s}$). O outro parâmetro, o comprimento de onda, é o espaço - retomando o caso das ondas na piscina descrita acima - entre dois círculos consecutivos. Deste modo, se você medir que entre dois círculos consecutivos há quatro centímetros, teremos o comprimento de onda de 4 centímetros ($\lambda = 4 \text{ cm}$).

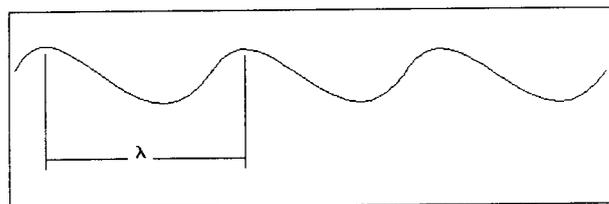


fig 1. Denota o comprimento de onda (λ) numa determinada oscilação.

Após estar sabendo de tudo isso você talvez esteja perguntando o que a luz tem a ver com a rolha ou com a piscina. Pois bem, a luz também possui um comportamento ondulatório. Porém, o que oscila não é uma rolha, mas sim o chamado "campo eletromagnético". Não aprofundaremos no que possa vir a ser esse campo. O importante, neste momento, é o fato de que a luz pode ser entendida como um fenômeno de propagação com comportamento ondulatório.

Desta forma, já podemos dizer o que diferencia uma cor da outra. É a frequência de oscilação da onda eletromagnética. Ou seja, nossos olhos reagem diferentemente para cada frequência de onda

eletromagnética que chega até ele, de tal forma que interpretamos as cores como sendo essas diferentes freqüências. Porém, nem todas freqüências de radiação eletromagnética podem ser percebidas pelo olho humano. A chamada luz visível abrange apenas uma pequena porção das freqüências que sabemos poder existir (entre 4.3×10^{14} Hz e 5.7×10^{14} Hz). Outras regiões de radiação que conhecemos (não visíveis ao olho humano) são as ondas de rádio, as microondas, o infravermelho, o ultravioleta, os raios-x e os raios gama.

Brevíssima introdução histórica

A palavra LASER é uma sigla, que significa “Light amplification by stimulated emission of radiation”, ou melhor, “Amplificação de luz por emissão estimulada de radiação”.

Foi Albert Einstein que, em 1917, estudando a interação entre a radiação eletromagnética e a matéria, introduziu alguns conceitos que vieram a ser utilizados para se fabricar o laser.

Ele afirmou que naquela interação (entre matéria e radiação eletromagnética) havia um processo no qual um átomo excitado poderia ser induzido a emitir radiação (o chamado processo de “emissão estimulada”). Dois processos de interação entre radiação eletromagnética e matéria se tornaram conhecidos, desde então: o processo de emissão espontânea e o processo de emissão estimulada.

Desta forma, em 1954, através do aprofundamento dos estudos dos processos estimulados de emissão de radiação, foi possível construir o primeiro MASER (amplificador de microondas). Após vários anos de estudos, em 1960, conseguiu-se fabricar, nos laboratórios de Pesquisa Hughes, o primeiro laser, feito de cristal de rubi sintético. Poucos meses depois, os Laboratórios da Bell Telephone desenvolveram o laser de He-Ne (Hélio-Neônio). A partir daí, numerosos tipos de laser têm sido desenvolvidos para os mais diversos fins e aplicações.

O processo de emissão estimulada

Sabemos que a matéria é constituída de moléculas, e esta, por sua vez, é constituída de átomos. Ou seja, se pegarmos qualquer porção de um determinado material e formos dividindo-o em partes cada vez menores, chegará o momento em que não será mais possível dividir a matéria em partes iguais. Nesse instante teremos à mão a molécula (logicamente isso não é possível pois a molécula tem dimensões extremamente pequenas, impossibilitando-nos manipulá-la).

O átomo é constituído de duas partes: o núcleo e o(s) elétron(s). Para alguns efeitos pode-se considerar que esses últimos (os elétrons) giram em torno do núcleo, em suas órbitas, da mesma forma que os planetas fazem em torno do sol. Porém há uma diferença entre os átomos e o sistema solar: os

elétrons podem, sob algumas circunstâncias, sair de sua órbita e ir para uma outra. Por exemplo, para o elétron sair de uma órbita mais próxima do núcleo e ir para outra mais afastada devemos fornecer uma determinada energia a este átomo (quando isso ocorre, dizemos que o átomo está em seu estado excitado). Da forma contrária, o elétron pode voltar à sua órbita inicial, perdendo a energia que havia ganho inicialmente. Sempre que isso ocorre, a energia é liberada em forma de uma onda eletromagnética, ou seja, o átomo emite luz. A freqüência desta onda luminosa depende da quantidade de energia liberada pelo átomo.

Foi daí que surgiram as novas idéias de Einstein. De acordo com suas teorias, existiam dois processos pelos quais a emissão de luz poderiam ser feitos: o espontâneo e o estimulado.

No processo espontâneo os átomos (ou as moléculas) eram excitados e desexcitados de forma desordenada, emitindo sua radiação.

No processo estimulado, os átomos (ou as moléculas) eram previamente excitados e, na presença de outra onda luminosa com uma freqüência bem determinada, eram desexcitados, emitindo uma onda na mesma freqüência da primeira. Desta forma haveria uma ampliação da radiação inicial.

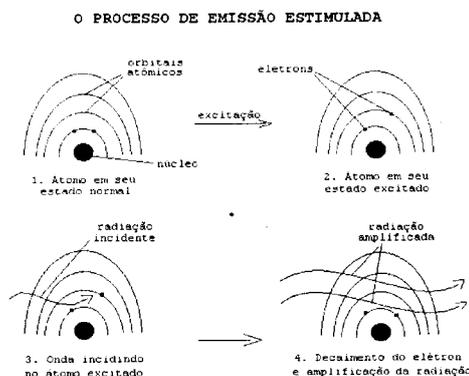


fig 2. Esquema simplificado do processo de emissão estimulada.

Componentes do laser

Um laser é composto, basicamente, de dois espelhos, um meio amplificador e uma fonte de energia.

A fonte fornece constantemente energia ao meio amplificador de tal forma que os átomos (ou moléculas) fiquem em seu estado excitado. Então a onda lá gerada será amplificada.

Um dos espelhos é semirefletor, de tal forma que parte da luz bata no espelho e retorne ao meio amplificador e outra parte saia do aparelho, para compor o feixe de saída do laser.

Além desses componentes há outros que compõem a parte periférica do laser. Existem componentes ópticos (lentes, espelhos,...) que alinham o feixe

de luz na saída do aparelho. Isso faz com que se obtenha feixes finíssimos de luz que, por esta característica, têm muitas utilidades.

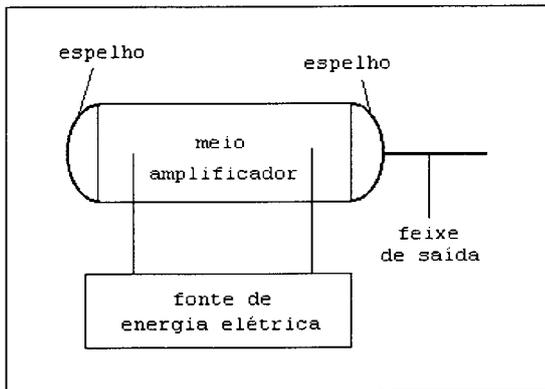


fig 3. Esquema simplificado dos componentes do laser.

Tipos de laser

Eles podem ser classificados por dois modos diferentes (de acordo com a forma com que se excita os átomos ou moléculas do meio amplificador ou de acordo com o tipo de meio amplificador que possuem):

- a) de acordo com a forma com que se excita os átomos ou moléculas do meio amplificador. As formas mais usadas são:
 - excitação óptica, onde a energia é fornecida ao amplificador por uma outra fonte de luz;
 - excitação eletrônica, onde se dá uma descarga elétrica no meio amplificador;

- excitação por colisão entre átomos do meio amplificador. É o caso do laser de He-Ne.
- b) de acordo com meio amplificador que possuem - em termos gerais, são divididos em lasers sólidos ou de fluidos (gasosos ou líquidos). Em cada uma dessas categorias, há uma grande variedade de lasers.

Os lasers sólidos são constituídos de quartzo, vidro ou outros materiais cristalinos e, em geral, são dopados (contaminados) com impurezas (átomos de metais do grupo das terras raras). Com isso obtém-se uma emissão de radiação muito mais intensa. Um exemplo desse tipo de laser é o de ítrio-alumínio (YAG), dopado com neodímio (Nd).

Uma outra espécie de laser sólido é o de semiconductor (um exemplo desses lasers é o das "canetas ponteiros"). Os materiais mais usados em sua composição são sais metálicos - principalmente os de gálio (Ga), índio (In) e alumínio (Al). Como exemplo, temos o de arseneto de gálio-índio (InGaAs) e o de arseno-fosfeto de gálio (GaAsP). As principais vantagens em utilizá-los são seus tamanhos e consumos reduzidos.

Os lasers líquidos usam moléculas orgânicas capazes de emissão excitada por descargas luminosas. Têm tido grande aplicação na área de biomédicas.

Os lasers gasosos possuem uma grande diversidade. Incluem lasers de gases simples (como o argônio - Ar) passando por misturas gasosas, até composições mais complexas como vapores metálicos.

O gás é mantido dentro de ampolas, em condições adequadas de temperatura e pressão. Em alguns lasers mais complexos, o gás é circulado por esfriamento.

tipos de laser	meio amplificador	Potência luminosa	eficiência	exemplos
sólido	vidro ou cristal dopados com íons (cromo, neodímio)	< 0.1 W a > 1 GW (gigawatt)	até 10 %	neodímio, Nd:YAG
gasoso	gás atômico	0.1 a 1.0 W	0.1 a 1 %	He-Ne
	gás molecular	1 W a 100 KW	10 a 30 %	CO ₂
	gás ionizado	20 W a > 1 KW	0.1 %	neônio, argônio
líquido	Corante em solução	> 1 KW	0.1 a 10%	Rodamina
semicondutor	Diodos	1 a 10 W	até 10 %	(AlGa)As, GaAs

tabela 1. Principais classes de laser e algumas de suas características.

Os exemplos mais comuns são os de hélio-neônio (He-Ne) e os de gás carbônico (CO₂). Este último, juntamente com alguns tipos de lasers sólidos, são os mais potentes que se encontram hoje em dia.

Características e aplicações do laser

O laser se caracteriza, principalmente, por ser um feixe de luz muito intenso e estreito. Além disso, ele possui outras características que interessam principalmente aos físicos e químicos. Entre elas estão as coerências espacial e temporal, que fazem com que o laser seja uma fonte de energia muito precisa e controlada, empregado em medições de dados e auxiliar em processos químicos de determinação da estrutura, isolamento e purificação de substâncias.

Por estas características, o laser pode ser utilizado de diversos modos em diferentes áreas de atuação do homem. Vejamos alguns deles.

Em processos industriais, pode ser utilizado como dispositivo para aplicar fluxos extremamente altos e concentrados de energia. É muito útil por se poder manuseá-lo muito rapidamente, substituindo maçaricos, arcos elétricos, etc. As funções mais específicas freqüentemente empregadas ao laser são de perfuração, corte, soldagem, tratamento térmico e marcação de peças.

Na medicina é muito utilizado em substituição do bisturi comum. O laser pode ser utilizado como material cortante, tendo a vantagem de ser um agente cauterizador nas cirurgias. É bastante utilizado em oftalmologia para a destruição de hematomas de fundo de olho e correção de problemas de visão. Pode também ser empregado para destruir cálculos renais (pedras nos rins). Há, ainda, estudos que testam o uso do laser no tratamento de tumores malignos, acreditando-se que o laser consiga destruir as células cancerígenas.

Em comunicação, é bastante utilizado como armazenador e transmissor de informações. Como exemplo da utilização do laser como armazenador de informações, conhecemos os atuais "compact disks" (CD's), que são gravados com a utilização do laser. Como transmissor de informações, o laser é empregado em conjunto com as fibras ópticas, substituindo os fios de cobre. Podem ser utilizados tanto em sistemas de telefonia como em sistemas de computadores. Pode, ainda, ser utilizado em impressoras, aumentando a qualidade de impressão em papéis, em holografias, que consiste em reproduzir tridimensionalmente a imagem de um objeto fotografado, em miras para armas de fogo e em shows, fazendo efeitos especiais de iluminação.

Nota

1. Trabalho escrito como parte das atividades de Iniciação Científica realizada na Faculdade de Educação da UNICAMP entre setembro de 1993 e julho de 1994, sob orientação da Profa. Dra. Maria José P. M. de Almeida.

Bibliografia

- CALDAS, Maria das Graças C. - **Laser: Perspectivas tecnológicas e de mercado**. São Paulo, SP: PROMOCET, 1986.
- FOWLES, Grant R. - **Introduction to Modern Optics**. Utah: Holt, Rinehart & Winston INC., 1968.
- NOSSBAUM, Allen e Phillips, Richard A. - **Contemporary Optics for Scientists and Engineers**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall INC., 1976.

Cezar Cavanha Babichak é mestrando no Instituto de Física/Faculdade de Educação da USP, membro do Grupo de Estudo e Pesquisa em Ciência e Ensino - gepCE.