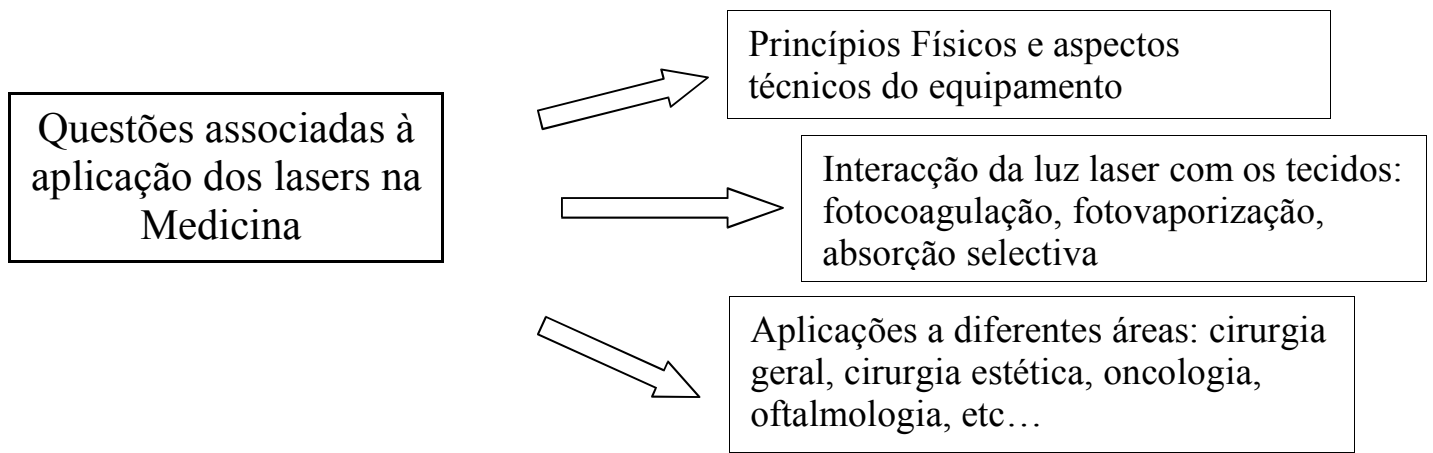
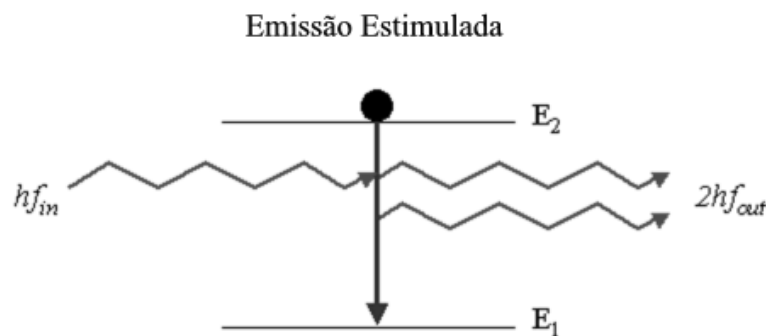


APLICAÇÃO DE LASERS NA MEDICINA



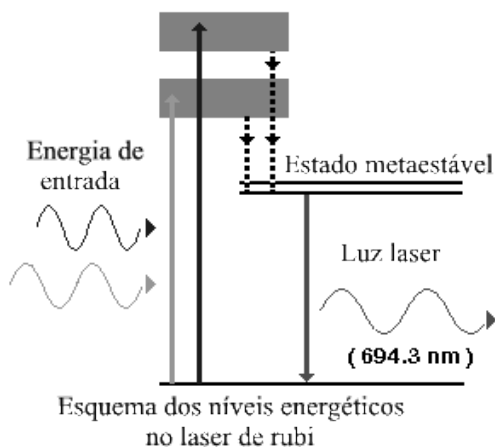
PRINCÍPIOS FÍSICOS DO FUNCIONAMENTO DE UM LASER

- Como é sabido, a luz visível tem frequência na gama dos 10^{15} Hz, sendo o seu c.d.o. entre 400 nm (azul - 420 nm) e 700 nm (vermelho - 630 nm).
- Geralmente a luz visível não tem energia suficiente para quebrar as ligações químicas, de forma que provoca, essencialmente, aumento de temperatura.
- O funcionamento dos lasers deve-se, fundamentalmente, à emissão estimulada, representada na seguinte ilustração:



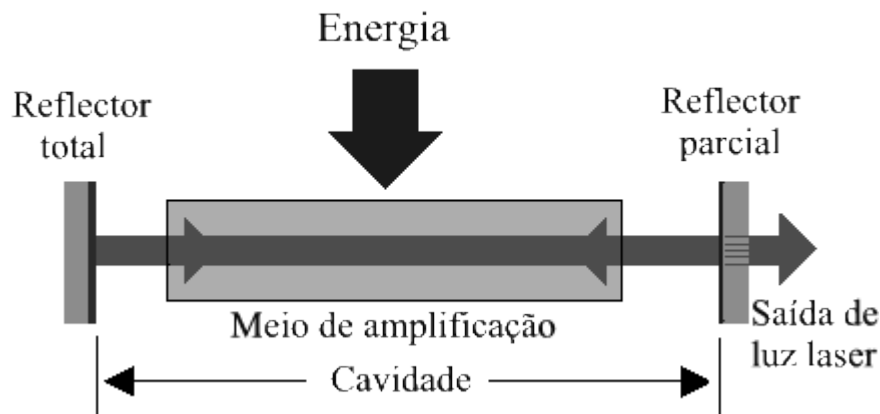
Adapt. de: http://www.jyi.org/volumes/volume3/issue3/images/peterson_laser2.gif

- Para que a emissão estimulada seja efectiva é necessário existir inversão de população e para tanto a essencial a existência de um estado metaestável.



Adapt. de: <http://www.acs.ryerson.ca/~kantorek/ELE884/Lasers.htm>

- Por fim, um último requisito é a existência de uma cavidade de ressonância que amplifique a radiação.



Adapt. de: <http://www.acs.ryerson.ca/~kantorek/ELE884/laser.gif>

- Os modos de excitação podem ser diversos, destacando-se os seguintes: descarga eléctrica, utilização de outros lasers ou de *flashes* de luz branca.

INTERACÇÃO DA LUZ COM OS TECIDOS

- O mecanismo mais importante de absorção da luz pelos tecidos é, como já se referiu, a transformação de energia luminosa em energia térmica.
- Do ponto de vista de aplicações a densidade de potência de um feixe de luz é das grandezas mais importantes, sendo definida como a razão da potência do feixe por unidade de área:

$$I = \frac{P}{A}$$

- Analogamente ao que foi exposto para outras áreas, também neste contexto se define fluência como o produto da densidade de potência pelo tempo de exposição:

$$F = IT_E$$

- Assim, para um dado feixe, a fluência pode ser aumentada ou aumentando o tempo de exposição ou focalizando o feixe.
- Assim, a deposição de calor num tecido pode ser rápida ou lenta. Quando a deposição é feita lentamente as proteínas desnaturam e dá-se o fenómeno de fotocoagulação.
- Consequências da fotocoagulação, por exemplo, na carne vermelha:
 1. Mudança de cor, tornando-se castanho acinzentada (desnaturação da hemoglobina e da mioglobina).
 2. Facilidade a *rasgar* a carne (desnaturação do colagénio - proteínas de estrutura).

3. Diminuição do volume (evaporação da água).

- A fotocoagulação, em medicina, é essencialmente utilizada para destruir tumores, em tratamento da retina nos diabéticos e como forma de evitar hemorragias - os vasos sanguíneos dos tecidos fotocoagulados ficam *selados*, evitando-se a perda de sangue.
- Se a deposição de calor for feita de um modo demasiadamente lento, os efeitos espalham-se pelos tecidos, podendo ter efeitos indesejáveis. Assim, há que atingir um equilíbrio entre o tempo de exposição e a densidade de potência do feixe:

Chama-se tempo de relaxação térmico, T_R , ao tempo necessário para que o calor depositado numa determinada região seja conduzido para fora dessa região, de forma a que a temperatura aumentada no tecido exposto diminua para metade.

Assim, para que o efeito da aplicação do laser seja efectivo, é necessário que se cumpra a relação:

$$T_E \ll T_R$$

- Assim, fica determinado, que só radiação cuja densidade de potência esteja entre 10 W/cm^2 e 100 W/cm^2 resulta em fotocoagulação útil.
- Um outro mecanismo de interacção da luz com os tecidos é a fotovaporização. Neste efeito (típico para lasers cuja densidade de potência seja superior a 100 W/cm^2) o ponto de ebulição da água é rapidamente atingido e os tecidos são cortados.
- Assim, lasers com esta densidade de potência são utilizados em cirurgia para realizar incisões ou para proceder à remoção de tecidos.
- Chame-se a atenção para o facto de os tecidos adjacentes sofrerem fotocoagulação, o que facilita a cicatrização.
- Existe ainda a possibilidade de os tecidos sofrerem fotoablação que ocorre a densidades de potência ainda mais elevadas (geralmente na gama dos ultravioletas) que estão associadas à quebra de ligações químicas selectivas, sem que haja aumento da temperatura local. Sendo uma outra forma de corte de tecidos.
- Um último mecanismo de interacção da luz com os tecidos cujos efeitos utilizados em Medicina irão ser discutidos é o de **absorção selectiva**. Como se sabe, algumas substâncias absorvem especificamente num dado c.d.o.. Podendo essa especificidade ser utilizada em diferentes cenários.
- Antes de mais, relembremo-nos que o espectro de **absorção das moléculas** é muito **mais complexo** do que o dos átomos, aparecendo como contínuos.
- Os tecidos moles são constituídos por 70% de água (que absorve na gama do ultravioleta e do infravermelho) e os restantes 30% por moléculas biológicas que absorvem em várias frequências (IV, visível e UV).
- Embora as proteínas absorvam, preferencialmente, no UV, há excepções como a hemoglobina, por exemplo, que absorve na gama entre, aproximadamente, 510 nm e 600 nm. Ainda que a oxihemoglobina e a deoxihemoglobina absorvam em c.d.o. diferentes (daí associar-se a uma e a outra diferentes cores).

- Assim, dependendo do c.d.o. da luz emitida, assim a aplicação dada aos diversos lasers: o laser de Nd:YAG (emite no IV – 1064 nm) é utilizado em fotovaporização (embora não seja absorvido nem pela água, nem pelo sangue, nem pelos tecidos moles, no geral, tem uma grande potência...)
- O laser de dióxido de carbono (emite no IV – 10600 nm) é absorvido pela água, o que permite a sua utilização em situações em que não haja pigmentos.
- O laser de Er:YAG (emite no c.d.o. de 1540 nm) poderia ter aplicações semelhantes ao do dióxido de carbono, com a vantagem de poder ser focalizado em áreas muito pequenas e, portanto, é utilizado em odontologia e nos ossos.
- Os lasers de árgon são selectivamente absorvidos pela hemoglobina, sendo, por isso utilizados em cirurgia. Além disso, existem lasers, como o de kripton vermelho e o de árgon que são absorvidos selectivamente em diferentes regiões da retina, o que pode ser utilizado para diferentes acções sobre esta estrutura.

APLICAÇÕES A VÁRIAS ÁREAS MÉDICAS

Lasers em dermatologia

- Os lasers podem ter várias aplicações em dermatologia, em seguida, fornecer-se-ão alguns exemplos:
 1. Remoção de cancros da pele. Uso do laser de dióxido de carbono para a remoção dos tecidos.
 2. Cirurgia estética. Uso do mesmo laser para retirar camadas de pele muito finas (tecidos expostos ao sol, por exemplo).
 3. Cosmética – remoção de pêlos. Uso do laser Er:YAG.
 4. Cosmética – remoção de manchas pigmentadas. Uso de lasers de corantes no c.d.o. referente ao amarelo, por exemplo, para destruir os vasos sanguíneos responsáveis pelas manchas tipo vinho do porto. Uso do laser de Nd:YAG e de rubi para remoção de tatuagens (quando a cor destas coincide com a da hemoglobina o tratamento é mais difícil...).

Lasers na cirurgia oftalmológica

- A cirurgia laser em oftalmologia é muito popular, graças ao facto de ser possível cortar tecido do olho de uma forma não invasiva para os restantes tecidos.
- Nas aplicações laser em oftalmologia, contam-se:
 1. No tratamento do glaucoma (aumento excessivo da pressão ocular). São realizados pequenos orifícios para facilitar a drenagem do humor aquoso. Uso de laser de árgon.
 2. No tratamento de diversas lesões ao nível da retina. Os lasers na gama do visível são utilizados para fotocoagulação dos tecidos, evitando o crescimento dessas lesões.

3. Em situações de retinopatia diabética. É utilizado o laser de argon para realizar pequenas queimaduras nas regiões à volta dos vasos sanguíneos, prevenindo a formação de novos vasos, responsáveis pela perda da visão.
4. Nas cataratas. Geralmente, quando ocorrem cataratas (opacidade da lente) a lente é destruída através de ultrassons e colocada uma nova lente de material plástico. Porém, em alguns casos as cataratas desenvolvem-se novamente e, nessa altura, podem ser removidas através da aplicação laser.
5. Correção da miopia. Uso de lasers de excímeros para realizar cortes que permitem corrigir o raio de curvatura da córnea.

Outras aplicações dos Lasers

- Em odontologia, os lasers podem também ser utilizados de uma forma similar a outras situações de cirurgia: remoção de tumores ou outras lesões, remoção de tecidos em excesso, e está a estudar-se a possibilidade de remoção da placa.
- Em oncologia, utiliza-se uma técnica à qual se dá o nome de terapia fotodinâmica.
- Nesta técnica, às células cancerosas são ligadas substâncias fotosensíveis, destruindo as células às quais estão ligadas quando são iluminadas pela luz com o c.d.o. adequado.