

justificar, clara e sucintamente, todas as respostas

- Imagine que foi contratado/a para construir um Laser.
 - Faça um esquema com os três elementos essenciais para conseguir ação Laser. Explique com detalhe, o papel de cada um desses elementos no funcionamento do sistema.
 - Depois de construído o Laser, a única forma que tem de verificar se foi bem-sucedido, é caracterizar a radiação emitida pelo dispositivo. Descreva as três propriedades distintivas da radiação Laser.
 - Explique de que forma essas propriedades resultam da construção descrita na alínea a).
- O que se entende por janela terapêutica no contexto de aplicações biofotónicas? Adicionalmente, descreva as propriedades ópticas dos tecidos biológicos mais importantes em LOB dentro dessa janela.
- Luz laser de um sistema Nd:YAG ($1.064\ \mu\text{m}$), em emissão CW, é guiada até à ponta de uma fibra óptica (difusora) que penetra uma amostra de tecido de fígado num procedimento LITT. No comprimento de onda do laser, a propagação da luz é caracterizada por albedo $a \sim 0.993$, o coeficiente de absorção é de $1\ \text{cm}^{-1}$, e o parâmetro $g \approx 0.996$.
 - Entre o modelo conhecido como “Aproximação de Difusão” e “Difusão de 1a ordem”, qual o mais adequado na descrição da propagação da radiação no cenário descrito?
 - Estime o volume de tecido irradiado a partir da ponta da fibra óptica, justificando clara e sucintamente qualquer aproximação considerada.
- Pretende-se escolher um laser para aplicar em processos de cirurgia baseados em fotodisrupção. Considere os limiares de densidade de potência necessários à ocorrência deste processo na córnea, na tabela 1. Considere também que tem à sua disposição os lasers descritos na tabela 2, bem como um conjunto de lentes de 200mm, 100mm e 50 mm de distância focal.

Tabela 1

<i>pulse duration</i>	100ps	10ns
<i>Onset of photodisruption Power density (W/cm²)</i>	5×10^{11}	2.3×10^{10}

Tabela 2

	$\lambda(\text{nm})$	$\tau(\text{ns})$	$P_{\text{média}}$	taxa repetição	M^2	diâmetro feixe
Laser 1: Nd:YAG ModeLock	1060	10	10 W	1 kHz	6	4 mm
Laser 2: Nd:YAG Fiber Laser	1064	0.1	1 W	100 Hz	1.3	2 mm

- Dimensione um sistema com uso em fotodisrupção usando um dos lasers. Justifique as suas opções com os cálculos adequados.
- Considerando o comprimento de onda do laser, e as características de absorção da córnea nesta região espectral, com o laser a operar em regime de fotodisrupção, explique se há ou não risco de exposição da retina.

- fim -

formulário

propriedades físicas da água

$n = 1.330$, $\rho_{40^\circ C} \sim 0.992 \text{ g/cm}^3$, $\eta_{20^\circ C} = 0.001 \text{ Pa.s}$

a 1atm	0°C	25°C	37°C		37°C	100°C
c [J/(g.K)]	4.2176	4.1814	4.1785	$\lambda_{100^\circ C}^{vap}$, [kJ/(mol)]	43.5	40.657

propriedades físicas de tecidos biológicos @ 37 °C

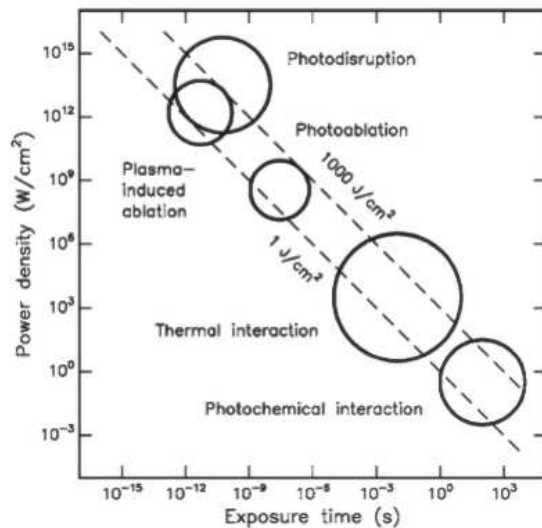
calor específico $c \approx \left(1,55 + 2,8 \frac{\rho_w}{\rho}\right) (\text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1})$

condutividade térmica $k \approx \left(0,06 + 0,57 \frac{\rho_w}{\rho}\right) (\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1})$

constante de difusão térmica $k \approx \frac{k}{\rho c} (\text{m}^2 \text{s}^{-1})$, $k = 1.4 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

interacção laser-tecido

Arrhenius $\ln c(t) - \ln c_0 = -A \int_0^t e^{-\frac{\Delta E}{RT(t')}} dt' \equiv -\Omega \quad A \simeq \frac{KT}{h} e^{\frac{\Delta S}{R}}$



formação de imagem

$$\frac{n_1}{s_o} + \frac{n_2}{s_i} = \frac{n_2 - n_1}{R} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} \quad f/\# = \frac{f}{D} \quad r_{Airy} = 1.22 \lambda \times \left(\frac{f}{D}\right)$$

eqs. Fresnel

$$(s \equiv \perp) \quad r_{\perp} = \frac{n_1 \cos \theta_1 - n_2 \cos \theta_2}{n_1 \cos \theta_1 + n_2 \cos \theta_2} \quad t_{\perp} = \frac{2n_1 \cos \theta_1}{n_1 \cos \theta_1 + n_2 \cos \theta_2}$$

$$(p \equiv \parallel) \quad r_{\parallel} = \frac{n_2 \cos \theta_1 - n_1 \cos \theta_2}{n_1 \cos \theta_2 + n_2 \cos \theta_1} \quad t_{\parallel} = \frac{2n_1 \cos \theta_1}{n_1 \cos \theta_2 + n_2 \cos \theta_1}$$

fluxo de energia $I_0 = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_0^2$ feixe gaussiano $I(r) = I_0 \exp\left(-\frac{2r^2}{w_0^2}\right)$ $I(r) = I_0 \exp\left(-\frac{2r^2}{w_0^2}\right) \exp\left(-\frac{8t^2}{\tau^2}\right)$

feixe quasi gaussiano focado $I_0 = \frac{4}{\pi} \frac{\epsilon_L}{\tau_L} \left(\frac{D}{f\lambda} \frac{1}{M^2}\right)^2$ feixe "top-hat" $I(r) = \frac{1}{1 + \left|\frac{r}{w}\right|^M}$ ($M \gg 2$)

transporte

Henyey-Greenstein $p(\theta) = \frac{1}{4\pi} \left[\beta + (1 - \beta) \frac{1 - g^2}{(1 + g^2 - 2g \cos \theta)^{3/2}} \right]$

coef. reduzido de extinção: $\alpha'_t = \alpha + (1 - g) \alpha_s$ coef. de extinção efectivo: $\alpha_{eff} = \sqrt{3\alpha \alpha'_t}$