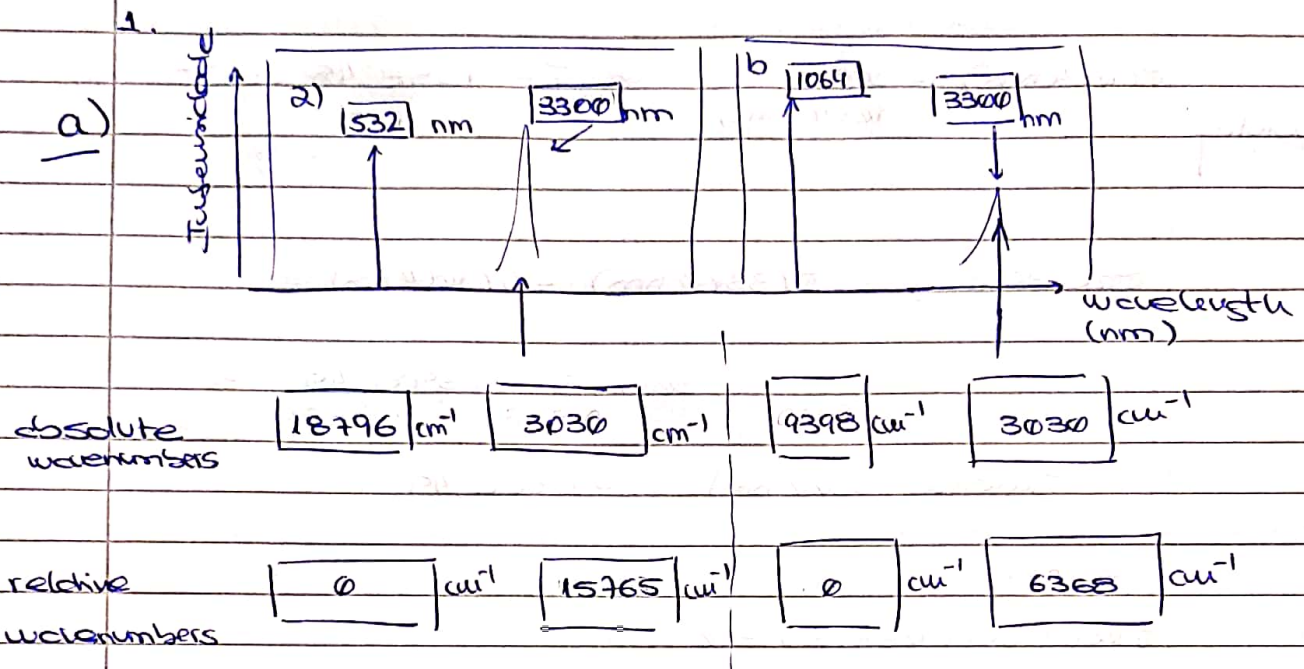


## Exame

Unidade curricular: Lasers e Ótica Biomédica

Luís Alves Cordeiro



$\omega \rightarrow$  frequência fundamental

$2\omega \rightarrow$  segundo harmônico

Nota: YAG (1064 nm e 532 nm)

$$\text{wavenumber} \quad \sigma(\text{cm}^{-1}) = \frac{10^7}{\lambda(\text{nm})}$$

Absolute

$$\sigma(532) = \frac{10^7}{532(\text{nm})} \Rightarrow \sigma = 18796,9 \text{ cm}^{-1}$$

$$\sigma = \frac{10^7}{3300(\text{nm})} \Rightarrow \sigma = 3030,3 \text{ cm}^{-1}$$

Relativo  $\sigma(532\text{nm}) \leftarrow$  em relação ao comprimento de onda de excitação.

$$\sigma_{\text{relativo}}(532\text{nm}) = 0 \text{ cm}^{-1}$$

$$\sigma(3300 \text{ nm}) - \sigma(532 \text{ nm}) = 3030,3 - 18796,9 \quad \text{e}$$

$$\sigma_{\text{relativo}} = -15765$$

Absoluto

$$\sigma(1064 \text{ nm}) = \frac{10^3}{1064 \text{ (nm)}} \quad \text{e} \quad \sigma = 9398,49 \text{ cm}^{-1}$$

$$\sigma_{\text{relativo}} ; \quad \sigma(3300 \text{ nm}) - \sigma(1064 \text{ nm}) =$$

$$= 3030,3 - 9398,49 \quad \text{e}$$

$$\sigma_{\text{relativo}} (3300 \text{ nm}) = -6368,49$$

$$\sigma_{\text{relativo}} (1064 \text{ nm}) = 0 \text{ cm}^{-1}$$

b) Uma das vantagens é que nesta gama, não ocorre interferências devido à autofluorescência dos moléculas, assim com o caso fotoquímico dos mesmos.

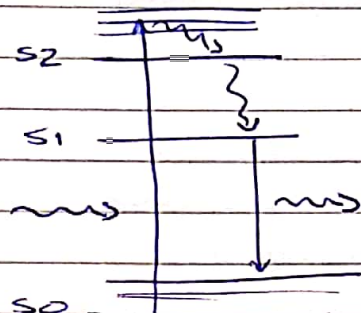
Uma desvantagem é que, utilizando os 1064 nm, o sinal de Raman pode não ser suficientemente intenso, visto que a intensidade do sinal é tanto maior quanto menor for o comprimento de onda da radiação. ~~Porém, esta desvantagem possui uma dependência de  $\lambda^4$ , sendo  $\lambda$  o comprimento de onda de excitação (Raman  $\sigma_{\text{relativo}}$ ) de excitação de Raman de excitação.~~

c) Para substância com espectro de absorção na região do infravermelho (camadas biológicas), os números de onda encontram-se na região dos  $3000 \text{ cm}^{-1}$ , e a absorção é relativamente fraca, predominando o scatter. (us. 11, 12). Assim a radiação penetra nos tecidos com menor perda e assim é possível analisar vibrações moleculares em profundidade.



2.

a. A fluorescência é um tipo de fenômeno de emissão de luz de uma substância que ocorre quando a mesma relaxa para um estado inferior do estado excitado pela forma de emissão de fótons.



Para o fenômeno ocorrer, uma fonte de excitação incide numa molécula e causa a absorção da energia do fóton (fonte), a molécula passa para um determinado estado excitado (devido à absorção do fóton).

~~Depois de ocorrer, ocorre a relaxação vibracional da molécula e ela~~ Depois de ocorrer a relaxação vibracional da molécula, ocorrem também relaxações internas (para um estado de energia mais baixo). As transições ocorrem entre estados singletos.

Por fim, ocorre a emissão de um fóton quando a molécula relaxa para o estado fundamental, dando-se então a fluorescência.

b.

Tempo de vida → Tempo que uma molécula sobrevive no estado excitado. A intensidade da fluorescência após excitação pode ser descrita em função de  $I$ ,  $I(t) = I_0 e^{-(t/\tau)}$

Quantum Yield → Relaciona a razão do número de fótons emitidos com o número de fótons absorvidos. É necessário para prever quantos decaimentos dos fótons que serviram como fonte de excitação foram realmente emitidos. Isso é conseguido, tendo em conta os processos de decaimento radiativo ( $k_r$ ) e não radiativo ( $k_{nr}$ )

$$Q = \frac{k_r}{k_{total}}$$

C. A fluorescência pode ser utilizada no médico através da análise da concentração de oxigênio. ~~Uma técnica para~~ ~~SA FRET (Fluorescence Resonance Energy Transfer)~~, Através da alteração do tempo de vida, é possível compreender que existem locais com maior ou menor concentração de oxigênio.

3.

1: harmônico e segundo harmônico

a)

os óculos adequados seriam os LG10 optical density, visto que não deixam passar radiação nos gamas do primeiro e segundo harmônico, tendo portanto uma elevada absorção (elevado OD) para esses comprimentos de onda. ( $0,532 \mu\text{m}$  e  $1,064 \mu\text{m}$ ).

b)

MPE  $\rightarrow$  máxima exposição permitida.

É importante considerar a máxima abertura da pupila de modo a prevenir a pior situação possível.

Caso o feixe laser sofra alguma reflexão difusa, é necessário ter em conta que pode interagir com o sistema ótico do olho. Deste modo pode-se salvaguardar de dois cuidados ao olho, devido a mudanças de direção, energia ou até a sua condutividade térmica (que pode ser no olho).

c)

$$E = 80 \text{ mJ}$$

$$\tau = 15 \text{ ns}$$

$$D = 2 \text{ mm}$$

$$\text{MPE} = 5 \times 10^{-6} \text{ J/cm}^2$$



laser pulsedo

$$\text{OD} = \log\left(\frac{H_0}{\text{MPE}}\right)$$

$$\text{area} = \pi r^2$$

$$H_0 \text{ olhos} = \frac{\text{Energia}}{\text{area}}$$

$$H_0 = ?$$

considerando a máxima abertura da pupila  $d = 7 \text{ mm}$

$$r = 3,5 \text{ mm}$$

$$\hookrightarrow 0,35 \text{ cm}$$

$$\text{area} = \pi \times (0,35)^2$$

$$H_0 = \frac{80 \times 10^{-3}}{\pi \times (0,35)^2} \quad \Rightarrow \quad H_0 = 0,207 \text{ J/cm}^2$$



$$OD = \log \left( \frac{MPE}{MPE} \right)$$

$$OD = \log \left( \frac{0,207}{5 \times 10^{-6}} \right) \Rightarrow OD = 4,61.$$

Para prevenir deveriam ser usados óculos com  $OD = 5$ .

d) classe segurança ~~3~~ 4

Nesta classe a exposição direta do laser e as reflexões difusas podem criar lesões nos olhos. É preciso utilizar óculos de proteção e ter precauções pois apresenta uma potência muito elevada.

$$Potência_{laser} = \frac{Energia}{tempo}$$

$$P = \frac{80 \times 10^{-3}}{15 \times 10^{-9}} \Rightarrow P = 5,3 \times 10^6 \text{ W}$$

Além dos danos nos olhos, podem provocar danos na pele ou até incêndios pelo que é necessário ter um sistema de segurança no laser.

4.

$$\alpha = 40 \text{ cm}^{-1}$$

$$\alpha_s = 580 \text{ cm}^{-1}$$

$$g \sim 0,78$$

$$\lambda = 550 \text{ nm}$$

a)

albedo  $a$ , 
$$a = \frac{\alpha_s}{\alpha_s + \alpha}$$

$$a = \frac{580}{40 + 580} \quad \text{ou} \quad a = 0,93$$

O modelo físico de estudo mais adequado é o modelo da aproximação de difusão, visto que  $\alpha_s \gg \alpha$

b) comprimento de absorção,  $l_a$

$$l_a = \frac{1}{\alpha}$$

Pela lei de Beer - Lambert  $I(z) = I_0 e^{-\alpha z}$  sendo  $I_0$  a intensidade inicial

quando  $z = l_a$

$$I(l_a) = I_0 e^{-\alpha l_a} \quad \text{ou} \quad \frac{I(l_a)}{I_0} = e^{-1} \quad \text{ou} \quad I(l_a) = I_0 e^{-1}$$

c) assumindo  $g \sim 0,78$

sendo  $g$  o coeficiente de anisotropia, significa que a ~~matéria~~ ~~matéria~~ é preferencial e predominantemente frontal, mas também apresenta algum backscatter.

$g \approx 1 \rightarrow$  frontal - entre 78% da energia será transferida para o tecido ao longo da direção inicial de propagação.

5.

$$P = 4W$$

$$area = 125 \text{ mm}$$

b)

$$fluência = \frac{Energia}{area}$$

$$Potência = \frac{Energia}{tempo} \Rightarrow E = P \times tempo$$

$$tempo \text{ on} = 10 \text{ min}$$

$$= 10 \times 60 \text{ s} = 600 \text{ s}$$

$$fluência = \frac{4 \times 600}{125} \Rightarrow fluência = 1,92 \text{ J/mm}^2$$

c)

A ideia principal do LITT consiste em posicionar um aplicador de laser apropriado dentro de um tecido que vai ser tratado de modo a atingir o esperado, manipulando a temperatura.

É sabido que nas interações térmicas, o aumento da temperatura local é o parâmetro predominante. Através da absorção da radiação o calor é transferido para os tecidos. Consoante o tempo de duração (time) e o pico de temperatura atingido, diferentes efeitos poderão ocorrer. Para temperaturas na ordem dos  $60^\circ$  o tecido irradiado sofre coagulação. Subindo a temperatura para  $100^\circ$  ocorre vaporização do tecido, e para temperaturas acima dos  $100^\circ$  ocorre a carbonização do tecido.

~~20-250~~

a)

$$Energia = Potência \cdot tempo$$

$$Fluência = \frac{Potência \cdot tempo}{area}$$

$$Potência = Intensidade \cdot Área$$

O laser é ligado e à medida que a absorção de radiação se torna maior, a temperatura vai aumentando ao longo do tempo. Para



atingir o efeito térmico desejado é necessário que a fluência seja suficiente. Após atingir o efeito pretendido o laser é desligado. Para isso é preciso controlar o efeito de superaquecimento do tecido.