

Lasers e Óptica Biomédica

série 2

Mestrado em Física Médica

24 de março de 2015

1 Fibra Óptica e Lasers

1. leis de reflexão e refração.

(a) indicam diferentes formas de luz polarizada.

(b) duas fibras ópticas são caracterizadas por um núcleo de vidro (sílica) com índice de refração $n=1,5$ e diâmetro $\Phi = 500\mu\text{m}$. Uma das fibras, denominada fibra A, possui um revestimento (segunda camada de vidro) feito de um material óptico com índice de refração $n_{\text{revestimento}}=1,43$. A outra fibra, designada como fibra B, não possui camadas adicionais ou capa protetora.

eu. Estime o ângulo máximo do cone de luz correspondente à luz guiada em cada uma das fibras.

ii. Descreva a distribuição espacial da luz que emerge da saída da fibra.

2. Uma potência de feixe HeNe de 1mW foi injetada em uma abertura numérica de fibra óptica $NA = 0,20$.

(a) qual lente deve ser utilizada após a saída da fibra, para produzir um feixe colimado de 3 cm de diâmetro?

(b) assumindo 100% de eficiência na injeção do feixe na fibra, determine a irradiância do feixe colimado após a lente escolhida no parágrafo anterior.

(c) comparar com a irradiação do feixe de laser original, assumindo que tem um diâmetro de cerca de 1 mm.

(d) o que você pode comentar sobre a percepção do olho humano desses dois feixes projetados em uma folha de papel em branco?

3. Uma fibra óptica tem seu eixo orientado em 10° em relação à normal da superfície de um material constituído principalmente por água. Se a abertura numérica da fibra for $NA = 0,173$,

(a) qual é a faixa de variação da refletância nesta superfície, nesta configuração?

(b) repita para o eixo da fibra orientado em 60° do normal.

4. Um laser pulsado emite pulsos de energia de 50 mJ a uma taxa de 10 Hz. Cada pulso dura $1\mu\text{s}$. O feixe está focado em uma área de $0,0001\text{ cm}^2$. Determinar:

(a) a potência média;

(b) a potência por pulso;

(c) as intensidades média e de pulso, no ponto focal;

(d) fluência no ponto focal.

5. Determine a porcentagem de potência óptica contida dentro do círculo de raio igual à cintura do feixe de um perfil de feixe gaussiano colimado.

6. Uma abertura circular é colocada no caminho de um feixe de laser colimado com perfil de energia gaussiano. Qual diâmetro deve ter essa abertura nas unidades de cintura de vigacopara que a potência óptica transmitida seja exatamente 99% do valor máximo?

2 medidas Doppler

1. Efeito Doppler: considere uma fonte sonora que emite ondas de frequência. A fonte está nas proximidades de um ouvinte. Derive expressões para a frequência sonora percebida pelo ouvinte, nos seguintes casos:
- (a) a fonte se move com a velocidade v_{fonte} em relação ao observador, e o observador é
 - (b) o observador se move com velocidade v_{obs} estático; para a fonte, e a fonte é estática;
 - (c) tanto a fonte quanto o observador estão se movendo a velocidades v_{fonte} e v_{obs} (deslocamentos em a mesma linha espacial);
 - (d) em vez de ondas sonoras considere um feixe de luz incidente sobre um espelho em movimento; qual é o desvio de frequência introduzido no feixe refletido?
2. Efeito Doppler em observações astronômicas, refere-se frequentemente a um “desvio para o vermelho” do espectro óptico emitido pelas estrelas. Você pode explicar a que se refere essa mudança e como medir a velocidade das estrelas?
3. Pode-se medir a velocidade do fluxo sanguíneo pelo efeito Doppler. Para o cenário de uma artéria que passa próximo à superfície de um membro (perna ou braço),
- (a) que tipo de ondas você pode usar para realizar esta medição?
 - (b) qual é a mudança de frequência induzida pelo movimento dos glóbulos vermelhos, a velocidade v_{sangue} , quando a emissão e detecção são realizadas em uma linha de visão em um ângulo θ em relação à direção do movimento do sangue?

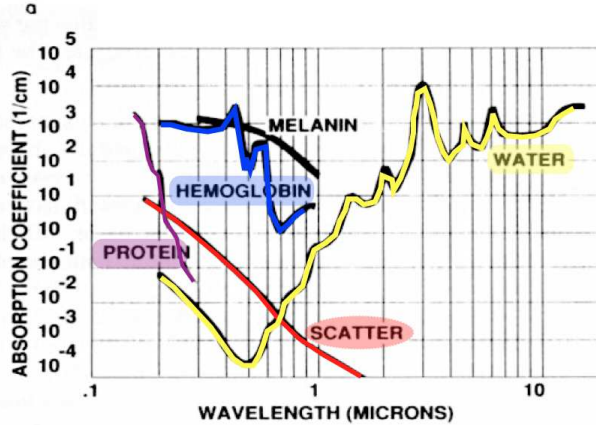
3 Luz e Matéria

3.1 meio turvo

1. O que se entende por caminho livre médio e profundidade de penetração, no contexto da propagação de feixes de luz em meios turvos?
2. Em meio totalmente absorvente (sem difusão) e coeficiente de absorção μ_a :
- (a) que porcentagem de luz está disponível após propagar uma distância L ?
 - (b) derivar o valor esperado para o comprimento do caminho óptico de um fóton de propagação não absorvido (sobrevivente).
3. Determine o caminho livre médio da radiação de KrF, HeNe e CO₂ lasers na água e na pele.
- [[Http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3321368/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3321368/), Julia L. Sandell e Timothy C. Zhu, Uma revisão das propriedades ópticas in vivo de tecidos humanos e seu impacto na PDT, J Biofotônica. Novembro de 2011; 4 (11-12):. 773-787]
4. Um feixe de laser colimado a 632,8 nm, cintura de feixe de 3 mm e potência óptica de 1 mW, dirige-se à córnea.
- (a) Estime a potência da radiação vermelha incidente na retina;
 - (b) Calcule a irradiância na retina, assumindo um ponto focal de 10 μm ;

- (c) Calcule o limite de difração do olho humano considerando o tamanho do feixe de laser e uma pupila totalmente dilatada (abertura de 7 mm) e compare as dimensões fisiológicas dos bastonetes e cones.

5. Considere as curvas de absorção da figura



- (a) Calcule o comprimento de absorção pela pele e pela água, associado aos lasers comumente usados: Argônio, Krypton e Nd: YAG duplicaram em frequência; Nd:YAG;CO₂.
- (b) identificar lasers que possam ter um bom desempenho no processo de (foto)coagulação do sangue, ou pequenos vasos sanguíneos, que é coagulado por aquecimento térmico.
6. Identificar quais partículas/estruturas/objetos podem induzir um forte espalhamento Rayleigh, nas faixas de luz:
- (a) Ultravioleta e Visível;
- (b) Infravermelho;
- (c) Microondas.

7. Mostre que a função de fase de Henyey-Greenstein é reduzida a $p(\theta) \approx \frac{1}{4\pi}(1 + 3g\cos\theta)$ depois, quando a dispersão da luz é ligeiramente frontal.

8. Explique o significado dos diferentes termos da função de fase conhecida como Δ -Eddington,

$$p(\theta) = \frac{1}{4\pi} \{2f\delta (1 - \cos \theta) + (1 - e) (1 + 3g\cos\theta)\}$$

onde $\delta(x)$ é a função δ comparada a Dirac, e indica a contribuição de dispersão direta, ao espalhamento total.

3.2 meios turvos – tecidos biológicos

1. Um feixe de laser de Nd:YAG, de 2 mm de diâmetro, em um experimento de interação da luz com um tecido biológico. O laser opera em regime pulsado, taxa de 10 Hz, energia de pulso de 1 mJ e duração de 6 ns.

(a) A viga é expandida para 2 cm de diâmetro. Para isso utilizamos um par de lentes, sendo a primeira uma lente divergente e a segunda uma convergente.

eu. esboçar genericamente o esquema de expansão da dimensão do feixe fornecido pelo par de lentes divergentes-convergentes;

- ii. o espaço de montagem disponível para expansão da viga é de cerca de 10 cm; em uma gaveta estão disponíveis lentes de diferentes distâncias focais: {-9; -12; -18; -25; -50; 50; +75; +100; +125; 150; 200} [mm]; escolha o par de lentes que proporciona a expansão desejada no espaço disponível.
- (b) na zona de interação, uma lente de distância focal de 25 mm e 1 polegada de diâmetro é usada para focar a luz no tecido.
 - eu. qual é o diâmetro mínimo do ponto no tecido esperado?
 - ii. qual é a irradiância máxima?
 - iii. quais possíveis efeitos podem ser induzidos pela interação da luz com o tecido biológico?
- (c) se o feixe não tivesse sido expandido, e a mesma lente fosse usada próxima ao tecido, o que mudaria na resposta do parágrafo anterior?
- (d) discutir as vantagens ou desvantagens da modalidade de expansão do feixe às custas de duas lentes convergentes.