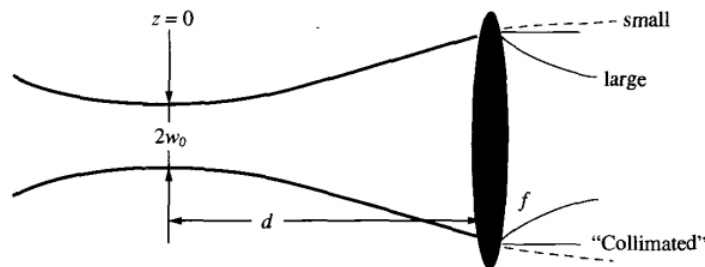


Teste de Modelo (revisão de 01.01.2023)

A [2 valores] Descreve sucintamente como a contribuição da emissão espontânea cria um limite fundamental para a largura (em frequência) dum modo longitudinal da oscilação laser.

1. [4 valores] Um feixe Gaussiano focado atinge o seu raio mínimo w_0 na posição $z = 0$ e depois propaga-se uma distância d até uma lente fina com comprimento focal $f > d$. Se w_0 for suficiente grande, o feixe transmitido depois da lente convergirá num novo foco. Se w_0 for demasiado pequeno, a lente apenas vai diminuir o ângulo de divergência do feixe transmitido. Determine o valor crítico de w_0 (em função de λ , f e d) que faça com que o feixe transmitido seja “colimado”, i.e. que as frentes de onda do feixe transmitido sejam planas ($R(d^+) \rightarrow \infty$).



2. [8 valores] Imagine que é dada a tarefa de construir um laser de Ar+ que emite radiação com um comprimento de onda igual a 514.5 nm. Tem à sua disposição o seguinte material:

(i) Uma célula de Ar com uma descarga que produz no limite de sinais pequenas um coeficiente de ganho máximo igual a 0.04 m^{-1} . A célula tem um comprimento de 1 m e seu índice de refração é aproximadamente 1.

(ii) Um conjunto de quatro espelhos

- Um espelho esférico concavo com um raio da curvatura de +90 cm e uma refletividade de 0.99;
- Um espelho esférico concavo com um raio da curvatura de +60 cm e uma refletividade de 0.97;
- Um espelho esférico convexo com um raio da curvatura de -50 cm e uma refletividade de 0.90;
- Um espelho plano com uma refletividade de 0.95.

O limite inferior da cavidade laser é o tamanho da célula de Ar enquanto o limite máximo é dado pelo comprimento da mesa ótica que é 2 m.

(a) Escolha dois destes espelhos para formar uma cavidade linear estável com perdas suficientemente baixas para obter emissão laser, respeitando os limites inferiores e superiores do comprimento da cavidade, 1 m e 2 m respetivamente. Qual é o comprimento máximo que a cavidade possa assumir?

Assume, nas seguintes alíneas, que a cavidade tem um comprimento de 1 m.

(b) Determine a posição e a largura (w_0) da cintura mínima do modo transversal TEM_{00} desta cavidade.

(c) A temperatura efetiva de descarga é extremamente elevada, cerca de 3700K, enquanto o número atômico de Ar é $A \approx 40$ (g/mol). Estime o número de modos longitudinais que têm ganho suficiente para contribuir a emissão laser.

(d) A intensidade da saturação na ressonância deste sistema é 14W/cm^2 e o sistema aproxima-se bem de um sistema ideal de quatro níveis para a qual

$$g(\nu_0) = g_0(\nu_0) / \sqrt{1 + I / I_{\nu_0}^{sat}}$$

onde $g_0(\nu_0)$ é o coeficiente do ganho de sinais pequenos na ressonância. Assume que um modo da cavidade está em ressonância com a transição laser e estime a potência deste modo à saída do laser se for operado no modo continua.

(e) Se o laser for operado com um acordo de fase entre todos os modos longitudinais estime a duração mínima do pulso e a potência de pico na posição da cintura mínima. Qual será a taxa de repetição dos pulsos?

[Para simplificar as contas pode assumir que cada modo longitudinal tem uma potência igual ao valor estimado na alínea anterior]

3. [6 valores] Pretende gerar a segunda harmónica da luz dum laser de fibra ótica que opera num comprimento de 1550 nm usando um cristal de HgS. Os índices de refração relevantes são:

λ (nm)	índice ordinário n_o	índice extra ordinário n_e
1550	2.664	2.937
775	2.780	3.094

(a) Qual feixe (o fundamental ou a segunda harmónica) devia ter uma polarização ordinária?

(b) Calcule o ângulo de propagação relativo ao eixo ótico que assegura um acordo de fase entre o feixe fundamental e o feixe da segunda harmónica.

(c) O valor de d_{eff} de HgS no ângulo de acordo de fase é 40.9 pm/V . Se a intensidade do feixe incidente é 1 MW/cm^2 , estime a espessura do cristal necessário que faça que 1% da intensidade do feixe incidente é convertida em luz da segunda harmónica.

(d) Se cristal fosse inclinado a maneira que o ângulo da propagação do feixe fundamental relativo do eixo ótica for 1° maior do que valor calculado na alínea (b) qual seria a intensidade da segunda harmónica?