

Física Atômica e Molecular (2009-2010)

dúvidas	qualquer dia	9h00-18h00 (gab D43)
entregar	quarta feira 16/12	(gab D43)
discussão	quarta feira 16/12	(sala D6)

26. Uma onda electromagnética propaga-se no interior de um tubo vazio, de comprimento $L = 50$ cm, ao longo do eixo do tubo, sendo reflectida por dois espelhos colocados nos extremos do mesmo. Os índices de reflexão dos espelhos, correspondentes à frequência da onda electromagnética em causa, são diferentes, isto é, $R_1 = 0.998$ e $R_2 = 0.970$, respectivamente. Determine a perda de intensidade da onda electromagnética por unidade de tempo, dI/dt , e a fracção da intensidade inicial que ainda se encontra dentro do tubo ao fim de 10 segundos.

27. O primeiro laser foi desenvolvido por Ted Maiman em 1960. É constituído por um pequeno cilindro maciço de *rubi*, com 5.0 cm de comprimento e um raio de 2.0 mm, rodeado por um tubo de *flash*, helicoidal, com um gás que emite uma luz muito intensa de espectro largo. O rubi é uma gema, uma variedade de corindo, mineral constituído pelo sesquióxido de alumínio. É um cristal muito duro e transparente, de um vermelho vivo, porque contém uma pequena percentagem de Cr_2O_3 , e é considerado uma das quatro pedras mais preciosas, sendo também utilizado como abrasivo.

O índice de refração do rubi é igual a 1.76 e a densidade dos iões de crómio é cerca de 1.6×10^{25} por m^3 .

Dos níveis energéticos de Cr^{3+} acessíveis, consideremos aqui apenas os três seguintes: o estado fundamental E_1 bem como os estados E_2 e E_3 .

Na tabela a seguir encontram-se os dados relevantes para o funcionamento do laser de rubi.

nível	comprimento de onda	coeficiente de transição
2	$\lambda_{21} = 694.3 \text{ nm}$ (vermelho)	$A_{21} = 230/\text{s}$ $\Gamma_{21} = 500/\text{s}$
3	$\lambda_{31} = 550 \text{ nm}$ (verde)	$B_{32} = 1.0 \times 10^7/\text{s}$

A largura da *linha espectral* da luz emitida pelo laser, $S(\nu)$, é igual a 350 GHz. Os índices de reflexão, R_1 e R_2 , dos espelhos colocados nos extremos do laser, correspondentes à frequência da luz emitida pelo laser, são diferentes, isto é, $R_1 = 1.00$ e $R_2 = 0.960$, respectivamente.

A perda de intensidade por colisões entre fótons e moléculas de rubi no interior do laser é de 3 por cento da intensidade total em cada percurso completo (uma ida e uma volta) dos fótons reflectidos nos espelhos.

Calcule, justificando todas as contas, para este laser, a inversão da população relativa.

- 28.** Um laser de hélio-néon é constituído por um tubo de vácuo de 60 cm de comprimento, que contém uma mistura de 15% de hélio e 85% de néon. Nos dois extremos do tubo existem espelhos, um plano totalmente (100%) reflector e outro côncavo parcialmente (98%) reflector. Este último espelho foca a radiação paralela, gerada no interior do tubo, no espelho plano e actua também como uma lente que transmite parte da radiação, que deste modo emerge como um feixe paralelo.

O hélio tem um estado excitado $E_{2\text{He}}$ 20.61 eV acima do estado fundamental, para o qual os átomos são excitados por uma descarga eléctrica. O néon possui um estado excitado de energia $E_{3\text{Ne}}$, que é 20.66 eV acima do estado fundamental e apenas 0.05 eV acima do estado $E_{2\text{He}}$. Por isso, os átomos de néon são excitados para o estado $E_{3\text{Ne}}$ por colisões com os átomos de hélio com energia $E_{2\text{He}}$. Os átomos do estado $E_{3\text{Ne}}$ podem decair por emissão espontânea para o estado fundamental ou através de emissão estimulada para o estado $E_{2\text{Ne}}$ de energia 18.70 eV acima do estado fundamental, o qual está normalmente livre, pelo que a inversão de população entre os estados $E_{3\text{Ne}}$ e $E_{2\text{Ne}}$ é automaticamente conseguida.

- a** Determine a frequência dos fótons da emissão estimulada a que corresponde uma luz vermelha brilhante.
- b** Depois da emissão estimulada, os átomos do estado $E_{2\text{Ne}}$ decaem para o estado fundamental através de emissão espontânea.

Desprezando outras perdas de energia, para além daquela dos espelhos, e tomando em conta que o tempo de vida das transições espontâneas é igual a 6.8×10^{-7} s, que a largura da linha espectral vermelho é cerca de 1400 MHz e ainda que a densidade do gás de néon é igual a 5.2×10^{15} átomos por cm^3 , determine a inversão da população por m^3 .