

Esercitazione n° 5:

Matteo Farronato

Corso di Optoelettronica A.A. 2022/2023

31 Marzo 2023

Esercizio 1

Si consideri il diagramma dei livelli energetici di un laser He-Ne mostrato in Figura 1.

1. Determinare la lunghezza d'onda e la frequenza di funzionamento del laser.
2. Calcolare l'allargamento della riga di emissione dovuto all'effetto Doppler, assumendo una temperatura di 127 °C all'interno del tubo.
3. Si calcoli la lunghezza che deve avere la cavità affinché nella larghezza a mezza altezza della curva di emissione cada un solo modo longitudinale.
4. Assumendo ora una cavità di lunghezza $L = 50$ cm, determinare il numero di modi che cadono all'interno della curva di emissione del laser.
5. Dimostrare che se durante il funzionamento del laser la lunghezza della cavità cambia di dL allora si ha una variazione di lunghezza d'onda $d\lambda_m$ pari a:

$$d\lambda_m = \frac{\lambda_m}{L} \cdot dL \quad (1)$$

6. Valutare l'impatto del **mode sweeping** dovuto alla variazione della lunghezza dL del tubo, quando il tubo, in fase di accensione, passa da una temperatura di 27 °C a 127 °C.

Suggerimento: $dL/L = \alpha \cdot dT$ o, equivalentemente, $L' = L \cdot [1 + \alpha \cdot (T' - T)]$.

DATI AGGIUNTIVI

Massa atomica He: $m_{He} = 0.66 \cdot 10^{-26}$ kg

Massa atomica Ne: $m_{Ne} = 3.35 \cdot 10^{-26}$ kg

Coefficiente di espansione lineare del vetro: $\alpha = 10^{-6}$ K⁻¹

COSTANTI FISICHE

Costante di Boltzmann: $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$
 Costante di Planck: $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
 Carica dell'elettrone: $q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
 Velocità della luce nel vuoto: $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

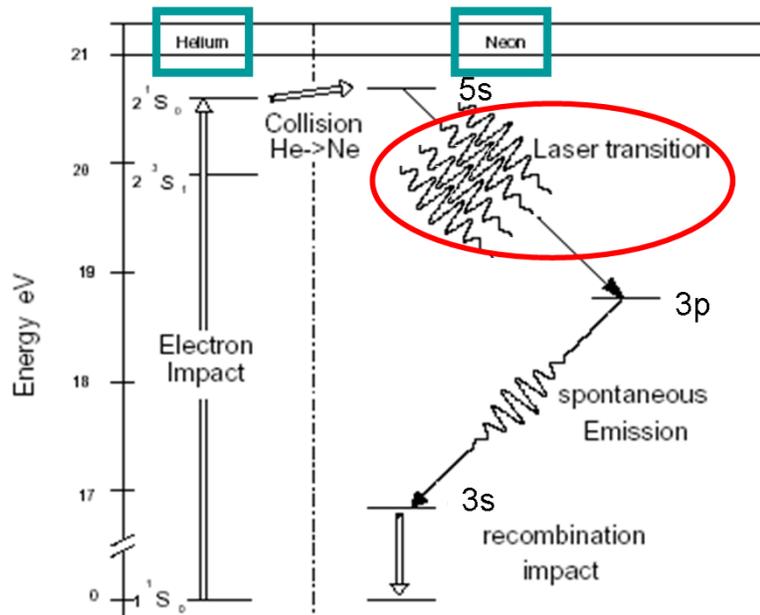


Figura 1 Schema semplificato dei livelli energetici in un gas He-Ne.

Esercizio 2

Si consideri un laser a gas He-Ne avente le seguenti caratteristiche:

- lunghezza d'onda di operazione $\lambda_o = 632.8 \text{ nm}$;
 - lunghezza della cavità $L = 50 \text{ cm}$;
 - diametro del tubo $d = 1.5 \text{ mm}$;
 - riflettività degli specchi $\mathfrak{R}_1 = 99\%$ e $\mathfrak{R}_2 = 90\%$;
 - perdite logaritmiche in cavità $\alpha_s = 0.04 \text{ m}^{-1}$.
1. Calcolare l'allargamento di riga $\Delta\nu_{1/2}$ assumendo $T_{cavità} = 300 \text{ K}$.
 2. Calcolare il guadagno di soglia g_{th} del laser.
 3. Determinare l'inversione di popolazione di soglia $(N_2 - N_1)_{th}$.
 4. Calcolare il tempo di vita per emissione spontanea τ_{SP} .
 5. Calcolare la potenza d'uscita del laser, conoscendo la concentrazione di fotoni in cavità $N_{PH} = 3 \cdot 10^{15} \text{ m}^{-3}$.

DATI AGGIUNTIVI

Massa atomica Ne: $m_{Ne} = 3.35 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$

Massa atomica He: $m_{He} = 0.66 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$

Coefficiente di Einstein di emissione stimolata: $B_{21} = 5.1 \cdot 10^{19} \frac{\text{m}}{\text{kg}}$

Costante di Boltzmann: $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$

Costante di Plank: $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$