

# 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

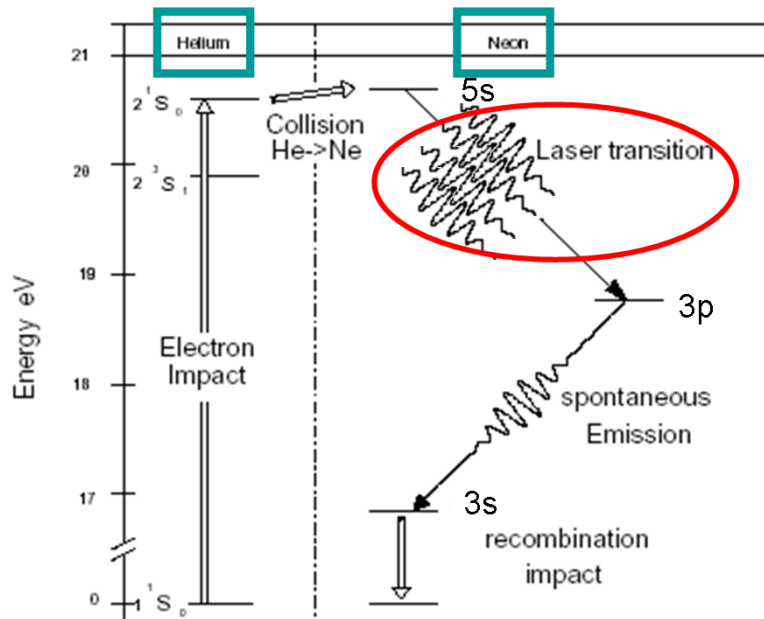
Massa atomica He:  $m_{He} = 0.66 \cdot 10^{-26}$  kg

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

Coefficiente di espansione lineare del vetro:  $\alpha = 10^{-6}$  K<sup>-1</sup>

### 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  $\tau_{SP}$ .
  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:  $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$