

Esercizio 1:

Si consideri un laser He:Ne ($m_{He} = 0.66 \cdot 10^{-26}$ kg e $m_{Ne} = 3.35 \cdot 10^{-26}$ kg) che opera in regime stazionario alla lunghezza d'onda $\lambda_0 = 632.8$ nm. Il laser è realizzato mediante una cavità ottica Fabry-Perot di lunghezza $L = 50$ cm. La temperatura di lavoro del gas è 100°C .

- a) Stimare l'allargamento di riga dovuto all'effetto Doppler (sia in frequenza sia in lunghezza d'onda).
- b) Calcolare il numero di modo m più vicino alla lunghezza d'onda centrale.
- c) Calcolare la temperatura di funzionamento per avere un laser monomodale (si trascuri la dilatazione termica della cavità).

Esercizio 2:

Si consideri un LED con layer attivo in In-Ga-N con energy gap $E_{GAP} = 2.8$ eV. Il LED funziona a temperatura ambiente (300 K).

- a) Calcolare la lunghezza d'onda di picco emessa.
- b) Calcolare la larghezza a metà altezza dello spettro di emissione (in lunghezza d'onda).
- c) Sapendo che l'energy gap dipende dalla temperatura secondo la relazione $dE_G/dT = -4.3 \cdot 10^{-4}$ eV/K, si dica se il LED può emettere luce alla lunghezza d'onda di 555 nm.

Esercizio 3:

Si consideri una cella solare di area $A = 2$ cm² connessa ad un carico di resistenza $R = 50$ Ω. La cella in esame, su cui incide una radiazione di intensità pari a 1 kW/m², è caratterizzata da una corrente di buio $I_0 = 80$ pA e da una corrente di corto circuito $|I_{sc}| = 37$ mA.

- a) Calcolare la tensione V_{oc} che si sviluppa a circuito aperto ai capi della cella.
- b) Determinare il punto di lavoro del circuito.
- c) Valutare l'efficienza di conversione η della cella.

Domande di teoria:

- a) Illustrare l'allargamento omogeneo ed inhomogeneo nelle sorgenti laser.
- b) Si illustri il fenomeno dell'attenuazione in fibra, discutendo il suo impatto sulla trasmissione del segnale e le possibili metodologie per contrastare il problema.

Costanti fisiche:

massa dell'elettrone	$m_0 = 9.109 \cdot 10^{-31}$ kg
costante di Planck	$h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J s
carica elettronica	$e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C
costante di Boltzmann	$k_B = 1.381 \cdot 10^{-23}$ J K ⁻¹
velocità della luce	$c = 2.998 \cdot 10^8$ m s ⁻¹
costante dielettrica nel vuoto	$\epsilon_0 = 8.85419 \cdot 10^{-12}$ F m ⁻¹

	Si
costante dielettrica relativa ϵ_r	11.7
velocità di saturazione v_{sat} [cm s ⁻¹]	10^7
concentrazione intrinseca n_i [cm ⁻³]	1.45×10^{10}
gap di energia E_G [eV]	1.12
densità di stati effettiva in banda di conduzione N_C [cm ⁻³]	2.8×10^{19}
densità di stati effettiva in banda di valenza N_V [cm ⁻³]	1.04×10^{19}

Exercise 1:

Consider a He:Ne laser ($m_{\text{He}} = 0.66 \cdot 10^{-26}$ kg, $m_{\text{Ne}} = 3.35 \cdot 10^{-26}$ kg) operating in CW at $\lambda_0 = 632.8$ nm (free space wavelength). The laser is made using a Fabry-Perot optical cavity of length $L = 50$ cm. Consider the gas at temperature $T = 100$ °C.

- a) Calculate the Doppler broadened linewidth of the output spectrum (both in frequency and wavelength).
- b) Determine the nearest mode number m to the central wavelength.
- c) Calculate the temperature needed for having a laser with a single mode output (do not consider the thermal expansion in the cavity).

Exercise 2:

Consider an In-Ga-N LED with energy gap $E_{\text{GAP}} = 2.8$ eV. The LED works at room temperature (300 K).

- a) Calculate peak wavelength emitted.
- b) Calculate the spectral linewidth FWHM $\Delta\lambda_{\text{FWHM}}$.
- c) Knowing that the energy gap depends on the temperature according to the relation $dE_G/dT = -4.3 \cdot 10^{-4}$ eV/K, state whether the LED can emit light at 555 nm.

Exercise 3:

A solar cell with area $A = 2$ cm² drives a resistance load $R = 50$ Ω. This cell, illuminated with light of intensity 1 kW/m², has dark current $I_0 = 80$ pA and short circuit current $|I_{\text{sc}}| = 37$ mA.

- a) Calculate the open circuit output voltage V_{oc} .
- b) Determine the operating point of the circuit.
- c) Evaluate the efficiency η of the solar cell in this circuit.

Theory questions:

- a) Explain the homogeneous and inhomogeneous broadening in the laser sources.
- b) Explain the phenomenon of attenuation in fiber, discussing its impact on signal transmission and the possible methodologies to counter the problem.

Physical constants:

electron rest mass	$m_0 = 9.109 \cdot 10^{-31}$ kg
Planck constant	$h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J s
electron charge	$e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C
Boltzmann constant	$k_B = 1.381 \cdot 10^{-23}$ J K ⁻¹
speed of light	$c = 2.998 \cdot 10^8$ m s ⁻¹
vacuum permittivity	$\epsilon_0 = 8.85419 \cdot 10^{-12}$ F m ⁻¹
Si	
relative permittivity ϵ_r	11.7
saturation electric field [kV cm ⁻¹]	20
saturation velocity [cm s ⁻¹]	10^7
intrinsic concentration n_i [cm ⁻³]	1.45×10^{10}
energy gap E_G [eV]	1.12
effective density of states in the conduction band N_C [cm ⁻³]	2.8×10^{19}
effective density of states in the valence band N_V [cm ⁻³]	1.04×10^{19}