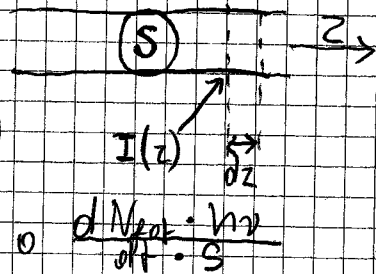


2019 / 2020

## Wykład 13 - Wzmocnienie światła i lasery

Wyprowadźmy zależność natężenia światła od położenia dla wiązki propagującej się w ośrodku z inwersją obsadzeń:

- Niech wiązka światła ma stały przekrój poprzeczny  $S$ , propaguje się w kierunku  $z$ , a materiał jest funkcją położenia  $I(z)$ . Częstota fali jest równa  $\nu$
- Jeśli liczba fotonów w wiązce zmieni się o  $dN_{\text{fot}}$  czasie  $dt$ , to energia zmieni się o  $dN_{\text{fot}} \cdot h\nu$ , moc o  $\frac{dN_{\text{fot}} \cdot h\nu}{dt}$ , a natężenie (moc na jednostkę powierzchni) o  $\frac{dN_{\text{fot}} \cdot h\nu}{dt \cdot S}$



$$dI = \frac{dN_{\text{fot}} \cdot h\nu}{dt \cdot S} = B \rho(\nu) \Delta N \cdot \frac{h\nu}{S}$$
$$\approx B \cdot \rho(\nu) \cdot \Delta N$$

- $\Delta N$  to inwersja obsadzeń w objętości, z której oddziela się wiązka. Jeśli wiązka propaguje się na drodze  $dz$ , to objętość ta jest równa  $S \cdot dz$ .
- Wprowadźmy  $\Delta N'$  - inwersję obsadzeń na jednostkę objętości. Wówczas:

$$\Delta N = \Delta N' \cdot S \cdot dz$$

$$dI = B \cdot \rho(\nu) \cdot \Delta N' \cdot S \cdot dz \cdot \frac{h\nu}{S} = B \cdot \rho(\nu) \cdot h\nu \cdot \Delta N' \cdot dz$$

$$\frac{dI}{dz} = B \cdot \rho(\nu) \cdot h\nu \cdot \Delta N' = \gamma(\nu)$$

$\gamma(\nu)$  - współczynnik wzmocnienia

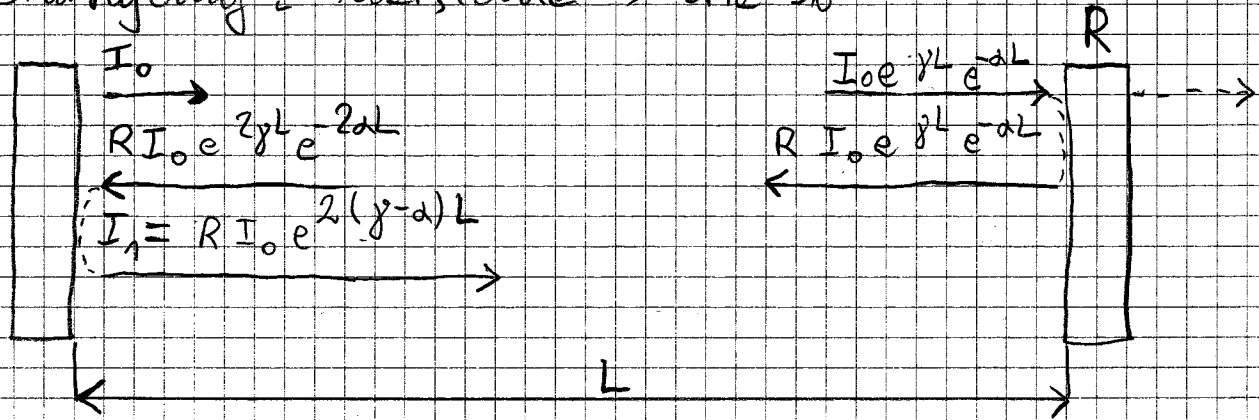
- Rozwiązanie równania różniczkowego na  $I(z)$ :

$$I(z) = I_0 e^{\gamma(\nu) \cdot z}$$

(odpowiednik prawa Lamberta - Beera, uwzględniający wzmocnienie światła)

# Warunek ekscytacji laserowej

Startujemy z natężeniem światła  $I_0$



po pełnym (tam i z powrotem) obiegu lasera natężenie światła wynosi:

$$I_1 = RI_0 e^{2(\gamma - \alpha)L}$$

Żeby ekscytacja laserowa mogła zachodzić natężenie światła nie może maleć po pełnym obiegu:

$$I_1 \geq I_0$$

$$RI_0 e^{2(\gamma - \alpha)L} \geq I_0$$

$$R \geq e^{-2(\gamma - \alpha)L}$$

Współczynnik odbicia lustro wyższego musi być odpowiednio duży.