

Međuispit iz Fizike lasera 20. 04. 2015 (trajanje - 90 minuta)

1.1 Odredite prirodnu i Dopplerovu širinu linije ($\Delta\lambda$) valne duljine 632,8 nm koja nastaje u He-Ne laseru prijelazom $3s_2 \rightarrow 2p_4$ u neonu. Vrijeme života pobuđenog stanja $3s_2$ je 58 ns, a stanja $2p_4$ 18 ns; temperatura plina je 400 K, realativna atomska masa atoma neona 20,18. (2 boda)

1.2 Odredite relativnu promjenu frekvencije laserskog snopa $\Delta\nu/\nu$ ako se zbog porasta temperature duljina rezonatora poveća za 0,05 mm. (duljina rezonatora je 1m) (1 bod)

1.3 U spektru laserskog zračenja treba razlučiti dvije bliske linije koje se razlikuju za 0,005 nm ($\lambda = 500$ nm). Na raspolaganju je:

- a) optička prizma (duljina baze prizme je 2 cm; spektralna disperzija 1200 cm^{-1})
- b) optička rešetka s 10^4 zareza
- c) Fabry- Perot etalon (razlika u hodu zraka svjetlosti koje interferiraju na FP etalonu je 1 cm; koeficijent refleksije 0,98).

Koji uređaj treba upotrijebiti i zašto? (2 boda)

1.4 Za koliko će se promijeniti faktor dobrote laserskog rezonatora Ar^+ -ion lasera duljine 1m ako se valna duljina emitiranog zračenja promijeni od 515 nm na 488 nm? Gubici u rezonatoru uzrokovani su nepoželjnim refleksijama na zrcalima s koeficijentima refleksije 0,99 i 0,98 (disperzija se zanemaruje). (1 bod)

2.1 Za prirodnu širinu linije emitirane prijelazom elektrona između dvije pobuđene energijske razine u atomu vrijedi: (zaokruži točnu tvrdnju) (1 bod)

- a) širini linije doprinose neodređenosti u energiji obje energijske razine
- b) širini linije doprinosi samo neodređenosti u energiji gornje energijske razine
- c) širina linije ne ovisi o tome da li je donja razina pobuđena ili osnovna (najniža)

2.2 Koeficijent apsorpcije: (zaokruži točnu tvrdnju) (1 bod)

- a) ovisi o imaginarnom dijelu indeksa loma
- b) ovisi o realnom dijelu indeksa loma
- c) ne ovisi o frekvenciji upadnog vala

2.3 Za longitudinalne modove u Fabry Perot rezonatoru vrijedi: (zaokruži točnu tvrdnju) (1 bod)

- a) ukupan broj modova ne ovisi o duljini rezonatora
- b) ukupan broj modova ovisi o širini spektralne linije pri stimuliranoj emisiji
- c) ukupan broj modova ne ovisi o spektralom području u kojem laser emitira

2.4 Osnovni TEM_{00} laserski mod: (zaokruži točnu tvrdnju) (1 bod)

- a) je longitudinalni laserski mod s dva čvora u transverzalnoj ravnini rezonatora
- b) ima raspodjelu intenziteta u ravnini okomitoj na smjer širenja laserskog snopa opisanu Gaussovom funkcijom
- c) ima raspodjelu intenziteta u smjeru širenja laserskog snopa opisanu Gaussovom funkcijom

2.5 Za laserske rezonatore vrijedi: (zaokruži točnu tvrdnju) (1 bod)

- a) otvoreni su
- b) moraju biti stabilni
- c) za više transverzne modove parametri zakrivljenosti zrcala moraju biti različiti od nule.

2.6 Zaokružite točnu tvrdnju (1 bod)

- a) monokromatska svjetlost ima veliku širinu linije $\Delta\nu$
- b) za usmjeravanje laserskog snopa pogodno je koristiti leću velike žarišne duljine
- c) najbolje fokusiranje laserskog snopa se postiže lećom žarišne daljine jednake promjeru snopa

3.1 Navedite osnovne dijelove od kojih se sastoji svaki laser te kratko objasnite princip rada lasera. (3 boda)

3.2 Izvedite izraz za koeficijent apsorpcije za sustav atoma s dva energijska nivoa pomoću Einsteinovih vjerojatnosti prijelaza. (3 boda)

4.1 Objasnite prag laserske akcije (2 boda)

4.2 Kratko objasnite zašto inverzija naseljenosti u sustavu s 2 energijska nivoa nije pogodna. (1 bod)

4.3 Izvedite izraz za gustoću modova u šupljini. (4 boda)

5.1 Kratko objasnite zašto se kod izvoda oblika linije pri emisiji elektromagnetskog zračenja koristi model prigušenog harmoničkog oscilatora, a kod apsorpcije model prisilnog harmoničkog oscilatora. (2 boda)

5.2 Navedite načine eksperimentalne realizacije jednomodnih lasera pomoću optičkih elemenata (1 bod)

5.3 Objasnite vremensku i prostornu koherenciju laserskog zračenja (vidljivost pruga interferencije, stupanj koherencije, Michelsonov interferometar, Youngov pokus). (4 boda)

Konstante: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s; $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K; $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Js; $u = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg

Formule: $\lambda \cdot \nu = c$; $m\lambda = 2L$; $L = L_0(1 + \alpha \Delta T)$

$$\frac{A_{21}}{B_{12}} = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3}$$

Relacije neodređenosti: $\Delta E \cdot \Delta t \cong h/2\pi$, Planckov zakon $u_\nu = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$

Boltzmannova raspodjela $N_1 = N_0 \cdot e^{-\frac{h\nu}{kT}}$, Lorentzov oblik linije $I(\omega) = \frac{I_0 \left(\frac{\gamma}{2}\right)^2}{(\omega - \omega_0)^2 + \left(\frac{\gamma}{2}\right)^2}$

Dopplerov oblik linije $I(\omega) = I_0 \cdot e^{-a \frac{(\omega - \omega_0)^2}{\omega_0^2}}$ $a = \frac{Mc^2}{2kT}$

Rezonator: $2nl = m\lambda$; $\Delta\nu = \frac{c}{2L}$ $Q = \frac{4\pi \cdot \nu \cdot L}{\gamma \cdot c}$

Moć razlučivanja: $R = \left| \frac{\lambda}{\Delta\lambda} \right| = \left| \frac{\nu}{\Delta\nu} \right|$, $R = mN$, $R = g \cdot dn/d\lambda$, $R = F^* \Delta s / \lambda$, $F^* = \frac{\pi}{2} \sqrt{F}$, $F = \frac{4R}{(1-R)^2}$