

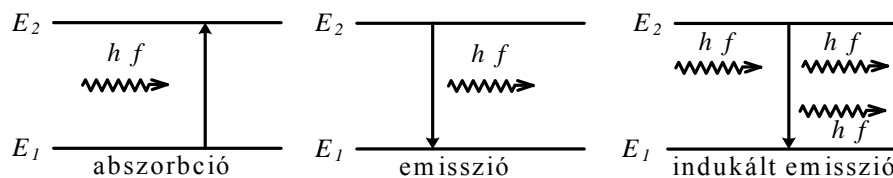
15. Az atomok gerjesztett állapota, indukált emisszió, populációinverzió. A lézer működése, rubinlézer, He-Ne gázlézer. Alkalmazások

Atomok gerjesztett állapota, indukált emisszió, lézer:

Az atomokban az elektronok diszkrét energiákkal rendelkeznek, és az elektronok energiaminimumra törekszenek. **Abszorpció** során az atom elnyel egy fotont, és egy elektronja egy alacsonyabb energiájú állapotból egy magasabb állapotba kerül. A gerjesztett állapot élettartama általában $\sim 10^{-8}$ s, vannak azonban úgynevezett metastabil állapotok, ezek élettartama $\sim 10^{-3}$ s. Az abszorpcióval ellentétes folyamatot **spontán emisszió**nak nevezzük, ekkor az elektron magától egy alacsonyabb energiaállapotba kerül, és az atom kibocsát egy ennek megfelelő energiájú fotont:

$$E_1 - E_2 = h f .$$

Einstein 1916-ban megjósolt egy harmadik folyamatot, az **indukált emissziót**. Ilyenkor az atom gerjesztett állapotban van, és elhalad mellette egy olyan energiájú foton, amit ő maga is ki tudna bocsátani. Ez a foton indukálhatja, hogy az atom gerjesztettsége megszűnjön emisszió révén.



A keletkező foton:

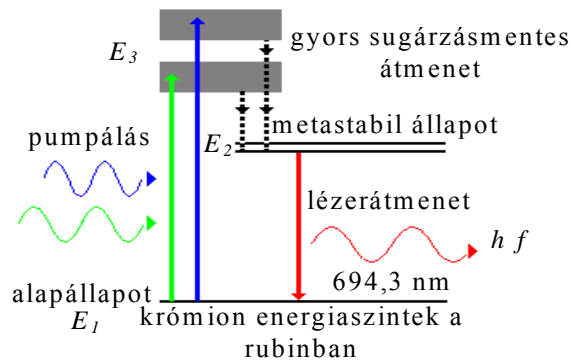
- eredetivel megegyező frekvenciájú,
- vele azonos irányban halad,
- polarizációs síkjuk megegyezik,
- fázisuk azonos.

Az ilyen tulajdonságú fotonokat koherenseknek nevezzük. Az indukált emisszió segítségével lehetővé válik tehát a fényerősítés. **Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation**, ami azt jelenti, hogy fényerősítés indukált emisszió révén, az első betűkből származik a LASER, magyarul már lézer.

Belátható, hogy amennyiben a gerjesztett állapotú atomok száma nagyobb, mint az alapállapotúaké - ezt **inverz populációnak, vagy populáció inverzió**nak nevezik - akkor az indukált emisszió valószínűsége nagyobb, mint az abszorpcióé (ez nem egyensúlyi eloszlás)!

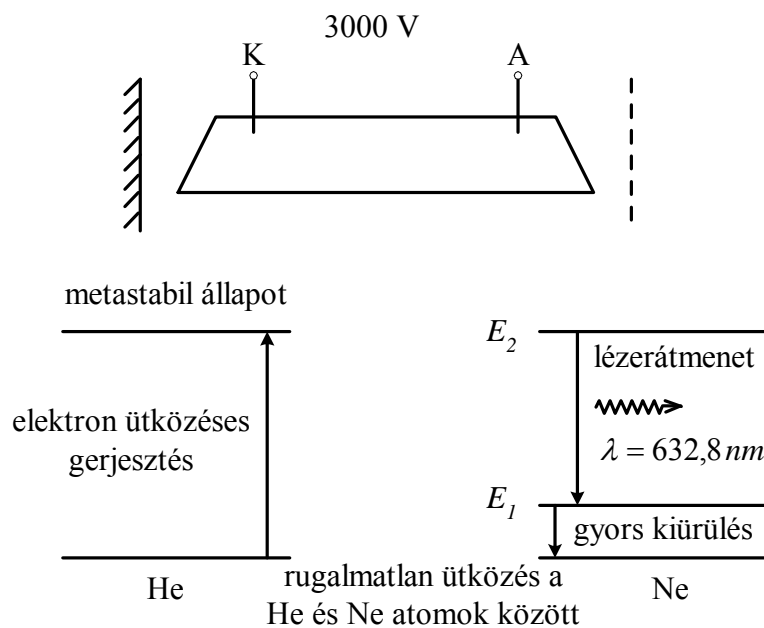
Rubinlézer (szilárdtest lézer):

A lézeranyag 0,05 % Cr_2O_3 -dal szennyezett Al_2O_3 -ból mesterségesen növesztett egykristályból csiszolt henger. Ebben az E_3 nívót nagyintenzitású fényimpulzussal gerjesztik. Innen ún. sugárzásmentes átmenet vezet az E_2 nívóra 10^{-7} s alatt. Mivel az E_2 egy metastabil nívó és élettartama $\sim 10^{-3}$ s, így létrejön a populáció inverzió. Az E_2 és E_1 közötti lézerátmenet során $\lambda = 694,3$ nm-es sugárzás jelenik meg. A rubinlézer impulzusüzemű lézer.

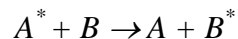


He-Ne gázlézer:

1 mbar nyomású He-Ne gázkeverék, amiben a gázok aránya: He : Ne = 9 : 1. A He atomokat 3000 V feszültségen felgyorsított elektronok gerjesztik.



A He és Ne atomok közötti rugalmatlan ütközés egy ún. másodfajú gerjesztést okoz (a * az atom gerjesztettségét jelenti):



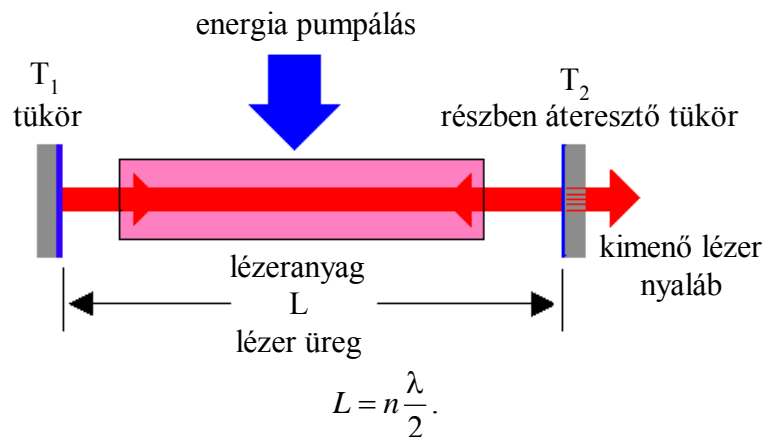
Az E_2 és E_1 energiaszintek között folyamatos populáció inverzió valósul meg, ezért ez egy folytonos üzemmű lézer.

Félvezető lézer:

Egy félvezető p-n átmenete is felhasználható lézersugárzás előállítására, szintén folytonos üzemműdű, előnye a kis méret, hátránya a nagy nyaláb divergencia.

A lézerfény tulajdonságai:

A lézerekben az intenzitás növelésére és a nyalábminőség javítására ún. tükrörezonátort alkalmaznak. A T_1 és T_2 tükröket olyan távolságra helyezik el egymástól, hogy állóhullám alakuljon ki.



A lézernyaláb egy tengelyirányban kibocsátott, és spontán emisszióból származó fotonnal indul. Ezt sokszorozódik fel a tükörrezonátorban az indukált emisszió révén. A rossz irányban haladó fotonok kiszóródnak a lézernyalábból. A tükörrezonátor miatt $\Delta f_{\text{lézer}} \sim 10^3 \text{ Hz}$ (ez kisebb, mint a természetes vonalszélesség).

A jellemzők:

- nagyfokú monokromatikusság,
- kismértékű divergencia (széttartás),
- nagyfokú térbeli és időbeli koherencia,
- nagy felületi teljesítménysűrűség (lencsével 10^{-8} m^2 -es felületre fókuszálható),
- nagy spektrális teljesítménysűrűség.

Lézerek alkalmazásai:

- megmunkálás, fúrás, ponthegesztés,
- műtéti beavatkozás, sebészet retina ponthegesztés,
- gén sebészet,
- vonalkód leolvasás,
- Cd lemezjátszó lézer olvasófej,
- interferencián alapuló hosszúság, és sebességmérés,
- iránykitűzés,
- holográfiára alkalmas fényforrás, (Gábor Dénes holográf = teljes kép).