

熱平衡状態にある 2 準位系と光の相互作用についてまとめよ。

前回の講義では、 $A_{nm} = \frac{8\pi h \nu_{nm}^3}{c^3} B_{nm}$ 、 $B_{nm} = B_{mn}$  という関係式を導いた。

まず、放出による単位時間あたりの光子数密度の変化率  $R_{nm}$  は励起準位  $E_n$  にある原子・分子の数密度  $N_n$  の単位時間あたりの変化率にマイナスをかけ  $R_{nm} = - dN_n/dt$  と表される。自然放出だけで考えると  $R_{nm} = - dN_n/dt = A_{nm} N_n$  と表される。

また A 係数の逆数  $t_{nm}$  は  $E_n$  の寿命と言えるので、A 係数が大きいと自然放出が起きやすく、小さいと起きにくくなる。一方誘導放出による光子数密度の単位時間あたりの変化率は  $R_{nm} = - dN_n/dt = B_{nm} \rho(\nu_{nm}) N_n$  となり、吸収による光子密度の変化率は  $R_{mn} = - dN_m/dt = B_{mn} \rho(\nu_{nm}) N_m$  と表される。よって前回の講義で導いた  $B_{nm} = B_{mn}$  は誘導放出と吸収のしやすさは変わらないことを示している。

また、系が温度  $T$  の熱平衡状態のとき、光子エネルギー  $h\nu_{nm}$  が大きいすなわち、光の周波数  $\nu_{nm}$  が高いほど誘導放出に対する自然放出による光子数の放出密度の増加率（変化率） $R$  が大きくなる。つまり光の周波数が高いほど自然放出が起こりやすくなる。また、真空の光速（ $c \equiv 2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$ ）を用いて周波数を波長に換算すると求められる  $\lambda_{rt}$  はおよそ  $50 \mu\text{m}$  となり、このような領域の電磁波のことを遠赤外線、周波数の値 からテラヘルツ波とも呼ばれている。遠赤外線よりも波長の長い電磁波である電波の場合は  $k$  誘導放出が起こりやすく、遠赤外線よりも波長の短い電磁波である光の場合は誘導放出が起こりにくい。