第五课：自发辐射、受激吸收和受激辐射

Sunday, September 8, 2019 11:58 PM

1. 辐射跃迁的产生条件：有光子产生或吸收；
2. 自发辐射：高能级不稳定，寿命短，由自发辐射产生的光为荧光$\hbar\nu = \mathrm{E}_2 - \mathrm{E}_1$；
   a. 自发辐射跃迁几率：$A_{21} = \frac{dn_{21}}{dt}_{\text{自发}} \cdot \frac{1}{n^2}$；
3. 受激吸收：$dn_{12} \propto \omega(\nu) n_1 dt = B_{12}\omega(\nu) n_1 dt \Rightarrow W_{12} = B_{12}\omega(\nu) = \frac{dn_{12}}{dt} \cdot \frac{1}{n^2}$（$B_{12}$为爱因斯坦受激吸收系数）；
4. 受激辐射：$dn_{21} \propto \omega(\nu) \cdot n_2 \cdot dt = B_{21} \cdot \omega(\nu) n_2 dt \Rightarrow W_{21} = B_{21} \cdot \omega(\nu) = \frac{dn_{21}}{dt} \cdot \frac{1}{n^2}$；
5. 爱因斯坦三系数A_{21}, B_{12}, B_{21}的相互关系：在热平衡状态下的黑体辐射，单位时间内物质辐射出的光子数等于吸收的光子数：$\frac{dn_{21}}{dt}_{\text{自发}} + \frac{dn_{21}}{dt}_{\text{受辐}} = \frac{\mathrm{dn}_{12}}{\mathrm{dt}}_{\text{受吸}} \Rightarrow \mathrm{A}_{21}\mathrm{n}_2 + \mathrm{B}_{21}\omega(\nu)\mathrm{n}_2 = \mathrm{B}_{12}\omega(\nu)\mathrm{n}_1$；
   a. 腔内粒子服从玻尔兹曼分布律：$\frac{n_2}{n_1} = \frac{g_2}{g_1} e^{-\frac{E_2 - E_1}{kT}}$（$g_1, g_2$为能级$E_1, E_2$的简并度，k为玻尔兹曼常数）；
6. 受激辐射功率与自发辐射功率：
   a. 自发辐射光强：$\mathrm{I}_{\text{自}} = \mathrm{n}_2\mathrm{A}_{21}\hbar\nu$；
   b. 受激辐射光强：$I_{\text{受辐}} = \mathrm{n}_2\mathrm{B}_{21}\omega(\nu)\hbar\nu = \mathrm{n}_2\mathrm{W}_{21} \cdot \hbar\nu$；
   c. 二者之比：$\frac{I_{\text{受辐}}}{\mathrm{I}_{\text{自}}} = \frac{\mathrm{B}_{21}\omega(\nu)}{\mathrm{A}_{21}} = \frac{\mathrm{W}_{21}}{\mathrm{A}_{21}} = \frac{\mathrm{c}^3}{8\pi\hbar\nu\eta^3} \cdot \omega(\nu)$；