

Absorção e Emissão de fótons

(parte 2)

➔ Emissão estimulada, Coeficientes de Einstein e equações de taxa

Excitações coerentes e emissão espontânea via matriz densidade
Equações ópticas de Bloch e Equação mestra (dinâmica do operador densidade)

Outras formulações

→ Veremos ⊕ no futuro (mas, tem relação com o já discutimos!)

Teoria de Perturbação dependente do tempo

Potencial harmônico

$$\hat{H} = \hat{H}_0 + \hat{V}(t) \quad \hat{V}(t) = V(\mathbf{r}) \cos(\omega t)$$

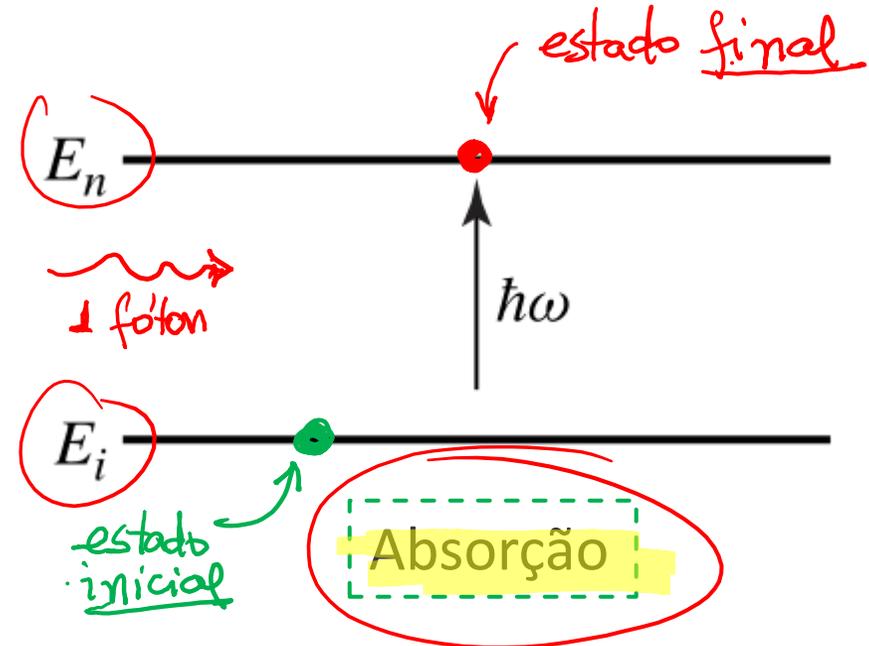
$$c_n(t) \approx -\frac{V_{ni}}{2\hbar} \left[\frac{e^{i(\omega_0 + \omega)t} - 1}{(\omega_0 + \omega)} + \frac{e^{i(\omega_0 - \omega)t} - 1}{(\omega_0 - \omega)} \right]$$

$$\omega \approx -\omega_0$$

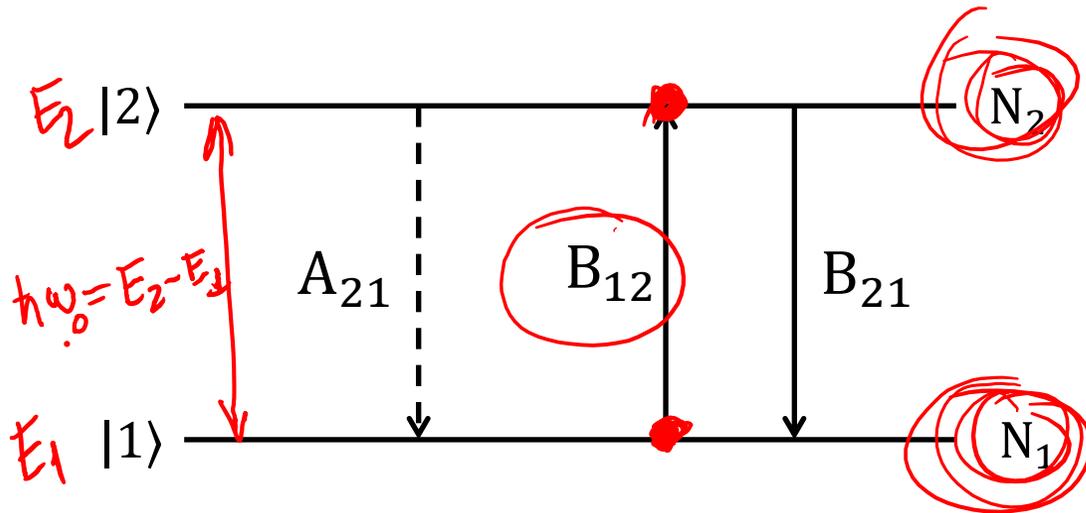
$$\omega_0 \equiv (E_n - E_i) / \hbar$$



Absorção e Emissão estimulada*
 surgem naturalmente da
 teoria de perturbação...



Coeficientes A e B de Einstein



Ensemble: coleção de N átomos (2 níveis) $N = N_1 + N_2$

$u(\omega)$ dens. de energia de fotomas. por unidade de volume, no intervalo $d\omega$ em torno de ω .
 Planck

$$\begin{aligned} \checkmark \frac{dN_1}{dt} &= - \underbrace{u(\omega) B_{12} N_1}_{\# \text{ excit. } |1\rangle \rightarrow |2\rangle} + \underbrace{u(\omega) B_{21} N_2}_{\# \text{ decaimento estimulado } |2\rangle \rightarrow |1\rangle} + \underbrace{A_{21} N_2}_{\# \text{ decaimento espontâneo } |2\rangle \rightarrow |1\rangle} \\ \checkmark \frac{dN_2}{dt} &= + u(\omega) B_{12} N_1 - u(\omega) B_{21} N_2 - A_{21} N_2 \end{aligned}$$

$$\dot{N} = \frac{dN}{dt} = \frac{dN_1}{dt} + \frac{dN_2}{dt} = 0$$

$$\frac{dN_1}{dt} = - \frac{dN_2}{dt}$$

$$\frac{N_2}{N_1} = e^{-h\omega_0/k_B T}$$

No equilíbrio $\dot{N}_1 = \dot{N}_2 = 0$

$$u(\omega) = \frac{\mathcal{L} \omega^3}{(e^{h\omega/k_B T} - 1)}$$

Planck

$$B_{21} = B_{12}$$

$$\frac{A_{21}}{B_{12}} = \frac{8\pi h \omega^3}{c^2}$$

$$A_{21} = B_{12} \left(\frac{8\pi h \omega^3}{c^2} \right)$$

unidades Sist. Gaussiano

