Počáteční stav $\circ$ N fotony $|\{N\}\rangle$ a elektronový stav $|\Psi_m\rangle$

Projektor na počáteční stav

$$P = |\Psi_m\rangle |\{N\}\rangle \langle \{N\}| \langle \Psi_m|$$

Mělo by stačit vyhodnotit selfenergii

$$\langle \Psi | P | \Psi \rangle = \frac{i\hbar}{2\pi\hbar} \oint dE\, e^{-\frac{i}{\hbar}Et} \frac{1}{E - E_m - \Sigma_m(E)}$$

$$\approx i\hbar \oint dE\, e^{-\frac{i}{\hbar}Et} \frac{1}{E - E_m - \Sigma_m(E_m)}$$

$$H_\perp |\{N\}\rangle = \sum_{\lambda q} N_{\lambda q} \hbar \omega_{\vec{q}} |\{N\}\rangle$$
$$\underbrace{\qquad\qquad}_{E_{ph}}$$

$$H_e |\Psi_m\rangle = E_m |\Psi_m\rangle$$

$$\Rightarrow \quad \Sigma_m = \langle \{N\}| \langle \Psi_m| H' \frac{1}{E_m + E_{ph} - H_e - H_\perp + i\varepsilon} H' |\Psi_m\rangle |\{N\}\rangle$$

$$H' = \vec{f} \cdot \vec{A}(0)$$

$$a^\dagger_{\alpha e \lambda} |\{N\}\rangle \perp a^\dagger_{\lambda \vec{q}} |\{N\}\rangle \quad \text{jé-li} \quad \alpha \vec{\xi} \neq \lambda \vec{q}$$

$$H_\perp a^\dagger_{\lambda \vec{q}} |\{N\}\rangle = \left(E_{ph} + \hbar \omega_q\right) a^\dagger_{\lambda \vec{q}} |\{N\}\rangle$$

$$\Sigma_m = \sum_{m \lambda} \int \frac{d\vec{q}}{(2\pi)^2} \frac{1}{2\varepsilon_0 \hbar \omega_q} |\vec{d}_{mm} \cdot \vec{e}_{\lambda \vec{q}}|^2 \left(E_m - E_m\right)^2$$

$$+ \left(\frac{\boxed{N_{\lambda \vec{q}}}}{E_m - E_m + \hbar \omega_{\vec{q}} + i\varepsilon} + \frac{\boxed{N_{\lambda \vec{q}}} + 1}{E_m - E_m - \hbar \omega_{\vec{q}} + i\varepsilon} \right)$$

$|\phi\rangle$ vakuum $\longleftarrow \langle\{N\}|$ $\Rightarrow$ $N_{\vec{k}\vec{q}} = 0$

$$\sum_m = \cdots \frac{1}{E_u - E_m - \hbar\omega_{\vec{q}} + i\varepsilon} \quad \longleftarrow \text{2. člen } E_m$$

$\curvearrowright$ emise fotonu

Pokud nejsme ve vakuu $\rightarrow$ příspěvek emise se zvětšuje

o faktor $N_{\vec{k}\vec{q}} + 1$

1. člen

Dává velký příspěvek v oblasti $E_u \approx E_m + \hbar\omega_{\vec{q}}$ $\longleftarrow$ 1 fotonu

$\curvearrowright$ počáteční stav

Jde o absorpci fotonu !!!

Systém ve smíšeném stavu

světlo ve smíšeném stavu

místo $|\{N\}\rangle|\Psi_u\rangle\langle\Psi_u|\langle\{N\}|$ máme

$$\hat{\rho} = \sum_{N_{\vec{k}\vec{q}}} \rho_{N_{\vec{k}\vec{q}}} |N_{\vec{k}\vec{q}}\rangle\langle N_{\vec{k}\vec{q}}| \; |\Psi_u\rangle\langle\Psi_u|$$

$$\sum_m = \mathrm{Tr}\{\sum_m \hat{\rho}\}$$

$$= \sum_{N_{\vec{k}\vec{q}}} \rho_{N_{\vec{k}\vec{q}}} \langle N_{\vec{k}\vec{q}}|\langle\Psi_u| \sum_m |\Psi_u\rangle|N_{\vec{k}\vec{q}}\rangle$$

$$= \sum_{m,\lambda} \int \frac{d\vec{q}}{(2\pi)^3} \frac{1}{2\varepsilon_0 \hbar \omega_q} |\vec{d}_{um} \cdot \vec{\ell}_{\lambda\vec{q}}|^2 (E_u - E_m)^2$$

$$\left(\frac{n_{\lambda\vec{q}}}{E_u - E_m + \hbar\omega_{\vec{q}} + i\varepsilon} + \frac{n_{\lambda\vec{q}} + 1}{E_u - E_m - \hbar\omega_{\vec{q}} + i\varepsilon} \right)$$

skládní/přeb fotonů — ve omíšeně
stam