

Soppressione dell'emissione spontanea di atomi in cavità

Riferimenti: S. Haroche e L. Moi, in *Interaction of Radiation with Matter*, Quaderni Scuola Normale Superiore, Pisa 1987

Osservazione: Alterazione della densità di modi della radiazione elettromagnetica in cavità rispetto alle densità di modi nello spazio libero

Scopo: Inibizione dell'emissione spontanea di un atomo eccitato di Cs confinandolo in una cavità costituita di due specchi piani paralleli distanti circa $1 \mu\text{m}$

Osservazioni precedenti: Soppressione dell'emissione spontanea nelle transizioni a microonda tra livelli di Rydberg di atomi alcalini

EMISSIONE SPONTANEA IN CAVITA'

- Nello spazio libero $\rightarrow \Gamma_0 = \frac{4}{3} \frac{e^2 \omega^3}{c^3} |\langle r \rangle|^2$

con $|\langle r \rangle|^2$ elemento di matrice dell'accoppiamento radiale dei due livelli

- Densità di modi nello spazio libero

$$\rho_0(\omega) = 2 \frac{\omega^2}{2\pi^2 c^3}$$

- Densità di modi in una cavità

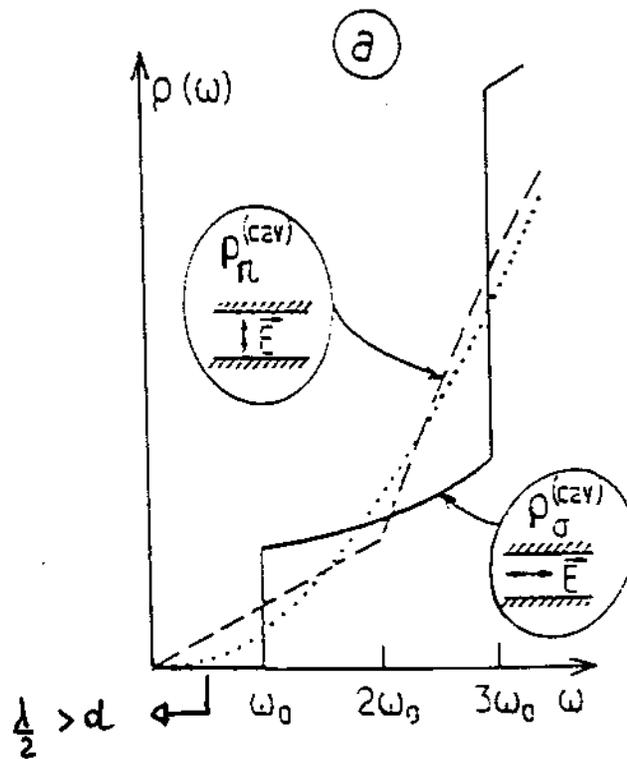
$$\rho(\omega) = \frac{1}{2\pi Q V_c} \frac{\omega_c}{(\omega - \omega_c)^2 + (\omega_c/2Q)^2}$$

- $\Gamma_{cav.} = \Gamma_0 \frac{\rho(\omega)}{\rho_0(\omega)}$

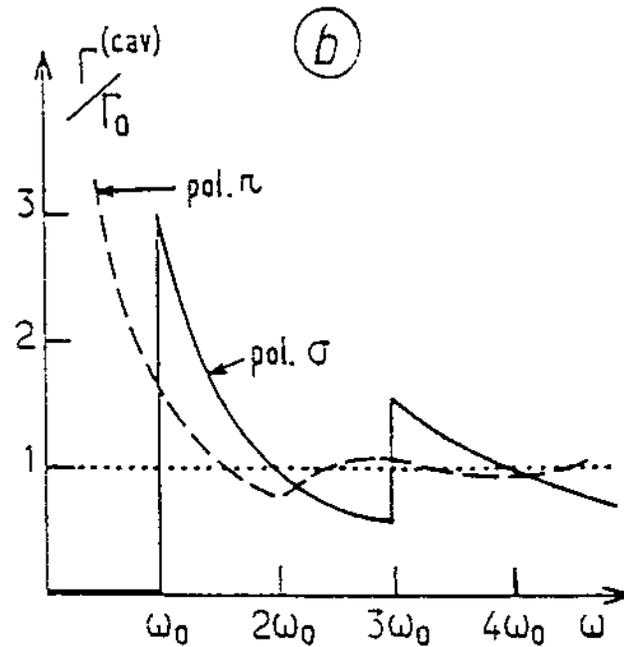
- Aumento ($\omega = \omega_c$) $\rightarrow \Gamma_{cav.} = \Gamma_0 \frac{Q}{4\pi^2} \frac{\lambda_c^3}{V_c}$

- Inibizione ($2\omega = \omega_c$) $\rightarrow \Gamma_{cav.} = \Gamma_0 \frac{1}{8\pi^2} \frac{1}{Q} \frac{\lambda_c^3}{V_c}$

SPECCHI PIANI PARALLELI



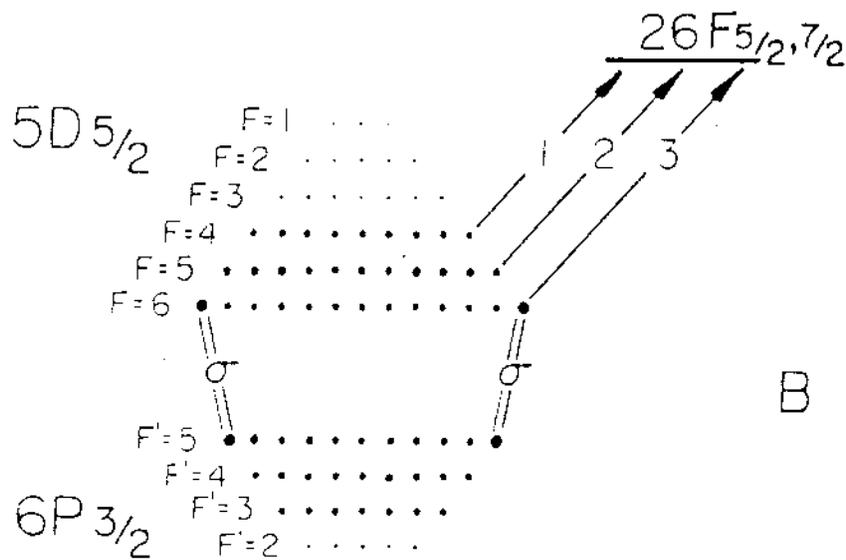
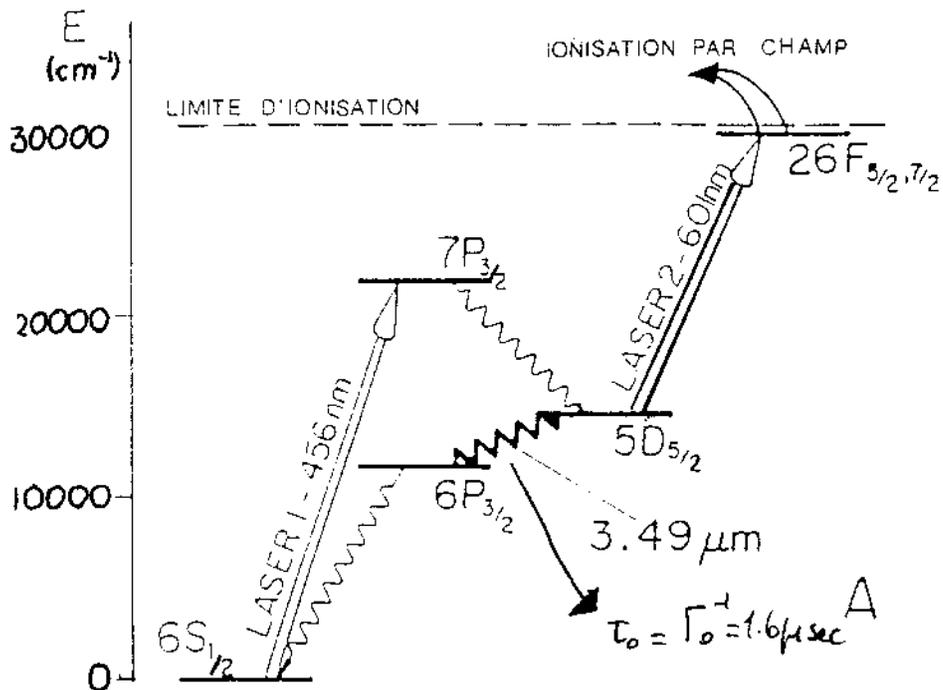
$$\rho_{\pi}^{(cav)}(\omega) = \frac{3\lambda}{4d} \rho_o(\omega)$$



$$\frac{\Gamma^{(cav)}}{\Gamma_0} = \frac{\rho^{(cav)}(\omega)}{\rho_o(\omega)}$$

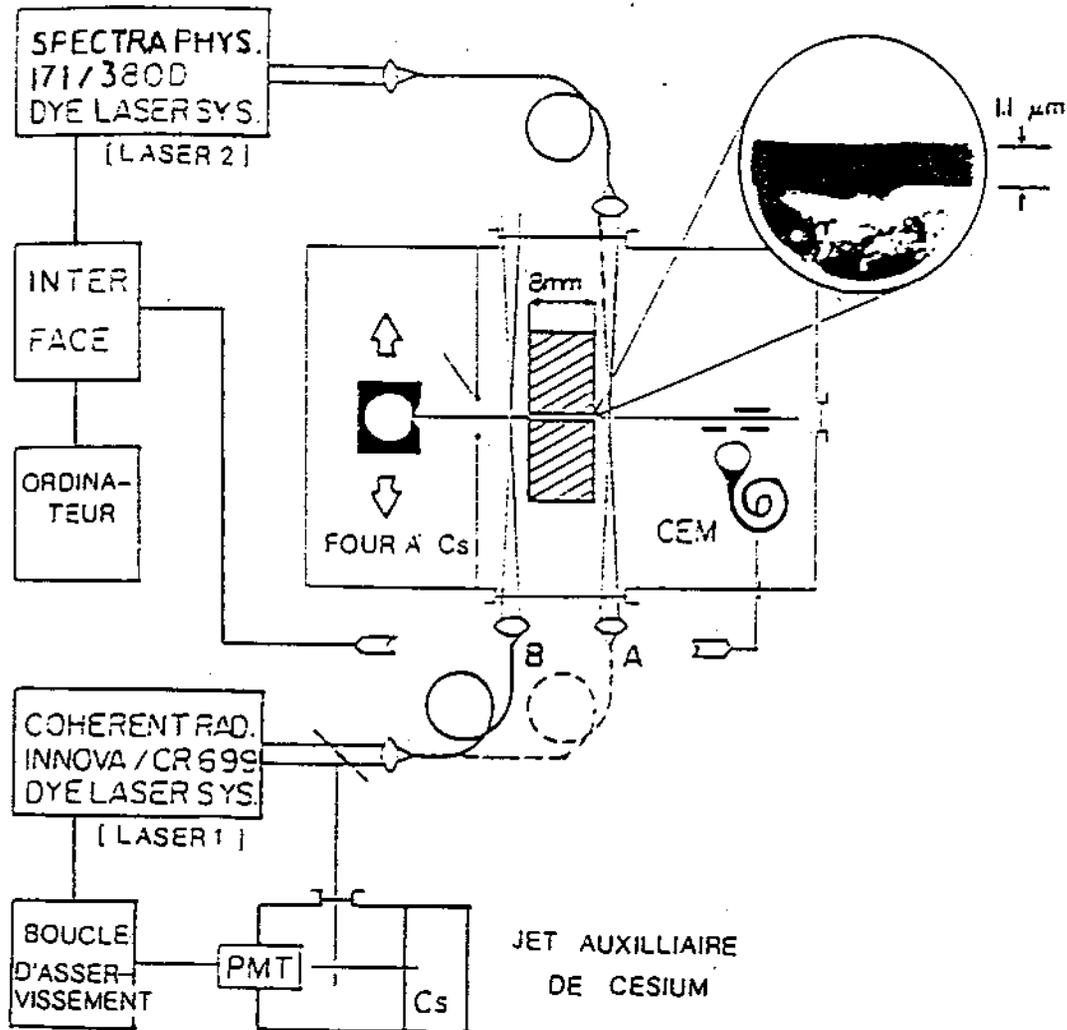
- modi con E_{\parallel} a $d/2$ (σ) $\Gamma_{cav}=0$ per $\omega < \omega_0$
- modi con E_{\perp} (π) a $d/2$ $\Gamma_{cav} > \Gamma_0$ per $\omega < \omega_0$
- Effetti rilevabili per $\lambda \sim d$

LIVELLI DI INTERESSE NEL CESIO



- $5D_{5/2} F=6 m_F = \pm 6 \Rightarrow 6D_{3/2} F=5 m_F = \pm 5$ soppressa in polarizzazione σ in specchi piani paralleli separati da $d < 1.79 \mu\text{m}$.

APPARATO STRUMENTALE



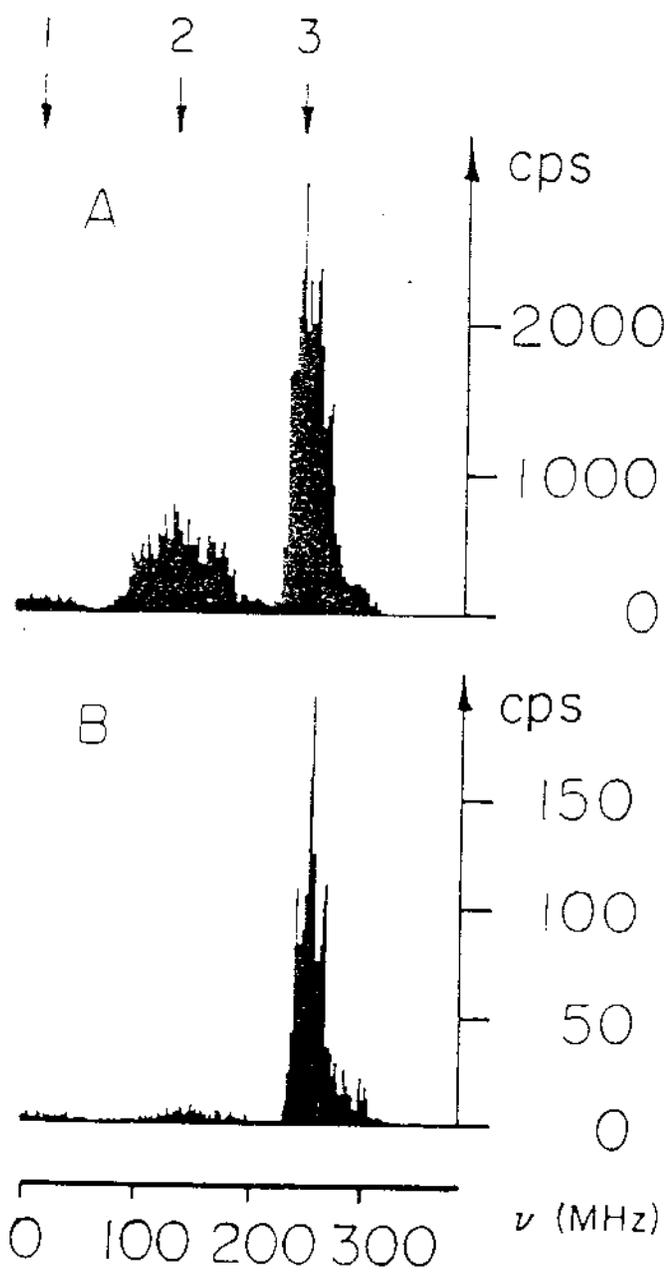
$$L_1 = 456 \text{ mm}$$

$$L_2 = 601 \text{ mm}$$

$$6S_{1/2} \rightarrow 7P_{3/2}$$

$$5D_{5/2} \rightarrow 26F_{5/2, 7/2}$$

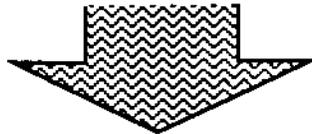
RISULTATI



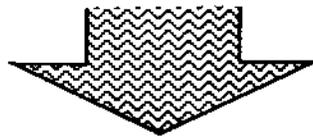
COLLIMAZIONE



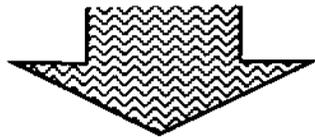
MISURA $\bar{\nu}$ FASCIO CESIO



$$\tau_{\text{volo}} = 12.8 \tau$$



MISURA POPOLAZIONI $5D_{3/2}$ $F=6, 5, 4$

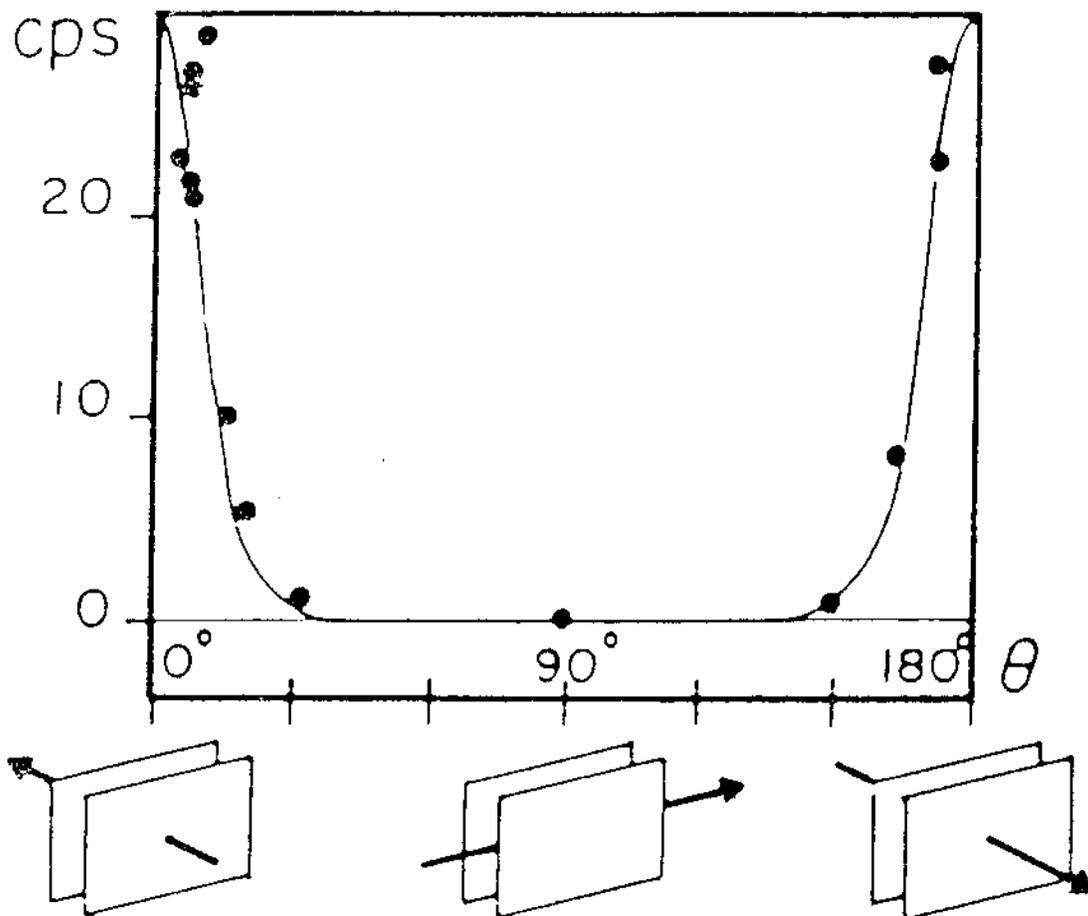


MISURE DELLA SOPPRESSIONE
DELL'EMISSIONE SPONTANEA PER
L'EFFETTO DELLA CAVITA' SUL TEMPO DI
VITA DEI LIVELLI $5D_{3/2}$ $F=6$ $M = \pm 6$



$$\Gamma = 0.4 \Gamma_0$$

DIPENDENZA DELLA TRASMISSIONE DAL CAMPO MAGNETICO APPLICATO



- Il mescolamento degli stati $F=6$ $m_F=\pm 6$ con quelli $m_F < |6|$ a tempo di vita più corto riduce la trasmissione

QUAL E' IL LIMITE PER L'ALLUNGAMENTO DEL TEMPO DI VITA DI UN ATOMO ECCITATO?

- Riflettività finita \Rightarrow può, in teoria, essere migliorata. Nel lavoro presentato, tasso limite di emissione $\Gamma=0.04 \Gamma_0$ ($25 \tau_0$)

- Limitazione fondamentale: interazione di van der Waals degli atomi con le pareti della cavità.



Limitazione del tempo di volo

- Nel dominio ottico $\tau_{\max}/\tau_0=10\sim 20$