

激光与三能级系统的相干作用

李福利

(中国科学技术大学)

J. N. Elgin

(英国帝国学院)

SU(3)夸克理论最近被用于研究激光与三能级系统的相干作用、在八维的 SU(3) 相干空间中推广的布洛赫方程为

$$\frac{\partial r_i}{\partial \tau} = f_{ijk} \gamma_j r_k, \quad (1)$$

式中重复脚标代表求和, 方程(1)中 $f_{123}=1$, $f_{147}=f_{165}=f_{246}=f_{257}=f_{345}=f_{376}=1/2$, $f_{458}=f_{678}=3/2$, $\gamma_1=\varepsilon_a \mu_{12}/\hbar \equiv \Omega_a$, $\gamma_3=-\Delta_{12}$, $\gamma_8=(\Delta_{12}-2\Delta_{23})/\sqrt{3}$, $\gamma_6=\varepsilon_b/\mu_{23}/\hbar \Omega_b$, $\gamma_2=\gamma_4=\gamma_5=\gamma_7=0$, μ 是电偶极矩阵元。两个激光脉冲的标准形式为

$$E_q = \hat{x}_q \varepsilon_q \cos(\omega_q t - k_q z + \phi_q) \quad (2)$$

($q=a, b$)

假设这二个激光脉冲场的波形相同, 则八维空间可约化为小的对称性的空间, 其中的一个子空间是三维空间, 在此三维空间内, 布洛赫方程变为

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} &= -\Delta V \\ \frac{\partial V}{\partial t} &= (\varepsilon_a^2 + \varepsilon_b^2)^{1/2} W + \Delta U \\ \frac{\partial W}{\partial t} &= -(\varepsilon_a^2 + \varepsilon_b^2)^{1/2} V, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

式中 U 、 V 和 W 是 r_i 和拉比频率 Ω_a 和 Ω_b 的函数, $\Delta = \Delta_{12} = -\Delta_{23}$ 。

对 $\mu_{12}^2 \omega_a = \mu_{23}^2 \omega_b$ 的情况, 麦克斯韦方程为

$$\left(\frac{\partial}{\partial z} + \frac{n}{c} \frac{\partial}{\partial t} \right) (\varepsilon_a^2 + \varepsilon_b^2)^{1/2} = -(B \mu_{23}^2 \omega_b) \int_{-\infty}^{\infty} V(\Delta \omega, z, t) g(\Delta \omega) d(\Delta \omega) \quad (4)$$

式中的积分考虑到了原子线型, $B = 2e^2 N \hbar / \varepsilon_0 c$, N 是原子数密度。

方程(3)和(4)与二能级的自感透明的方程的形式相同。可直接得到脉冲波形的解析解

$$(\varepsilon_a^2 + \varepsilon_b^2)^{1/2} \hbar / \mu_{23} = \frac{2}{\tau} \operatorname{sech}[(t-z/v)/\tau] \quad (5)$$

三能级情况的面积定理为

$$\frac{dA}{dz} = -\frac{\alpha}{2} \sin A, \quad (6)$$

式中 $A = \int_{-\infty}^{\infty} (\varepsilon_a^2 + \varepsilon_b^2)^{1/2} dt'$, α 是常数, 2π 脉冲要求 $A = 2\pi$ 。

对于上述情况, 还可导致激光与三能级原子作用的光子回声及共振荧光等相干作用。