

## 电子科技大学

2003 年攻读硕士学位研究生入学试题  
考试科目: 激光原理 (408)

(应届考生作第一至第七题; 在职考生作第一、第二、第三、第五、第六题, 并在第四、第七、第八、第九题中选作两题)

## 一、解释名词 (12 分)

- 1、光子简并度    2、集居数反转    3、腔内单程渡越附加相移    4、均匀加宽  
5、增益饱和    6、空间烧孔    7、兰姆凹陷    8、频率牵引

二、在一个空腔黑体内, 考虑光和腔壁物质两能级原子的相互作用, 涉及受激跃迁, 自发跃迁过程。当空腔处于热平衡状态时, 导出爱因斯坦关系, 并说明结果的物理意义。(15 分)

三、对于一般共轴球面谐振球腔, 两镜曲率半径分别为  $R_1, R_2$ , 腔长为  $L$ , 假设自在现模为高斯光束。证明: 只有谐振腔稳定时, 高斯光束的共焦参数才为实数。(15 分)

四、厄密高斯光束的表达式为 (20 分, 第一小题 15 分, 第二小题 5 分)

$$\Psi_{m,n}(x, y, z) = C_{m,n} \frac{w_0}{w(z)} H_m \left( \frac{\sqrt{2}x}{w(z)} \right) H_n \left( \frac{\sqrt{2}y}{w(z)} \right) \exp \left( -\frac{r^2}{w^2(z)} \right) \exp \left( \begin{aligned} & -ik \left( z + \frac{r^2}{2R(z)} \right) \\ & + i(m+n+1) \arctg \left( \frac{z}{f} \right) \end{aligned} \right)$$

其中  $f$  为共焦参数,  $k = 2\pi/\lambda$ 。如果第  $m, n$  阶厄密高斯光束为某一的共轴球面谐振球腔

(两镜曲率半径分别为  $R_1, R_2$ , 腔长为  $L$ ) 的自再现模,

1、证明, 其谐振频率为:

$$\nu_{m,n,q} = \frac{c}{2L} \left( q + \frac{1}{\pi} (m+n+1) \cos^{-1} \sqrt{(1-L/R_1)(1-L/R_2)} \right)$$

2、讨论频率简并的情况。

(提示: 考虑光轴上  $r=0$  的腔内单程相移和光学正反馈条件,  $\lg \theta_i = z_i / f$ )

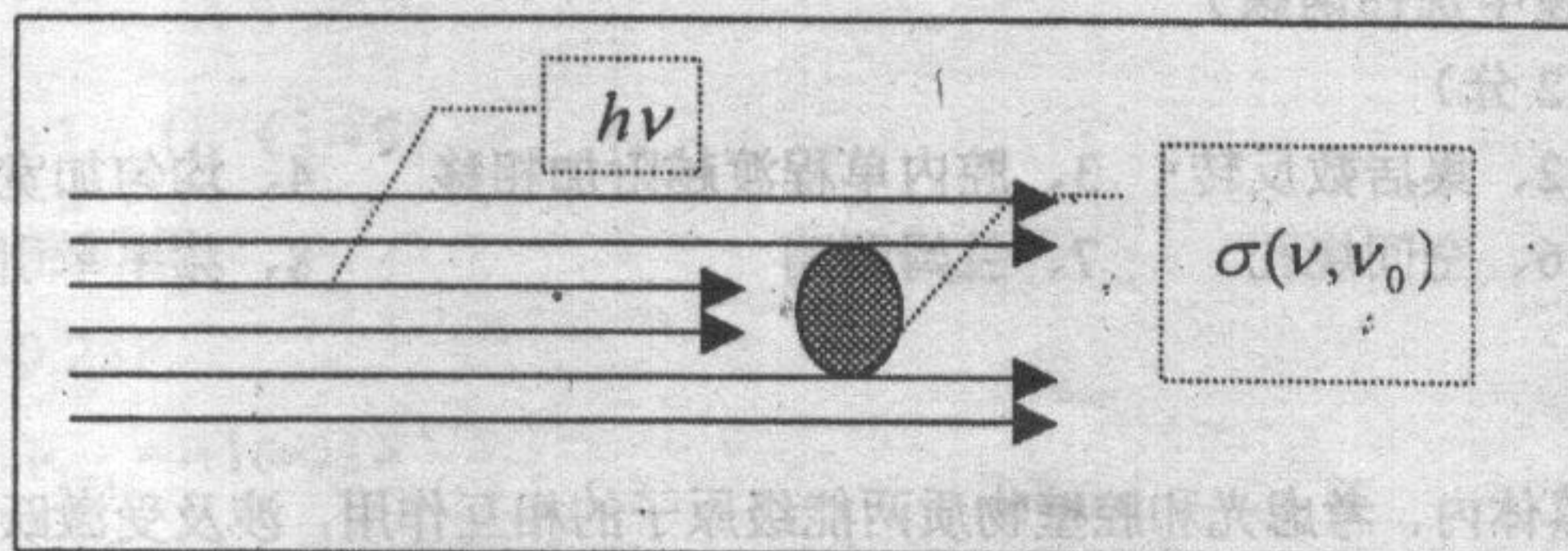
$$\sin \theta_i = z_i / \sqrt{(f^2 + z_i^2)}, \cos \theta_i = f / \sqrt{(f^2 + z_i^2)} \quad i=1,2$$



$$\cos(\theta_2 - \theta_1) = \cos\theta_1 \cos\theta_2 + \sin\theta_1 \sin\theta_2$$

五、考虑受激跃迁，假设光子流从一个方向入射（如图）。（15 分，第一小题 7 分，第二小题 8 分）

- 1、证明单位时间入射到跃迁截面  $\sigma(\nu, \nu_0)$  内的光子数目等于受激跃迁速率；
- 2、求跃迁截面  $\sigma(\nu, \nu_0)$  的表达式。

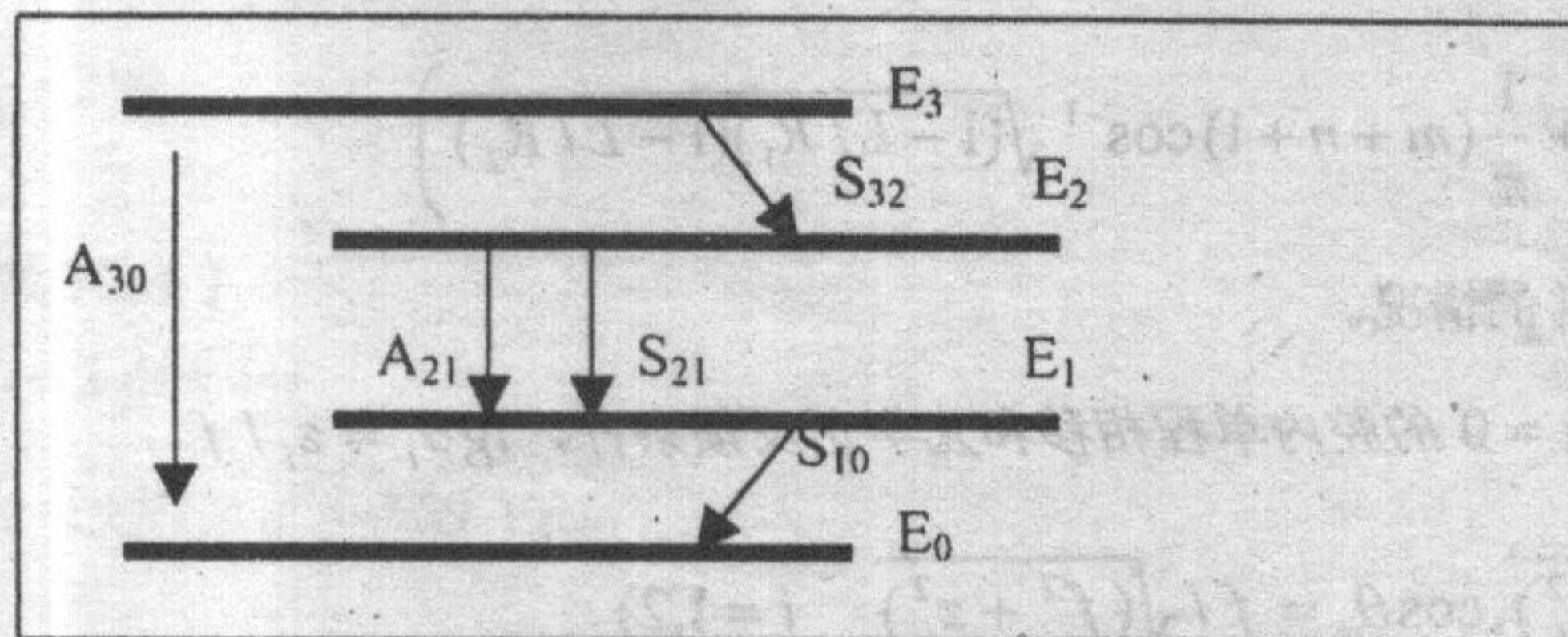


六、根据第四题的结果（15 分，第一小题 7 分，第二小题 8 分）

- 1、证明：对于均匀加宽和多普勒加宽， $\sigma(\nu_0, \nu_0)$  分别正比于波长的平方和三次方；
- 2、由此说明对于多普勒加宽介质，相同上能级、不同下能级的，长波长跃迁的增益系数比短波长跃迁的增益系数高。

七、考虑一个四能级系统（如图），初始时处于四能级的原子为  $N_0$ ，其它能级的原子数为零，从高能级到低能级的跃迁数率已在图中标出（A 表示自发辐射，S 表示无辐射弛豫）。（8 分，每小题 4 分）

- 1、写出各能级原子数和从  $E_2$  能级到  $E_1$  能级跃迁的光子数速率方程组；
- 2、求总量子效率  $\eta = N / N_0$ 。（N 表示从  $E_2$  能级到  $E_1$  能级自发辐射光子总数）。





八、有光源一台，单色仪一台，光电倍增管一台，端面抛光  $\text{Nd}^{+3}\text{YAG}$  晶体一块，长度  $l$ 。  
 $\text{Nd}^{+3}$  浓度为  $n$ 。1.06  $\mu\text{m}$  荧光线宽为  $\Delta\nu_F = 2 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$ 。测量 1.06  $\mu\text{m}$  跃迁的吸收截面和能级寿命。(20 分，第一小题 7 分，第二小题 7 分，第三小题 6 分)

- 1、画出实验框图；
- 2、写出实验步骤；
- 3、写出计算公式。

九、解释下列现象 (8 分，每小题 2 分)

- 1、碰撞加宽连续工作气体激光器输出为单模；
- 2、多普勒加宽连续工作气体激光器输出不一定为单模；
- 3、增益较强时，均匀加宽固体激光器输出为多模；
- 4、脉冲工作时，均匀加宽激光器输出也可能是多模；