

# 哈尔滨工业大学

第 1 页  
共 4 页

## 二〇〇八年硕士研究生入学考试试题

考试科目: 激光原理 报考专业: 物理电子学

考试科目代码: [ 817 ] 是否允许使用计算器: [ 是 ]

考生注意: 答案务必写在答题纸上, 并标明题号。答在试题上无效。

题号	一	二	三	四	五	六	七						总分
分数	40	40	20	10	10	15	15						150 分

物理常数:

真空中光速  $c=3 \times 10^8 [\text{m/s}]$

普朗克常数  $h=6.626 \times 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}]$

电子电荷  $e=1.6 \times 10^{-19} [\text{C}]$

一. 填空 (每空 2 分, 共 40 分, 按(1)、(2)……(20)顺序写在答题纸上)

1. 设激光器的输出波长为  $632.8\text{nm}$ , 这是 [ (1) ] 激光器常用的发射波长, 光子能量为 [ (2) ] J。假设除输出镜的透射损耗外无其它损耗, 输出功率为  $1\text{W}$ , 则工作物质每秒从上能级向下能级受激辐射跃迁的粒子数为 [ (3) ] 个。
2. 已知上能级向基态的跃迁波长为  $500\text{nm}$ , 上能级的平均自发发射寿命为  $1\mu\text{s}$ , 则自发跃迁几率  $A_{21}$  为 [ (4) ]  $\text{s}^{-1}$ ; 受激发射系数  $B_{21}$  为 [ (5) ]  $\text{m}^3\text{J}^{-1}\text{s}^{-2}$ 。如果上下能级的统计权重  $g_1/g_2=2$ , 此时受激吸收系数  $B_{12}$  为 [ (6) ]  $\text{m}^3\text{J}^{-1}\text{s}^{-2}$ 。
3. 四能级系统的增益系数的一般表达为 [ (7) ], 其中反转粒子数密度  $\Delta n$  可用上下能级粒子数密度和统计权重表示为 [ (8) ]。增益系数的表达式中 [ (9) ] 与外界激发作用有关, [ (10) ] 与能级本身的性质有关。

4. 圆形镜对称共焦腔的横模标识  $TEM_{mn}$ , 其中下标  $m$  表示光强分布延 [ (11) ] 方向的节线数,  $n$  表示延 [ (12) ] 方向的节线数。

第 2 页  
共 4 页

5. 平凹腔中凹面镜曲率半径  $R=1\text{m}$ , 腔长  $L=0.8\text{m}$ ,  $\lambda=0.314\mu\text{m}$ , 计算其基模高斯光束在平面镜处的光斑半径为 [ (13) ], 凹镜面处光斑半径为 [ (14) ], 远场发散角为 [ (15) ]。

6. 高斯光束波长为  $\lambda=3.14\mu\text{m}$ , 某处的  $q$  参数为  $q=1+i\text{ (m)}$ , 计算此光束腰斑半径  $w_0$  为 [ (16) ], 该处光斑半径为 [ (17) ], 等相位面曲率半径为 [ (18) ]。

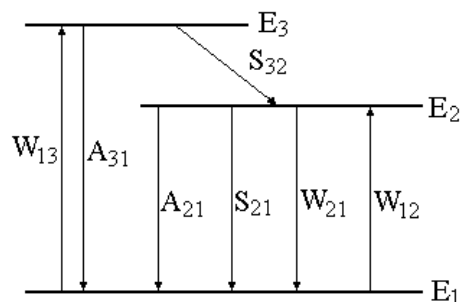
7. 在激光振荡—放大系统中, 脉冲宽度、光束发散角以及谱线宽度主要由 [ (19) ] 决定, 激光的能量和功率则主要取决于 [ (20) ]。

## 二. 简要回答下列问题 (每题 4 分, 共 40 分)

1. 原子的自发发射和受激发射。
2. 谐振腔的损耗类型包括哪些? 列举三个用于描述损耗的参数?
3. 三能级系统和四能级系统最本质区别是什么? 为什么三能级系统实现粒子数反转比四能级系统困难?
4. 什么是增益饱和? 均匀加宽和非均匀加宽工作物质的增益饱和的基本特征分别是什么?
5. 激光为什么具有很高的亮度?
6. 光子简并度  $\bar{n}$  的概念, 温度为  $T$  的普通光源的光子简并度的表达式。
7. 频率牵引及其形成的原因。
8. 简述横模选择技术的基本原理。
9. 在电光调  $Q$  方法中, 请比较 PRM (脉冲反射式) 和 PTM (脉冲透射式) 的特点。
10. 主动锁模和被动锁模。

三. 已知三能级激光系统(如下图), 其能级间各跃迁的几率分别为: 无辐射跃迁  $S_{32}=5\times 10^6\text{s}^{-1}$ ,  $S_{21}\approx 0$ ; 自发发射  $A_{31}=3\times 10^6\text{s}^{-1}$ ,  $A_{21}=3\times 10^2\text{s}^{-1}$ 。激光上下能级的统计权重均为 3, 腔内只存在一个振荡模, 不计光的各种损耗。(20 分)

- (1) 说明闪光灯泵浦情况下该激光器的激光形成过程;
- (2) 请列出完整的速率方程组;
- (3) 稳态情况下, 如果介质激光上下能级粒子数相等, 则  $W_{13}$  应为多少?



四. 均匀加宽激光器初始小信号下的反转粒子数密度为  $2\times 10^{14}\text{cm}^{-3}$ , 中心频率处的发射截面为  $10^{-16}\text{cm}^2$ , 腔长为 50cm, 腔内往返一周的总损耗率为 0.1, 介质的折射率为 1。(10 分)

- (1) 计算反转粒子数和阈值反转粒子数的比值  $\Delta n/\Delta n_t$ ;
- (2) 计算相邻纵模的频率间隔。

五. He—Ne 激光器的波长为 632.8nm 上下能级寿命均为 20ns, 放电管内气压为 200Pa, 原子量  $M=20$ , 压力加宽系数  $\alpha=0.75\text{MHz/Pa}$ 。(10 分)

- (1) 计算谱线的均匀加宽  $\Delta\nu_H$ ;
- (2) 计算温度 500K 时谱线的非均匀加宽  $\Delta\nu_D$  并判断哪种加宽占优势。

六. 两个(波长相同并且同轴)高斯光束的共焦参数分别为  $f=1\text{m}$  和  $f'=2\text{m}$ 。(15 分)

- (1) 计算高斯光束的远处发散角比值  $\theta'/\theta$ ;
- (2) 如果要用一个焦距  $F=1.5\text{m}$  的凸透镜使两高斯光束匹配, 求透镜与两高斯光束的相对位置。

- (3) 假设两高斯光束的位置固定，束腰间距离为 5m，为了使其匹配，使用的透镜焦距是多少？应置于何处？

第 4 页  
共 4 页

七. (1) 什么是高斯光束的复曲率半径 ( $q$  参数的定义)？写出高斯光束传输的 ABCD 公式。

(2) 用高斯光束在谐振腔中的自再现变换方法，证明谐振腔的稳定性条件。

(15 分)