

# 哈尔滨工业大学

第 1 页  
共 4 页

## 二〇〇七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： [ 417 ]

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 | 15 | 15 | 10 | 10 |  |  |  |  |  | 150 分 |

物理常数：

真空中光速  $c=3 \times 10^8$  [m/s]

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

电子电荷  $e=1.6 \times 10^{-19}$  [c]

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

1. 可见光的波长范围在 [ (1) ] nm- [ (2) ] nm 之间，紫外光的波长范围在 [ (3) ] nm- [ (4) ] nm 之间。
2. 光子简并度  $\bar{n}$  是指 [ (5) ]。频率为  $\nu$ ，温度为 T 的普通光源的光子简并度  $\bar{n}=[(6)]$ ；  
频率为  $\nu$ ，单模发射功率为 P，相干时间为  $\tau_c$  的激光的光子简并度为  $\bar{n}=[(7)]$ 。
3. 红宝石激光器的常用发射波长为 [ (8) ] nm，Nd<sup>3+</sup>: YAG 激光器的常用发射波长为 [ (9) ] nm，He-Ne 激光器的常用发射波长为 [ (10) ] nm。
4. 一台红宝石激光器，腔长  $L=0.5$  m，振荡线宽  $\Delta \nu_o=2.4 \times 10^{10}$  Hz，在腔内插入 F-P 标准具选单纵模。已知标准具内介质的折射率  $n=1$ ，则标准具的间距 d 为 [ (11) ]。

5. 有一多纵模激光器，纵模数是 1000 个，该激光器腔长为 1.5m，第 2 页  
输出激光的平均功率为 1W。设各纵模振幅相等，则在锁模情况下，共 4 页  
光脉冲的周期为 [ (12) ]s，脉冲宽度为 [ (13) ]s，峰值功率为 [ (14) ]W。
6. 一台 YAG 调 Q 激光器输出脉冲宽度  $\Delta t=10\text{ns}$ ，脉冲能量  $E=30\text{mJ}$ ，则峰值功率  
 $P=[ (15) ]\text{kW}$ 。
7. 由曲率半径  $R_1=40\text{cm}$ ， $R_2=-20\text{cm}$ ， $L=10\text{cm}$  组成的虚共焦非稳腔，光线在其中往返一  
周的几何放大率  $M=[ (16) ]$ ，往返损耗率  $\xi_{\text{往返}}=[ (17) ]$ 。
8. 光线在自由空间中传输距离  $L$  时，其传输矩阵  $T_L=[ (18) ]$ ，光线经曲率半径为  $R$   
的球面反射时，其反射矩阵  $T_R=[ (19) ]$ ，光线经焦距为  $F$  的薄透镜透射时，其透  
射矩阵  $T_F=[ (20) ]$ 。

二. 简要回答下列问题（每题 4 分，共 40 分）

1. 频率为  $\nu$  的光子具有的能量、质量、动量和光子的静止质量是多少？
2. 原子的受激吸收和受激发射。
3. 激光与普通光的产生机理有何不同？与普通光相比激光有哪些特性？
4. 谱线的均匀加宽，均匀加宽的类型和线型。
5. 激光器速率方程理论的成功之处及局限性。
6. 光波模式的概念，激光器中的横模与纵模。
7. 兰姆凹陷及其产生的条件。
8. 光学谐振腔的作用。
9. 平行平面腔的主要优点和缺点。
10. 调 Q 的基本原理。

三. 有一固体工作物质，与激光作用有关的能级有 5 个： $E_1=0$ ， $E_2=0.19\text{eV}$ ， $E_3=1.36\text{eV}$ ，  
 $E_4=1.53\text{eV}$ ， $E_5=1.66\text{eV}$ ，激光发生在  $E_3 \rightarrow E_2$  能级间。 $E_4$ 、 $E_5$  能级是两个吸收能级，  
即泵浦带， $E_3$  为亚稳态，用闪光灯泵浦。（20 分）

(1) 画出以该工作物质为激光器的结构示意图及能级图；

(2) 说明该激光器的激光形成过程及产生的激光波长；

第 3 页

(3) 闪光灯中必须含有什么波长的光，才能有效地激发？

共 4 页

四. 有甲、乙两个光学谐振腔，甲光学谐振腔有关参数为： $R_1=20\text{cm}$ ， $R_2=-32\text{cm}$ ， $L=16\text{cm}$ ；乙光学谐振腔有关参数为： $R_1=100\text{cm}$ ， $R_2=-50\text{cm}$ ， $L=25\text{cm}$ ；工作波长  $\lambda=1\times 10^{-4}\text{cm}$ 。(15 分)

(1) 判断两个腔的腔型；

(2) 如果是稳定腔，确定它的等价共焦腔的位置（要求画出），并计算束腰  $\omega_0$ ，及远场发散角  $\theta$ ；

(3) 如果是非稳腔，确定两反射镜共轭像点位置，并画出波形。

五. 有一三能级激光系统，其能级跃迁简化模型如图所示。图中， $W_{12}$  与  $W_{21}$  为受激吸收与受激辐射几率，非辐射跃迁几率  $S_{32}=2\times 10^6\text{ (S}^{-1}\text{)}$ ，自发辐射几率  $A_{21}=2\times 10^3\text{ (S}^{-1}\text{)}$ ，单位体积工作物质内的总粒子数  $n=2\times 10^{19}\text{ (cm}^{-3}\text{)}$ ，光腔内只存在一个振荡模，光子数为  $N$ ， $E_1$ 、 $E_2$  两能级的统计权重相等 ( $g_1=g_2$ )。(15 分)

(1) 写出完整的速率方程组（不计腔内光子损耗）；

(2) 稳态时，抽运几率  $W_{13}$  为多大时，激光上、下能级粒子数相等？

(3) 计算情形 (2) 时各能级上的粒子数。

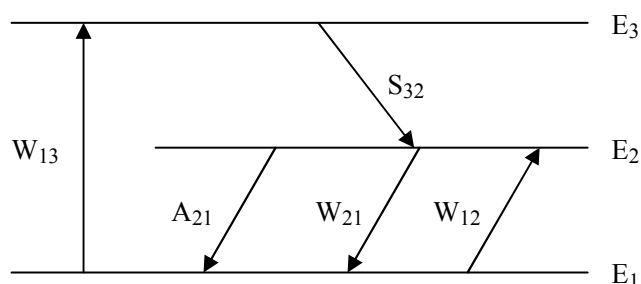


图 1 三能级激光系统能级跃迁图

六. 详细论述介质的增益系数（定义，一般表达式，决定增益系数大小的因素，小信号增益系数，增益饱和，均匀加宽与非均匀加宽两种情况下的增益饱和特点）。

(10 分)

七. 激光器与无源腔间有一薄透镜, 其焦距为  $F$ , 用  $q$  参数变换规律证明, 第 4 页  
在匹配的情况下, 有: 共 4 页

$$\frac{l-F}{l'-F} = \frac{f_0}{f'_0}$$

$f_0$  与  $f'_0$  分别表示激光谐振腔与无源腔中高斯光束的共焦参数:

$$f_0 = \frac{\pi \omega_0^2}{\lambda}, \quad f'_0 = \frac{\pi \omega'_0{}^2}{\lambda} \quad (10 \text{ 分})$$

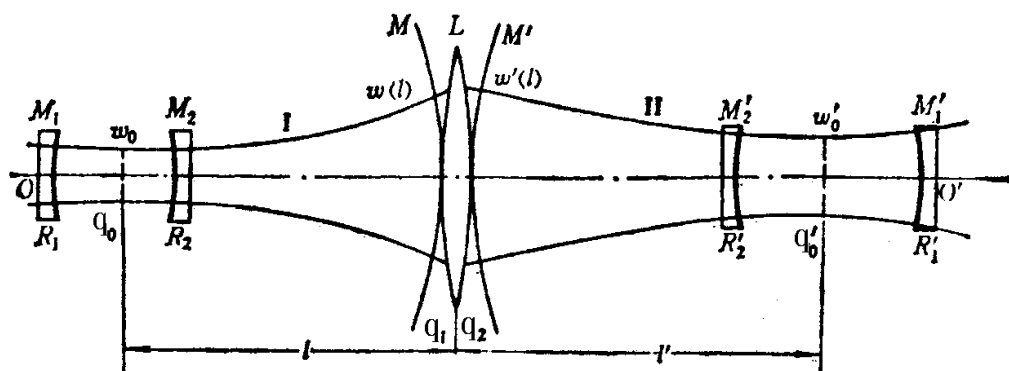


图 2 激光谐振腔高斯光束与无源腔模式匹配示意图