

激光原理知识点整理

激光原理我们当时由于疫情刚放开，也就是 2022 年 12 月那一阵子提前返家，导致后面调 q 锁模啥的很多真正的激光应用没有学到，所以当时考试也没有过多考察这一部分，不过我还是希望你们去好好学学后面那部分，去 b 站看华科的激光原理就完全 ok，等下我把链接放下面，上课听不懂没关系，听华科录课就完全能听懂。如果有想保研并且研究生还想读光电专业的话我建议激光原理认真真学，保研面试激光原理部分尤其是激光技术应用那块（调 q、锁模等等）提问还是挺多的。期末会考计算题，就是上课 ppt 原题换个数，一共没几道。

1-50 讲

https://www.bilibili.com/video/BV1hp4y1H7o8?p=1&vd_source=2fe34127fe76702c6c512d350e431d7c

41-58 讲

https://www.bilibili.com/video/BV1b54y127PP/?spm_id_from=333.788.recommend_more_video.6&vd_source=2fe34127fe76702c6c512d350e431d7c

这是对应的 ppt，我记得应该不全

链接：<https://pan.baidu.com/s/1xQMMyJMQOubISECaox0GC1A>

提取码：qkao

链接：<https://pan.baidu.com/s/1yxDgkO3azjRAfMsKMdVXbA>

提取码：czre

题目的答案基本都在崔老师上课的 ppt 或华科 ppt 里面，（没有的话可以到网上搜搜，b 站有个叫光电面壁人的 up 主总结的知识点挺全的可以看看）所以我就没做答案，如果你愿意的话可以拿这个文档在你一边复习的时候一边往上填答案，题目顺序大概也是复习的顺序，知识点大多是按学的顺序排的。

最后想说，无论你是一学期没听过课快要不及格的选手还是认认真真学习想要保研的选手，我认为这份提纲都会对你有帮助。不过我不希望你们拿着这份提纲为了拿到高分而去作弊，这不是我整理这份提纲的本心。我知道物理学院的老师们都很善良，不忍心在考试时抓作弊，看到也只是提醒一下，但我还是希望你们不要去做这种事。不过无所谓了，我只希望本本分分认认真真学习的人能得到他们想要的分数，不至于输的太惨。

我知道我没法改变大环境，只能做好自己，但我想也许你们中也会有和我一样坚守自己内心正义的人呢？我想帮你们一把，这份文档是我能做到的极限了。

危楼高百尺，手可摘星辰。不敢高声语，恐惊天上人。

哦，对了，如果你觉得这份文档有用的话，别忘了将这份文档分享给你的朋友、室友、学弟学妹们哦！

激光习题

1. 根据光与物质相互作用的爱因斯坦辐射模型，两能级间的跃迁包括（ ）、（ ）和（ ）。
2. 激光的四性为：（ ）、（ ）、（ ）和（ ）。
3. 光学谐振腔一般有两个作用：（ ）和（ ）。
4. 一般情况下，加热工作物质能否实现粒子数反转。（ ）
5. 红外掺铽激光器，假设其中心波长为 $3.0\mu\text{m}$ ，光源单色性参数为 $R=10^{-6}$ ，此光源的相干长度为（ ）m。
- 6.

某一分子的能级 E_4 到三个较低能级 E_1 、 E_2 和 E_3 的自发跃迁几率分别是 $A_{43} = 5 \times 10^7 \text{s}^{-1}$ ，

$A_{42} = 1 \times 10^7 \text{s}^{-1}$ 和 $A_{41} = 3 \times 10^7 \text{s}^{-1}$ ，试求该分子 E_4 能级的自发辐射寿命 τ_4 。若 $\tau_1 = 5 \times 10^{-7} \text{s}$

$\tau_2 = 6 \times 10^{-9} \text{s}$ ， $\tau_3 = 1 \times 10^{-8} \text{s}$ ，在对 E_4 连续激发并达到稳态时，试求相应能级上的粒子数

比值 n_1/n_4 、 n_2/n_4 和 n_3/n_4 ，并回答这时在哪两个能级间实现了集居数反转。

（假设 $E_1 E_2 E_3$ 能级间不存在跃迁）

7. 激光单色性公式？

光子简并度？

8. 光线传输矩阵

（1）自由空间平移矩阵（如果过折射率为 n 的介质？）

（2）空气与介质界面矩阵

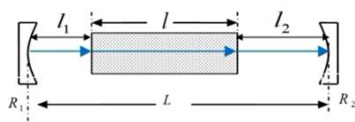
(3) 球面反射光纤矩阵

(4) 过透镜焦距 f 的矩阵

9. 两种判断腔稳定性的判据和他们的适用范围？

(1)

(2)



腔内有介质，稳定性判据的形态如何改变？

10. 损耗都有什么类型？

11. 平均单程损耗指数因子 δ 的定义式？

当 δ 很小时，可定义为：

12. 假设初始光强 I_0 ，在腔内往返一周后得到的光强 I = ?

13. 衍射损耗 $\delta_d \approx ?$

腔的菲涅尔数 N 的定义式为？

14. 腔内光子寿命 τ_R

15. 自再现模：

16. 往返损耗：

17. 往返相移：

18. 求解衍射积分本征值方程的目的意义：

本征值方程存立的条件： γ_m 和 γ_n 取一系列特定值——本征值。

对应本征值 γ_m 和 γ_n 的满足方程的场分布函数 $v_m(x)$ 和 $v_n(y)$ 为本征函数。

$$v_{mn}(x, y) = A_{mn}(x, y) e^{i\phi_{mn}(x, y)}$$

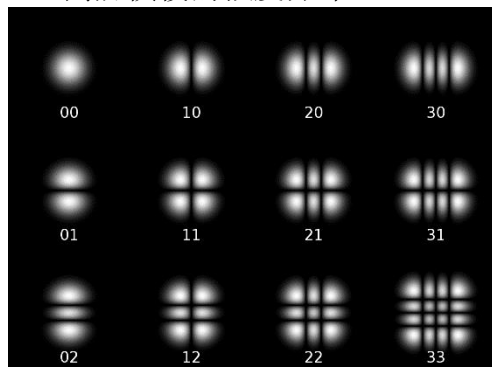
本征函数：

本征值：

方形共焦腔（对称共焦腔）

19. 基模 TEM_{00} 在镜面上的光斑半径场振幅下降为中心的 $1/e$ 时对应的光斑半径 W_{os}

20. 高阶横模的强度分布



21. TEM_{00} 损耗计算近似公式？

22. 镜面上各点场的相位值都（ ），且等相位面与（ ）重合。平行平面腔呢？

23. 光斑半径 w_{ms} 、 w_{ns} 、与 w_{os} 的关系？

24. 某阶高阶横模的衍射损耗 δ_{mn} 最终只取决于（ ）！而与腔的具体几何尺寸有无关系？（ ）

所有模式的损耗都随菲涅耳数的增加而（ ）。

25. 菲涅耳数相同时，损耗随横模次数的增加而（ ）。(对横模的选择有利！)

26. （ ）的损耗是所有模式的损耗中最少的。

27. 均匀平面波衍射损耗 > 平平腔自再现模的衍射损耗 > 共焦腔的衍射损耗

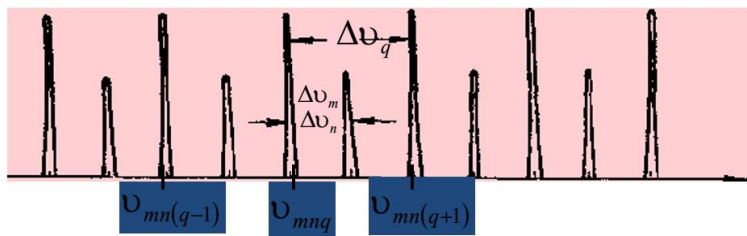
28. 共焦腔的振荡频谱

TEM_{mn} 模在腔内一次单程渡越的总相移 $\delta\phi_{mn} =$

谐振频率 $\nu_{mnq} =$

$$\Delta\nu_q =$$

$$\Delta\nu_n =$$



29. 基模光斑半径 $w(z) =$

腰斑半径 $w_0 =$

30. 远场发散角

31. 等相位面曲率半径

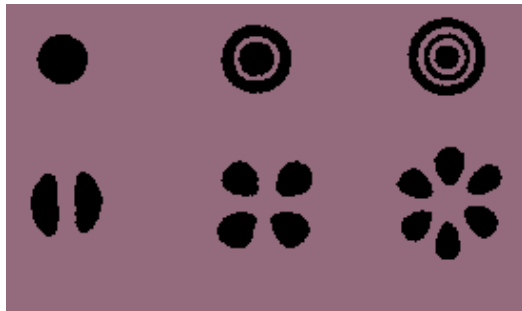
()是曲率最大的等相面此时 $Z_0 =$

32. 谐振腔单程附加相移 $\Delta\phi_{mn} =$

圆形镜共焦腔（对称共焦腔）

33. 基模光斑半径

34. 高次模强度分布



阶次越高，光斑半径越()。

35. TEM_{mn} 模在腔内一次单程渡越的总相移 $\delta\varphi_{mn} =$

谐振频率 $\nu_{mnq} =$

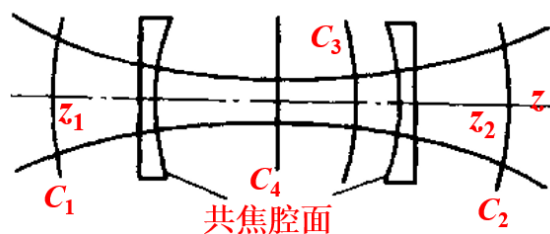
36. 模体积

对称共焦腔基模的模体积：看成底半径为 ω_0 ，高为 L 的圆柱体。

基模 $V_{00}^0 =$

一般稳定球面镜腔

37. 鼻祖公式（凹面冲腔里，R 为正；凸面冲腔里，R 为负）



38. 镜面光斑半径(基模情况)

$\omega(z) =$

$w_{s1} =$

$w_{s2} =$

39. 模体积

基模 $V_{00} =$

高阶模 $\frac{V_{mn}}{V_{00}} = \frac{V_{mn}^0}{V_{00}^0} =$

40. 共焦腔的衍射损耗特点：每一横模的单程衍射损耗单值地由腔的（ ）决定！

$N =$ 用镜面上光斑的半径 w_{0s} 表示

高斯光束

41.

光腰半径：

光斑半径：

远场发散角：

曲率半径：

42. 基模高斯光束的特征参数

①fz 参数

$w(z) =$

$R(z) =$

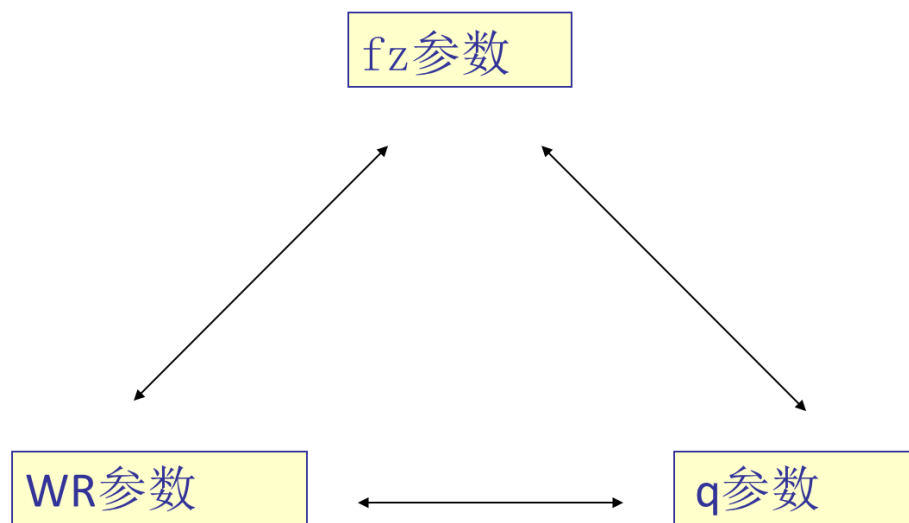
$f =$

$w_0 =$

②wR 参数

③q 参数

43. 三种参数之间的转换

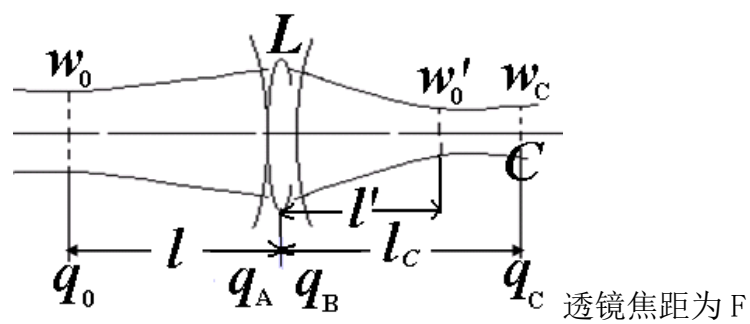


$$q_0 =$$

44. ABCD 法则

$$q_2 =$$

45. 经过薄透镜



$$l' =$$

$$w'_0{}^2 =$$

46. 高斯光束通过有限长介质后，远场发散角不变。

47. 用 q 表示经过一个焦距为 F 的薄透镜公式。

48. 高斯光束的聚焦，只有当()时，才具有聚焦作用，F 越()聚焦效果越好。

49. 高斯光束的准直方法：

50. 高斯光束的自再现变换：一个高斯光束透过透镜后其结构不发生变化，即参数 ω_0 或 f 不变，则称这种变换为自再现变换。

设某一高斯光束从腔内某一参考平面出发时的 q 参数值为 q_M ，在腔内往返一周后

$$q'_M = \frac{Aq_M + B}{Cq_M + D}$$

其参数值记为 q'_M ，则二者满足

则

$$q_M$$

$$\frac{1}{q_M}$$

分别分析它们中的各个量，参考高斯光束 q 参数公式。

51. 均匀加宽有 () () ()
它们是什么线型？

52. 非均匀加宽有 () ()
它们是什么线型？

53. 自然加宽的线宽表示的线型函数为：

能级系统之间的自发辐射自然加宽：

54. 碰撞加宽的线型函数为:

55. 总的均匀加宽线型函数为:

56. 非均匀加宽(多普勒加宽)是什么线型?

57. 三能级系统速率方程

58. 四能级系统速率方程

59. 均匀加宽那三种加宽形式中，在气体、固体、液体中都有那些，主要的加宽是什么？

气体：

固体：

液体：

60. 固液气根据谱线宽度排序：

61. 小信号增益（均匀加宽）

小信号反转粒子数：

小信号增益系数：

62. 增益饱和（均匀加宽）

增益饱和反转粒子数：

增益饱和增益系数：

63. 非均匀加宽工作物质的增益系数

大信号增益系数公式：

烧孔效应：

孔的宽度 $\delta\nu$ 为：

孔的深度为:

孔的面积 δS 为:

64. 激光器阈值反转集居数密度
阈值反转粒子数密度为:

频率为 ν_0 的模式 Δn_i 最低,为:

65. 阈值增益系数

66. 连续或长脉冲激光器的阈值泵浦功率
四能级:

三能级:

67. 短脉冲($t_0 \ll \tau_2$)激光器的阈值泵浦能量

四能级:

三能级:

68. 激光器起振纵模数目的估计

可能起振的纵模数目为:

69. 均匀加宽激光器中的模式竞争

非均匀加宽激光器中的模式竞争

70. 空间烧孔效应的消除

71. 输出功率与能量

腔内光强达到稳态的过程

72. 若激光器振荡频率为线形函数中心频率，稳定工作时的腔内光强为：

73. 输出功率三种形式

74. 为什么存在最佳透过率？

最佳透射率：

最大输出功率：

75. 弛豫振荡概念，如何解释

76. 为什么存在线宽极限？它取决于什么？

77. 激光器的频率牵引

78. 什么是兰姆凹陷？

79. 计算振荡线宽

均匀加宽

非均匀加宽

80. 为什么均匀加宽固体激光器经常是多模式输出？

81. 如何理解均匀加宽和非均匀加宽？

均匀加宽：

非均匀加宽：

82. 什么是谱线加宽？

有哪些加宽类型？加宽机制是什么？

83. 均匀加宽和非均匀加宽工作物质中增益饱和的机理，写出激光增益的表达式。

84. 什么是小信号增益、大信号增益？

85. 在强光入射下，均匀加宽和非均匀加宽工作物质中，弱光的增益系数如何变化？

86. 描述非均匀加宽工作物质中增益饱和的“烧孔效应”并说明原理。

87. 激光器的振荡条件是什么？

88. 激光器的阈值参数怎么计算？为什么四能级系统更容易产生激光？

89. 如何计算纵模的频率、纵模间隔和纵模的数目？

90. 在激光谐振腔中有哪些损耗因素？

91. 如何计算谐振腔的损耗？

92. 激光谐振腔的稳定性条件？

93. 如何理解激光谐振腔衍射理论的自再现模？

94. 求解菲涅耳—基尔霍夫衍射积分方程，得到的**本征函数**和**本征值**各代表什么？

95. 高斯光束的表征方法有哪些？什么是 q 参数？

96. 高斯光束 q 参数的变换规律是什么？

97. 激光器主要由哪些部分组成？各部分的作用是什么？

98. 描述能级的光学跃迁的三大过程，并写出它们的特征和跃迁几率。

99. 如何定义激光增益？什么是小信号增益？什么是增益饱和？（可结合第三章内容）

100. 模式竞争，在均匀加宽和非均匀加宽激光器中模式竞争有什么不同？

101. 选横模和选纵模都有什么方法？

102. 如何对激光器进行稳频？

103. 说明利用调 Q 技术获得高峰值功率巨脉冲的原理。