

1、查资料写出可见光谱中代表性可见光（红、橙、黄、绿、蓝、紫）的波长间隔，并计算相应的频率间隔。

Since in vacuum $\lambda\nu=c$, where: λ is the wavelength; ν is the frequency; c is the velocity of light in vacuum, the frequency is obtained as $\nu=c/\lambda$.

The different colors of the visible spectrum correspond to the following wavelength and frequency intervals:

i.	red	$780\text{ nm} > \lambda > 620\text{ nm}$	$3.83 \times 10^{14}\text{ Hz} < \nu < 4.85 \times 10^{14}\text{ Hz}$
ii.	orange	$620\text{ nm} > \lambda > 580\text{ nm}$	$4.85 \times 10^{14}\text{ Hz} < \nu < 5.15 \times 10^{14}\text{ Hz}$
iii.	yellow	$580\text{ nm} > \lambda > 560\text{ nm}$	$5.15 \times 10^{14}\text{ Hz} < \nu < 5.35 \times 10^{14}\text{ Hz}$
iv.	green	$560\text{ nm} > \lambda > 490\text{ nm}$	$5.35 \times 10^{14}\text{ Hz} < \nu < 6.1 \times 10^{14}\text{ Hz}$
v.	blue	$490\text{ nm} > \lambda > 460\text{ nm}$	$6.1 \times 10^{14}\text{ Hz} < \nu < 6.5 \times 10^{14}\text{ Hz}$
vi.	violet	$460\text{ nm} > \lambda > 380\text{ nm}$	$6.5 \times 10^{14}\text{ Hz} < \nu < 7.9 \times 10^{14}\text{ Hz}$

2、真空中波长为 1 微米光子的频率（赫兹）、波数（ cm^{-1} ）和能量，并转化为电子伏特单位。

Since in vacuum $\lambda\nu=c$ we obtain:

$$\nu = c/\lambda \approx 3 \times 10^{14}\text{ Hz}$$

The photon energy is given by:

$$E = h\nu = 1.99 \times 10^{-19}\text{ J} \quad (2)$$

Since $1\text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19}\text{ J}$ we obtain: $E = 1.24\text{ eV}$, which is the same as the kinetic energy of an electron that has been accelerated by a potential difference of 1.24 V. The reciprocal wavelength, $\tilde{\nu} = \nu/c$, is often used as a unit of frequency and it is expressed in cm^{-1} , also called wavenumbers: $\tilde{\nu} = \nu/c = 10^4\text{ cm}^{-1}$.

3、计算对应于能级间隔为 kT 的光波的波数。 k 为 Boltzmann 常数, T 为绝对温度。假设 $T=300\text{K}$ 。

The thermal energy at $T = 300\text{ K}$ is given by:

$$kT = 4.14 \times 10^{-21}\text{ J} \quad (1)$$

As noted in 1.3A the relationship between wavenumbers and energy is $\tilde{\nu} = \nu/c = E/(hc)$; one therefore obtains:

$$\tilde{\nu} = \frac{E}{hc} = \frac{kT}{hc} = 208.5\text{ cm}^{-1} \quad (2)$$

4、计算热平衡时下列能级差为 ΔE 的二能级系统的上下能级粒子数之比: (a) 10^{-4} eV , 相对于很多分子的转动能级的间隔; (b) $5 \times 10^{-2}\text{ eV}$, 相对于分子的振动能级; (c) 3 eV , 电子从原子或者分子激发所需能量的数量级。假设两个能级有相同的能级简并度, 分别计算温度为 100K 、 300K 和 1000K 时的情况。

The ratio between the thermal equilibrium population of two levels separated by the energy difference $\Delta E = E_2 - E_1$ ($\Delta E > 0$) is given by Eq. (1.2.2) of PL:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{g_2}{g_1} \exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right) \quad (1)$$

where: N_1 and N_2 are the population densities of level 1 and 2, respectively; g_1 and g_2 are the degeneracies of the two levels. Using Eq. (1) and assuming that

the two levels have the same degeneracy ($g_1 = g_2$) we obtain the following results:

ΔE (eV)	$T = 100$ K	$T = 300$ K	$T = 1000$ K
10^{-4}	0.9885	0.9962	0.9988
5×10^{-2}	3×10^{-3}	1.45×10^{-1}	5.6×10^{-1}
3	5×10^{-164}	8×10^{-49}	8×10^{-16}

Note:

We have obtained that, for $\Delta E = 10^{-4}$ eV, the two levels are almost equally populated at all temperatures considered. At $\Delta E = 5 \times 10^{-2}$ eV, the population of the upper level is already significant at room temperature, so that some molecules are in an excited vibrational state at room temperature. In the case of $\Delta E = 3$ eV, the population of the upper level is completely negligible. Therefore, at room temperature, most atoms and molecules are in their ground electronic state.

5、

解：若输出功率为 P ，单位时间内从上能级向下能级跃迁的粒子数为 n ，则：

由此可得：

$$P = nh\nu = nh \frac{c}{\lambda}$$

$$n = \frac{P}{h\nu} = \frac{P\lambda}{hc}$$

其中 $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ 为普朗克

常数， $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 为真空中光速。

所以，将已知数据代入可得：

$$\lambda = 10 \mu\text{m} \text{ 时: } n = 5 \times 10^{19} \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda = 500 \text{ nm} \text{ 时: } n = 2.5 \times 10^{18} \text{ s}^{-1}$$

$$\nu = 3000 \text{ MHz} \text{ 时: } n = 5 \times 10^{23} \text{ s}^{-1}$$

6、

解：当物质处于热平衡状态时，各能级上的粒子数服从波尔兹曼统计分布：

$$(a) \quad \text{当 } \frac{n_2}{n_1} = \exp\left[-\frac{(E_2 - E_1)}{KT}\right] = \exp\left(-\frac{h\nu}{KT}\right) = \exp\left(-\frac{hc}{K\lambda T}\right) \quad \nu = 3000 \text{ MHz},$$

$T = 300 \text{ K}$ 时：

$$(b) \quad \text{当 } \lambda = 1 \mu\text{m}, T = 300 \text{ K} \quad \text{时: } \frac{n_2}{n_1} = \exp\left(-\frac{6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^9}{1.38 \times 10^{-23} \times 300}\right) \approx 1$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \exp\left(-\frac{6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.38 \times 10^{-23} \times 10^{-6} \times 300}\right) \approx 0$$

(c) 当 $\lambda=1\mu\text{m}$, $n_2/n_1=0.1$ 时:

$$T = \frac{hc}{K\lambda \ln(n_1/n_2)} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.38 \times 10^{-23} \times 10^{-6} \times \ln 10} = 6.26 \times 10^3 \text{ K}$$

7、什么是光谱线的均匀增宽？列举四种均匀增宽机制。什么是光谱线的非均匀增宽？列举两种非均匀增宽机制。

(见课件中相应内容)

8、请写出原子与准单色光辐射场和连续光辐射场相互作用时的受激辐射和受激吸收几率表达式，并简要说明。

(见课件中相应内容)

9、

答:
$$\nu_{+0.1c} = \nu_0 \sqrt{\frac{1+\nu/c}{1-\nu/c}} = \sqrt{\frac{1.1}{0.9}} \cdot \frac{c}{\lambda} = \sqrt{\frac{1.1}{0.9}} \cdot \frac{3 \times 10^8}{0.6328 \times 10^{-6}} = 5.241 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

同理可求: $\nu_{-0.1c} = 4.288 \times 10^{14} \text{ Hz}$;

$$\nu_{+0.5c} = 8.211 \times 10^{14} \text{ Hz}; \quad \nu_{-0.5c} = 2.737 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

10、

解: (1) 自然加宽:
$$\Delta \nu_N = \frac{1}{2\pi\tau_s} = \frac{1}{2 \times \pi \times 1.2 \times 10^{-6}} = 1.326 \times 10^5 \text{ Hz}$$

碰撞加宽:
$$\Delta \nu_L = \alpha p = 810 \times 10^3 \times 210 = 1.701 \times 10^8 \text{ Hz}$$

均匀加宽:
$$\Delta \nu_H = \Delta \nu_N + \Delta \nu_L = 1.326 \times 10^5 + 1.701 \times 10^8 = 1.702 \times 10^8 \text{ Hz}$$

(2) 多普勒线宽:

$$\Delta \nu_D = 7.16 \times 10^{-7} \nu_0 \left(\frac{T}{M} \right)^{\frac{1}{2}} = 7.16 \times 10^{-7} \times \frac{3 \times 10^8}{4416 \times 10^{-10}} \times \left(\frac{500}{112} \right)^{\frac{1}{2}} = 10.277 \times 10^8 \text{ Hz}$$

(3) 根据上述结论，该激光器多普勒线宽占优势

11、请结合工作条件，解释下表中激光器的加宽机制。

表 4-2-2 常见激光跃迁光谱线加宽类型及线宽			
主要工作物质跃迁中心波长	谱线加宽类型	线宽	工作条件
Cr^{3+} , Ruby	0.6943 μm	均匀加宽	300GHz
Cr^{3+} , Ruby	0.6943 μm	非均匀加宽	1GHz
			$T \approx 300\text{K}$ $T < 100\text{K}$ 高浓度掺杂

(见课件相应内容)

12、什么是粒子数的反转分布？什么是粒子数反转分布值（或者反转粒子数密度）？

(见课件相应内容)

13、

答：(1)
$$I(z) = I(0)e^{-Az} \Rightarrow \frac{I(z)}{I(0)} = e^{-0.01 \cdot 100} = \frac{1}{e} = 0.368$$

(2)
$$I(z) = I(0)e^{Gz} \Rightarrow \frac{I(z)}{I(0)} = e^{G \cdot 1} = 2 \Rightarrow G = \ln 2 = 0.693\text{m}^{-1}$$

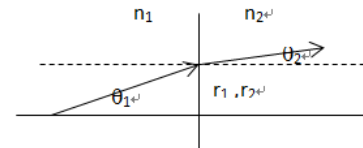
14、请说明传统激光器的三个组成部分及其作用。

(见课件相应内容)

15、

证：由折射定律 $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ 近轴条件 $n_1 \theta_1 = n_2 \theta_2$

$$\begin{cases} r_2 = r_1 \\ \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \theta_1 \end{cases} \quad \text{即} \quad T = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \frac{n_1}{n_2} \end{pmatrix}$$



16、

解： $T = T_4 T_3 T_2 T_1$

(a)
$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R_1} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & L \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R_2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & L \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}$$

$$A = 1 - \frac{2L}{R_2} \quad D = \frac{4L^2}{R_1 R_2} - \frac{4L}{R_1} - \frac{2L}{R_2} + 1 \quad A + D = \frac{4L^2}{R_1 R_2} - \frac{4L}{R_1} - \frac{4L}{R_2} + 2$$

(b)
$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R_2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & L \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R_1} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & L \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}$$

$$A = 1 - \frac{2L}{R_1} \quad D = \frac{4L^2}{R_1 R_2} - \frac{4L}{R_2} - \frac{2L}{R_1} + 1 \quad A + D = \frac{4L^2}{R_1 R_2} - \frac{4L}{R_1} - \frac{4L}{R_2} + 2$$

17、

证：共焦腔 $R_1=R_2=L$ $g_1=g_2=0$

往返一周的传递矩阵 $T = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$, 往返两周的传递矩阵 $T^2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

18、

答

:

$$0 \leq (1 - \frac{L}{R_1})(1 - \frac{L}{R_2}) \leq 1 \Rightarrow 0 \leq (1 - \frac{L}{40})(1 - \frac{L}{100}) \leq 1 \Rightarrow 0 \leq L \leq 40cm \text{ 或 } 100 \leq L \leq 140cm$$

19、

解.(1) $R_1 < 0$ (凸镜)而 $R_2 > 0$ (凹镜)且稳定, 是凹凸稳定腔。

(2)稳定腔应满足: $0 < g_1 g_2 = (R_1 - L)(R_2 - L) / R_1 R_2 < 1$

$$0 < g_1 g_2 = (R_1 - L)(R_2 - L) / R_1 R_2 < 1 \quad (A)$$

先考虑(A)式左边的不等号即 $0 < g_1 g_2$ 时

$$\because R_1 R_2 < 0 \quad \therefore (R_1 - L)(R_2 - L) < 0$$

$$\text{又} \because R_1 - L < 0 \quad (\text{因 } R_1 < 0 \text{ 且 } L > 0)$$

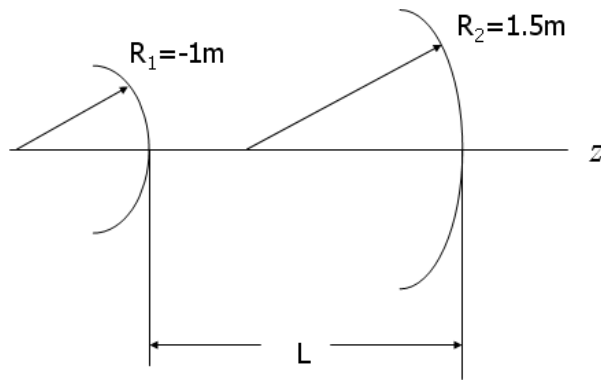
$$\therefore R_2 - L > 0 \quad L < 1.5m$$

再考虑(A)式右边的不等号即 $g_1 g_2 < 1$ 时

$$\because R_1 R_2 < 0 \quad \therefore (R_1 - L)(R_2 - L) > R_1 R_2$$

$$\text{即 } R_1 R_2 - L(R_1 + R_2) + L^2 > R_1 R_2 \quad \therefore L > R_1 + R_2 = 0.5m$$

故得腔长取值范围为 $0.5m < L < 1.5m$



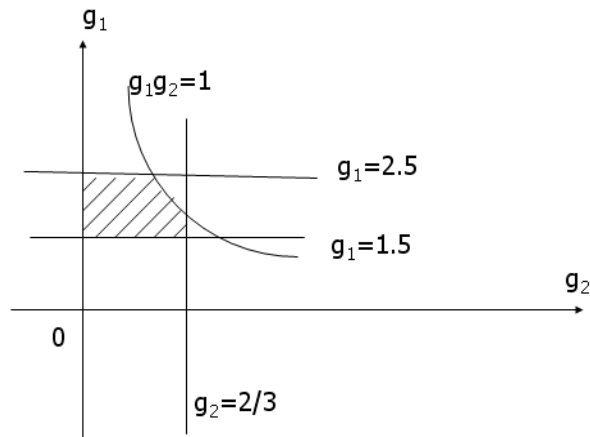
(3)把腔长取值范围 $0.5m < L < 1.5m$ 分别代入 g_1 和 g_2 的表达式可得

$$1.5 < g_1 < 2.5 \quad \text{和} \quad 0 < g_2 < 2/3$$

可见此腔位于稳定图中的可能范围是第一象限内由

$$\text{三条直线} \quad g_1 = 1.5, \quad g_1 = 2.5, \quad g_2 = 0, \quad g_2 = 2/3$$

以及双曲线 $g_1 g_2 = 1$ 的一支所围成区域(不包括边界)。即下图阴影区内:



19、分别画出三能级、四能级系统能级结构图，标示出激光上下能级；分别列举一种三能级和四能级激光介质。

(见课件相关部分内容)

20、下图是二能级结构示意图，用箭头画出其中可能存在跃迁过程，并写出上能级的速率方程；说明二能级系统在光泵条件下不可能实现粒子数反转分布。

E_2 —————

E_1 —————

(见课件相关部分内容)

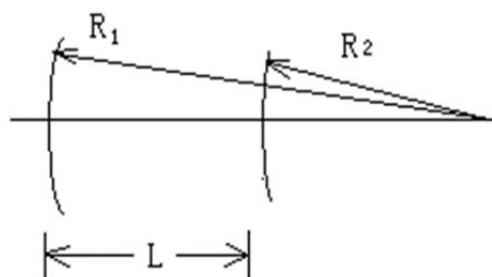
21、你如何理解小信号状态？在此状态下的粒子数密度反转分布值和增益系数有何特点？

(见课件相关部分内容)

22、什么是增益饱和？均匀增宽介质与非均匀增宽介质的增益饱和有何不同？

(见课件相关部分内容)

23、



解:①共轴球面谐振腔的稳定性条件为: $0 < g_1 \cdot g_2 < 1$

对于凹凸腔, 由已知条件有: $R_1=50\text{cm}, R_2=-30\text{cm}$

$$g_1 = 1 - \frac{L}{R_1} = 1 - \frac{30}{50} = \frac{2}{5}$$

$$g_2 = 1 - \frac{L}{R_2} = 1 - \frac{30}{(-30)} = 2$$

故 $0 < g_1 \cdot g_2 = \frac{4}{5} < 1$ 可见此腔为稳定腔

②此腔产生的高斯光束焦参数;

$$f = \frac{\sqrt{L(R_1 - L)(R_2 - L)(R_1 + R_2 - L)}}{R_1 + R_2 - 2L}$$

其等价共焦腔的焦参数为:

代入各数值得 $f=15\text{cm}$

③此腔产生的高斯光束的腰斑半径及腰位置

He-Ne 激光器的波长 $\lambda = 0.6328 \times 10^{-4} \text{cm}$

$$w_0 = \sqrt{\frac{\lambda f}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.6328 \times 10^{-4} \times 15}{3.14}} = 1.74 \times 10^{-2} \text{cm}$$

腰斑半径

以其等价共焦腔的中点为原点, 腰位置即 $z=0$ 处, 设凹镜 z 坐标为 z_1 , 凸镜 z 坐标为 z_2 , 有:

$$\begin{cases} z_1 = \frac{L(R_2 - L)}{(L - R_1) + (L - R_2)} \\ z_2 = \frac{-L(R_1 - L)}{(L - R_1) + (L - R_2)} \end{cases}$$

代入各数值有 $z_1 = -45\text{cm}$, $z_2 = -15\text{cm}$

故腰斑在凹凸腔的右边，距凹腔 45 cm，距凸腔 15cm 处。

④此腔产生的高斯光束的远场发散角。

远场发散角

$$2\theta = 2\sqrt{\frac{\lambda}{\pi f}} = 2 \times \sqrt{\frac{0.6328 \times 10^{-4}}{3.14 \times 15}} = 2.32 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

24、

答：

$$\Delta \nu_q = \frac{c}{2\mu L} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 1 \times 0.5} = 3 \times 10^8 \text{ Hz}$$

$$n = \frac{\Delta \nu_F}{\Delta \nu_q} = \frac{6 \times 10^8}{3 \times 10^8} = 2$$

$$\nu = \frac{qc}{2\mu L} \Rightarrow q = \frac{2\mu L}{c} \times \nu = \frac{5.85 \times 10^{14}}{3 \times 10^8} = 1.95 \times 10^6$$

$$q+1=1950001, \quad q-1=1949999$$

25、

$$\Delta \nu_q = \frac{c}{2\mu L} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 1 \times 1} = 1.5 \times 10^8 \text{ Hz}, \quad n = \frac{\Delta \nu}{\Delta \nu_q} = \frac{1.5 \times 10^9}{1.5 \times 10^8} = 10$$

答：

即可能输出的纵模数为 10 个，要想获得单纵模输出，则：

$$\Delta \nu < 2\Delta \nu_q = \frac{c}{\mu L} \quad \therefore L < \frac{c}{\mu \Delta \nu} = \frac{3 \times 10^8}{1.5 \times 10^9} = 0.2\text{m}$$

故腔长最长不得大于 0.2m。

26、

$$\omega_s = \sqrt{\frac{\lambda L}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.6328 \times 10^{-6} \times 0.5}{\pi}} = 0.3\text{mm}$$

答：TEM₀₀ 模在镜面处的光斑半径为

所以光阑孔径应该为 **0.3mm**

27、

解：该球面腔的 g 参数为

$$g_1 = 1 - \frac{L}{R_1} = 0.47 \quad g_2 = 1 - \frac{L}{R_2} = 1.8$$

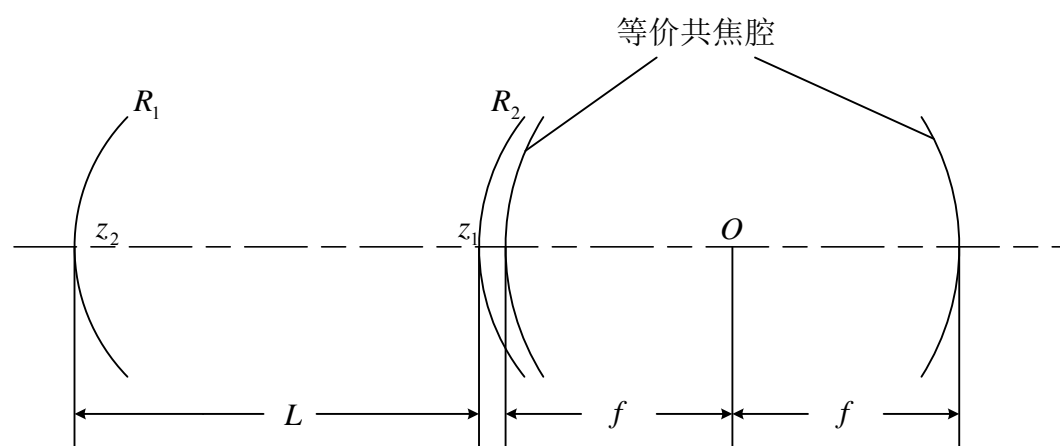
由此， $g_1 g_2 = 0.85$ ，满足谐振腔的稳定性条件 $0 < g_1 g_2 < 1$ ，因此，该腔为稳定腔。

两反射镜距离等效共焦腔中心 O 点的距离和等价共焦腔的焦距分别为

$$z_1 = \frac{L(R_2 - L)}{(L - R_1) + (L - R_2)} = -1.31\text{m}$$

$$z_2 = \frac{-L(R_1 - L)}{(L - R_1) + (L - R_2)} = -0.51\text{m}$$

根据计算得到的数据， $f = \sqrt{\frac{L(R_1 - L)(R_2 - L)(R_1 + R_2 - L)}{[(L - R_1) + (L - R_2)]^2}} = 0.50\text{m}$ 在下图中画出了等价共焦腔的具体位置。



28、

解：① $f^2 = L(R - L) = 1 \times (5 - 1) = 4 \quad f = 2\text{m} \quad w_0 = \sqrt{\frac{f\lambda}{\pi}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.5 \times 10^{-6}}{3.14}} = 0.56\text{mm}$

平面镜坐标： $z_1=0$, 凹面镜坐标： $z_2=L=1\text{m}$

平面镜光斑： $w_{s1}=w_0=0.56\text{mm}$, 凹面镜光斑：

$$w_{s2} = w_0 \sqrt{1 + \frac{z_2^2}{f^2}} = 0.56 \times \sqrt{1 + \frac{1}{4}} = 0.626\text{mm}$$

② $\theta = \frac{2\lambda}{\pi w_0} = \frac{2 \times 0.5 \times 10^{-6}}{3.14 \times 0.56 \times 10^{-3}} = 5.68 \times 10^{-4} \text{rad}$

29、

答：
$$\Delta \nu_{\text{短}} = \frac{c}{2\mu(L_2 + L_3)} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times L} ; \quad \frac{1.5 \times 10^9}{\Delta \nu_{\text{短}}} < 2 \Rightarrow L = L_2 + L_3 < 0.2m$$

30、若用两个反射镜“代替”高斯光束传播的任意两个相位波阵面，试证明由此构成的光学谐振腔是稳定腔。

（见课件相关内容）

31、为什么要进行稳频？稳频技术的基本思想是什么？

（见课件相关内容）①激光具有良好的单色性和相干性，因此，在精密计量、光通信、光频标、高分辨光谱学等领域中得到了广泛的应用。欲将激光应用于上述诸领域中，不仅要求激光器实现单频输出，而且还要求激光频率本身稳定，因为激光频率的稳定与否，直接影响上述诸领域的测量精度及光通信中信号的接收质量。②稳频技术就是为了解决频率漂移而发展起来的一种激光技术。它的任务就是设法控制那些可以控制的因素，使其对振荡频率的干扰减至最小程度，从而提高激光频率的稳定性。

32、说明兰姆凹法稳频法和饱和吸收法稳频的基本工作原理，并指出后者稳频性能高于前者的原因。

（见课件相关内容）

兰姆凹稳频就是以谱线的中心频率 ν_0 作为参考标准，当激光振荡频率偏离 ν_0 时，即输出一误差信号。通过伺服系统鉴别出频率偏离的大小和方向，输出一直流电压调节压电陶瓷的伸缩来控制腔长，把激光振荡频率自动地锁定在兰姆凹中心处。

饱和吸收稳频即在谐振腔中放入一个充有低气压气体原子（或分子）的吸收管，它对激光振荡频率处有强吸收峰，吸收线在中心处的凹陷，意味着吸收最小，故激光器输出功率在 ν_0 处出现一个尖峰，通常称为反兰姆凹陷。

由于它有和激光振荡频率配合很好的吸收线，而且由于吸收管气压很低，故碰撞加宽很小，可以忽略不计，吸收线中心频率的压力位移也很小，吸收管一般没有放电作用，故谱线中心频率比较稳定。所以在吸收线中心处形成一个位置稳定且宽度很窄的凹陷，以此作为稳频的参考点，可使其频率稳定性和复现性精度得到很大的提高。

33、简述调 Q 的基本原理。

（见课件相关内容）

当激光器开始泵浦初期，设法将激光器的振荡阈值调得很高，抑制激光振荡的产生，这样激光上能级的反转粒子数便可积累得很多。当反转粒子数到最大时，再突然把阈值调得很低，此时，积累在上能级的大量粒子便雪崩式的跃迁到低能级。

34、为什么一般的脉冲激光器是尖峰结构的激光脉冲输出，而调 Q 激光器是光滑巨脉冲？

（见课件相关内容）

通常的激光器谐振腔的损耗是不变的，一旦光泵浦使反转粒子数达到或略超过阈值时，激光器便开始振荡，于是激光上能级的粒子数因受激辐射而减少，致使上能级不能积累很大的反

转粒子数，只能被限制在阈值反转数附近。这就是弛豫振荡，形成若干无规则的尖峰脉冲。而调 Q 激光器，当激光器开始泵浦初期，设法将激光器的振荡阈值调得很高，抑制激光振荡的产生，这样激光上能级的反转粒子数便可积累得很多。当反转粒子数到最大时，再突然把阈值调得很低，此时，积累在上能级的大量粒子便雪崩式的跃迁到低能级。因此形成光滑巨脉冲。

35、选横模的基本思想是什么？

（见课件相关部分内容）

①选横模的实质是只让基横模下 TEM 00 振荡，而所有其它高阶横模，不满足振荡条件，从而达到“滤去”高阶横模的目的。由于激光器的增益 G 、损耗 α_i 和 α_m 对不同横模到可以看作是常量，因而只有改变随横模变化的 α_d ，才能达到选横模的目的，另外，只有当 α_d 对总损耗的贡献是主要的时候才能通过改变衍射损耗 α_d 进行选横模。

36、简述锁模原理？

（见课件相关部分内容）