第四章

9. 解：

（1）$R_1 = 1m, R_2 = \infty, L = L_1 + \frac{L_2}{n} = 0.5m$

$$g_1 g_2 = (1 - \frac{L}{R_1})(1 - \frac{L}{R_2}) = 0.5 < 1$$

所以，该腔为稳定腔。

（2）$f^2 = L(R - L) = 0.5 \times (1 - 0.5) = 0.25$

所以，$f = 0.5m$

$$w_0 = \sqrt{\frac{\lambda f}{\pi}} = 4.1 \times 10^{-4} m$$

（3） $l^1 = F = 0.1m$ 即：聚焦后的光腰位置在透镜后焦面上

$$w_0^1 = \frac{\lambda F}{\pi w_0} = 0.082mm$$

14. 解：

$$R_1 = R(l_1) = l_1 \left[1 + (\frac{\pi w_0^2}{\lambda l_1})^2 \right] = 1m$$

$$R_2 = R(l_2) = l_2 \left[1 + (\frac{\pi w_0^2}{\lambda l_2})^2 \right] = 2m$$

$$l_1 + l_2 = 0.5m$$

联立解得：$w_0 = 1.28 \times 10^{-3} m$，$l_1 = 0.375m, l_2 = 0.125m$

17. 解：

$$f=\frac{\sqrt{L(R_2-L)(R_1-L)(R_1+R_2-L)}}{\left|(L-R_1)+(L-R_2)\right|}$$

$$w_0=\sqrt{\frac{f\lambda}{\pi}}$$

可得： $f_1=\frac{\sqrt{3}}{2}m, w_{01}=\sqrt{\frac{\sqrt{3}\lambda}{2\pi}}$ $f_2=\frac{\sqrt{3}}{40}m, w_{01}=\sqrt{\frac{\sqrt{3}\lambda}{40\pi}}$

$$l_1=F\pm\frac{w_{01}}{w_{02}}\sqrt{F^2-f_1f_2} \quad (1)$$

$$l_2=F\pm\frac{w_{02}}{w_{01}}\sqrt{F^2-f_1f_2} \quad (2)$$

$$l_1+l_2=\frac{L_1}{2}+\frac{L_2}{2}+0.5=1.025m$$

$$F^2>f_1f_2$$

当(1)式和(2)式同号时：

$$F=0.228m, l_1=0.770m, l_2=0.255m$$

当(1)式和(2)式异号时：

$$F=0.234m, l_1=0.821m, l_2=0.204m$$

第五章

4. 解：

$$\Delta\nu_D=7.16\times10^{-7}\nu_0\left(\frac{T}{M}\right)^{0.5}=5.29\times10^{7}Hz$$

$\Delta v_L = \alpha p = 4.9 \times 10^4 p\ Hz$

临界气压： $p = \dfrac{\Delta v_D}{\alpha} = 1.08 \times 10^3 Pa$

所以，当 $p \geq 1.08 \times 10^3 Pa$ 时，会从非均匀加宽过渡到均匀加宽。

5. 解：

$\Delta v_N = 10^7 Hz$

$\Delta v_L = \alpha p = 3 \times 10^8 Hz$

$\Delta v_D = 7.16 \times 10^{-7} v_0 \left(\dfrac{T}{M}\right)^{0.5} = 1.5 \times 10^9 Hz$

即： $\Delta v_D > \Delta v_N + \Delta v_L$，此激光器可认为是非均匀加宽。

所以，加宽线型函数为高斯曲线，气体原子数 $n_2(v)$ 为：

$$n_2(v) = n_2 \frac{c}{v_0} \left(\frac{m}{2\pi k_b T}\right)^{0.5} \exp\left\{-\left[\frac{mc^2}{2k_b T v_0^2}(v - v_0)^2\right]\right\}$$

其定性图形为高斯曲线，中心频率为 $v = v_0 + \dfrac{1}{5}\Delta v_H$ 。

6. 解：

(1) $\dfrac{dn_3}{dt} = n_1 W_{13} - n_3 S_{32}$

$$\frac{dn_2}{dt} = n_3 S_{32} + n_1 W_{12} - n_2 (A_{21} + S_{21} + W_{21})$$

$$n_1 + n_2 + n_3 = n$$

$$\frac{dN_l}{dt} = n_2 W_{21} - n_1 W_{12} - \frac{N_l}{\tau_{Rl}}$$

（2） $n_2(t)$ 表达式见教材(6-3)(6-4)，示意图见图 6-1(b)。

13、

解：

由 $\frac{dn_2}{dt}=-(A_{21}+S_{nr})n_2=-(\frac{1}{\tau_s}+\frac{1}{\tau_{nr}})n_2$ ，其中 τ_s 为激发态自发辐射跃迁寿命， τ_{nr} 为无辐射跃迁寿命，可得：

$$n_2(t)=n_2(0)e^{-(\frac{1}{\tau_s}+\frac{1}{\tau_{nr}})t}$$

（1）自发辐射光功率：

$$P=n_2(t)A_{21}h\nu V=n_2(0)e^{-(\frac{1}{\tau_s}+\frac{1}{\tau_{nr}})t}\frac{h\nu}{\tau_s}V$$

（2）自发辐射光子数：

$$N_{2s}=\int_0^\infty\frac{n_2(t)}{\tau_s}Vdt=\frac{Vn_2(0)}{\tau_s}\int_0^\infty e^{-(\frac{1}{\tau_s}+\frac{1}{\tau_{nr}})t}dt=\frac{n_2(0)}{1+\frac{\tau_s}{\tau_{nr}}}V$$

（3）粒子数之比：

$$\eta_2=\frac{N_{2s}}{n_2(0)V}=\frac{1}{1+\frac{\tau_s}{\tau_{nr}}}$$

第七章

1、

解：由 $g=1-\dfrac{L}{R}$ 可得：$g_1=0.75, g_2=1$ ，满足 $0<g_1g_2<1$ ，故该腔为一稳定腔。

对 He-Ne 激光器的 $\lambda=632.8nm$ ，则

$$\omega_{0s}=\sqrt{\frac{L\lambda}{\pi}}=3.17\times10^{-4}m$$

当光阑放于紧靠凹面镜的情况下：

$$\omega_{s1}=\omega_{0s}\left[\frac{g_2}{g_1(1-g_1g_2)}\right]^{1/4}=4.82\times10^{-4}$$

小孔直径应为：$d_1=3.3\omega_{s1}=1.59\times10^{-3}m$

当光阑放于紧靠平面镜的情况下：

$$\omega_{s2}=\omega_{0s}\left[\frac{g_1}{g_2(1-g_1g_2)}\right]^{1/4}=4.17\times10^{-4}$$

小孔直径应为：$d_2=3.3\omega_{s1}=1.38\times10^{-3}m$

6. 解：由公式 $\dfrac{c}{2nd\cos\alpha^1}=\Delta\upsilon_{osc}$ ，

其中：$n=1, \Delta\upsilon_{osc}=2.4\times10^{10}Hz, \cos\alpha^1=1$ ，得：$d=6.25\times10^{-3}m$

又 $\dfrac{c}{2\pi nd}\dfrac{1-r}{\sqrt{r}}=\dfrac{c}{2L^1}$ ，其中 $L^1=500mm$ ，得：$r=0.96$