

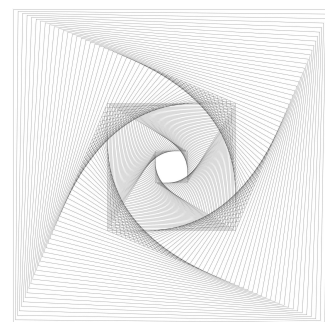


2026 春光学 B 作业

作者：Mirage

时间：2026 年 1 月 13 日始

版本：最近更新时间为 2026 年 5 月 14 日



一棹春风一叶舟，一纶茧缕一轻钩

目录

第 1 章 第一次作业	1
第 2 章 第二次作业	4
第 3 章 第三次作业	6
第 4 章 第四次作业	9
第 5 章 第五次作业	10

第1章 第一次作业

作业 1.1

两个正透镜的焦距分别为 f_1 和 f_2 ，物距为 $2f_1$ ，两个正透镜间的距离为 $f_1 + f_2 + x$ 。请用透镜作图法画出经过两个透镜组变换后的成像位置。并且根据 x 的大小讨论所成像的性质，包括成像距离大小，横向放大率的大小。

解 记第一个透镜为 L_1 ，第二个透镜为 L_2 ，两透镜间距记为 $d = f_1 + f_2 + x$ 。物体位于 L_1 左侧 $2f_1$ 处。对第一个透镜，由近轴条件下物像关系可得

$$\frac{f_1}{s_1} + \frac{f'_1}{s'_1} = 1, s_1 = 2f_1, f'_1 = f_1.$$

得到 $s'_1 = 2f_1$ 。再由横向放大率公式得到

$$n_1 = n'_1, V_1 = -\frac{n_1}{n'_1} \cdot \frac{s'_1}{s_1} = -1.$$

故第一个透镜先在其右侧 $2f_1$ 处成一倒立等大实像，该中间像到第二个透镜的距离为

$$s_2 = d - s'_1 = (f_1 + f_2 + x) - 2f_1 = f_2 - f_1 + x.$$

对第二个透镜，由近轴条件下物像关系可得

$$\frac{f_2}{s_2} + \frac{f'_2}{s'_2} = 1, f'_2 = f_2.$$

于是得到

$$s'_2 = \frac{f_2 s_2}{s_2 - f_2} = \frac{f_2(f_2 - f_1 + x)}{x - f_1}.$$

再由横向放大率公式得到

$$n_2 = n'_2, V_2 = -\frac{n_2}{n'_2} \cdot \frac{s'_2}{s_2} = -\frac{f_2}{x - f_1}.$$

于是总横向放大率为

$$V = V_1 \cdot V_2 = \frac{f_2}{x - f_1}.$$

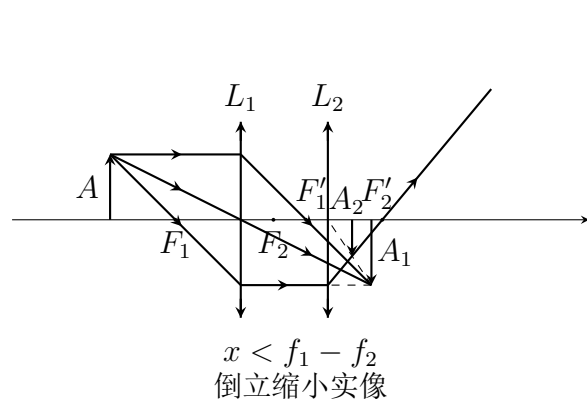
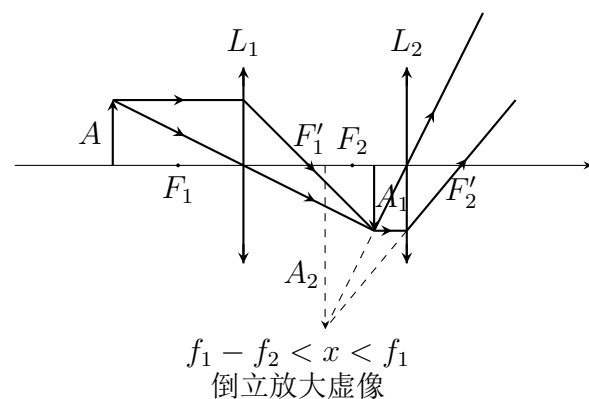
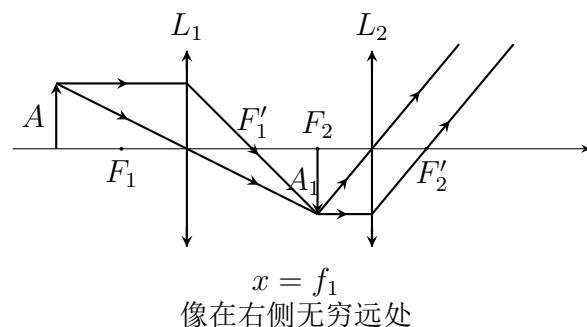
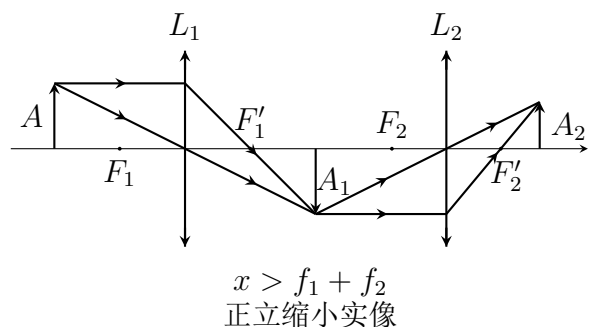
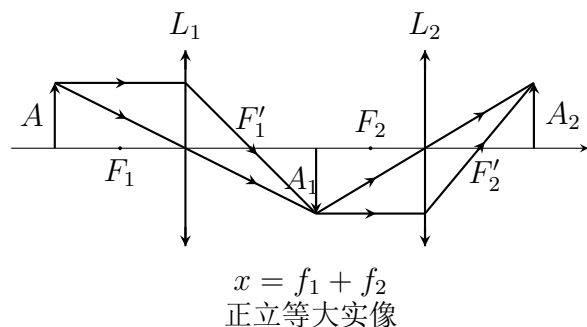
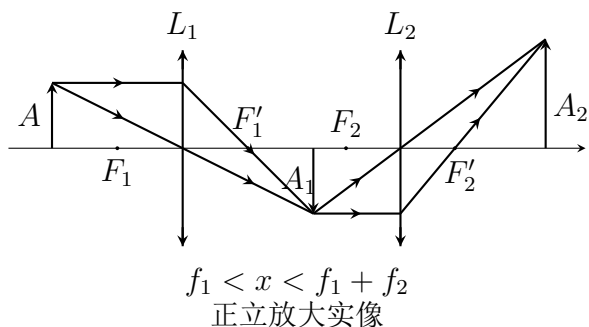
成像距离即为 s'_2 ，于是分情况讨论如下

x 的大小	成像距离大小 $ s'_2 $	横向放大率大小 $ V $	像的性质
$x > f_1$	$s'_2 = \frac{f_2(f_2 - f_1 + x)}{x - f_1}$	$V = \frac{f_2}{x - f_1}$	正立实像
$x = f_1$	$s'_2 = \infty$	—	像在右侧无穷远处
$f_1 - f_2 \leq x < f_1$	$-s'_2 = \frac{f_2(f_2 - f_1 + x)}{f_1 - x}$	$-V = \frac{f_2}{f_1 - x} \geq 1$	倒立放大(等大)虚像
$x < f_1 - f_2$	$s'_2 = \frac{f_2(f_2 - f_1 + x)}{x - f_1}$	$-V = \frac{f_2}{f_1 - x} < 1$	倒立缩小实像

其中当 $x > f_1$ 时, 还有

$$\begin{cases} f_1 < x < f_1 + f_2, |V| > 1, \text{为正立放大实像} \\ x = f_1 + f_2, |V| = 1, \text{为正立等大实像} \\ x > f_1 + f_2, |V| < 1, \text{为正立缩小实像} \end{cases}$$

下面用透镜作图法画出成像位置, 其中 $x = f_1 - f_2$ 时中间像恰落在第二个透镜所在平面上, 此时 $s_2 = s'_2 = 0$, 可视为退化的边界情形。故此处不再画出。



作业 1.2

在激光光学研究中经常需要对激光束进行缩束和扩束, 也就是平行光束经过光具组系统后变成尺寸更大的平行光束。如果给定两个正透镜的焦距分别为 f_1 和 f_2 , 请设计一个缩束和扩束光具系统, 并且讨论缩束和扩束比与透镜组焦距之间的关系。



解 取两个正透镜 L_1, L_2 , 焦距分别为 f_1, f_2 , 并令两透镜间距为 $d = f_1 + f_2$. 这样, 入射平行

光经 L_1 后会聚于其后焦平面，而该焦平面恰与 L_2 的前焦平面重合，所以经 L_2 后重新成为平行光。从而该系统可用于扩束或缩束。设入射、出射平行光束直径分别为 D_{in} 和 D_{out} 。在傍轴条件下，由几何关系可得出射光束与入射光束直径之比为

$$|V| = \frac{D_{\text{out}}}{D_{\text{in}}} = \frac{f_2}{f_1}.$$

因此我们有

$$\begin{cases} f_2 > f_1, |V| > 1, & \text{系统为扩束系统} \\ f_2 < f_1, |V| < 1, & \text{系统为缩束系统} \\ f_2 = f_1, |V| = 1, & \text{光束直径不变} \end{cases}$$

不妨设系统为扩束系统，则反向使用该系统即可得到缩束系统，且缩束和扩束比乘积为 1。
(本题光路图可参考助教给出的解答，此处不再画出)

第2章 第二次作业

作业 2.1 (菲涅尔公式)

两个介质的折射率为 n_1 和 n_2 , 在正入射的情况下, 如果在 n_1 和 n_2 介质中加入一层折射率为 n_3 的介质, 如何选择 n_3 的大小, 使得光进入 n_2 介质的能量最大?

解 在正入射时, 若要使光进入 n_2 介质中的能量最大, 本质上就是要使反射最小。由 Fresnel 公式, 对于正入射, 第一界面 $n_1 \rightarrow n_3$ 与第二界面 $n_3 \rightarrow n_2$ 的振幅反射系数的绝对值分别为

$$|r_{13}| = \left| \frac{n_1 - n_3}{n_1 + n_3} \right|, |r_{32}| = \left| \frac{n_3 - n_2}{n_3 + n_2} \right|.$$

为了使总反射最小, 通常取薄膜介质的光学厚度为四分之一波长, 即 $n_3 d = \lambda/4$. 这样两束反射光的相位差为 π , 从而相消。此时若要反射最小, 则应有 $|r_{13}| = |r_{32}|$, 也即为

$$\left| \frac{n_1 - n_3}{n_1 + n_3} \right| = \left| \frac{n_3 - n_2}{n_3 + n_2} \right|.$$

解得 $n_3 = \sqrt{n_1 n_2}$ ($n_1 = n_2$ 时恒有 $|r_{13}| = |r_{32}|$, 则其均为 0 时反射最小, 于是有 $n_1 = n_2 = n_3$, 从而该式也成立), 这时反射最小, 透射最大, 光进入 n_2 介质的能量最大。

作业 2.2 (光的偏振)

透过第一个偏振片 P_{in} 的光强电场为 E_0 , 强度为 I , 另外一个偏振片 P_{out} 与 P_{in} 的透光方向相互垂直, 当在 P_{in} 和 P_{out} 之间插入 1 个偏振片 P_1 , P_1 应如何放置让透过 P_{out} 的光强最大。若放置 2 个偏振片呢? 当放置 N 个偏振片, 并且 N 趋向于无穷大时, 透过 P_{out} 的光的强度是多少?

解 (1) 在 P_{in} 和 P_{out} 之间插入 1 个偏振片

设插入的偏振片 P_1 的透振方向与 P_{in} 的透振方向夹角为 θ , $0 \leq \theta \leq \pi/2$, 则 P_1 与 P_{out} 的透振方向的夹角为 $\pi/2 - \theta$. 于是由 Malus 定律, 最终透过 P_{out} 的光强为

$$I_{\text{out}} = I \cos^2 \theta \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) = I \cos^2 \theta \sin^2 \theta = \frac{I}{4} \sin^2 2\theta.$$

当且仅当 $2\theta = \pi/2$ 即 $\theta = \pi/4$ 时, I_{out} 取最大值。故 P_1 应放在使其透振方向落在 P_{in} 与 P_{out} 透振方向的角平分线方向上的位置, 此时 $I_{\text{out,max}} = I/4$.

(2) 在 P_{in} 和 P_{out} 之间插入 2 个偏振片

设这两个偏振片的透振方向依次与 P_{in} 的透振方向夹角为 θ_1, θ_2 , $0 \leq \theta_1, \theta_2 \leq \pi/2$, 则由 Malus 定律, 最终透过 P_{out} 的光强为

$$I_{\text{out}} = I \cos^2 \theta_1 \cos^2 (\theta_2 - \theta_1) \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} - \theta_2 \right).$$

令 $f(x) = \ln(\cos^2 x)$, 则 $f'(x) = -2 \tan x$, $f''(x) = -2 \sec^2 x < 0$, 所以 f 是一个凹函数, 因此

由 Jensen 不等式可得

$$\frac{\sum_{i=1}^n f(\alpha_i)}{n} \leq f\left(\frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{n}\right) \Rightarrow \frac{\ln(\prod_{i=1}^n \cos^2 \alpha_i)}{n} \leq \ln\left(\cos^2 \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{n}\right).$$

当且仅当 $\alpha_1 = \alpha_2 = \cdots = \alpha_n$ 时取等。而 $\theta_1 + \theta_2 - \theta_1 + \pi/2 - \theta_2 = \pi/2$ 为定值，因此要使 I_{out} 最大，应放置偏振片使得每次透振方向旋转的角度相等。于是 $\theta_1 = \pi/6, \theta_2 = \pi/3$. 此时

$$I_{\text{out,max}} = I \cos^2 \frac{\pi}{6} \cos^2 \frac{\pi}{6} \cos^2 \frac{\pi}{6} = I \left(\frac{3}{4}\right)^3 = \frac{27}{64} I.$$

(3) 在 P_{in} 和 P_{out} 之间插入 N 个偏振片

由 (2) 的分析可知，此时要使 I_{out} 最大，应将从 P_{in} 到 P_{out} 的 $\pi/2$ 夹角均分成 $N+1$ 份，放置偏振片使得相邻两片偏振片透振方向之间的夹角均相等，且均为

$$\Delta\theta = \frac{\pi}{2(N+1)}.$$

因此最终透过 P_{out} 后的最大光强为

$$I_{\text{out,max}} = I(\cos^2(\Delta\theta))^{N+1} = I \left(\cos^2 \left(\frac{\pi}{2(N+1)} \right) \right)^{N+1}.$$

当 $N \rightarrow \infty$ 时，显然有 $\Delta\theta \rightarrow 0$ ，并且 $\ln(I_{\text{out,max}}/I) = (N+1) \ln(\cos^2(\Delta\theta))$. 由于当 $x \rightarrow 0$ 时， $\cos x = 1 - x^2/2 + o(x^2)$ ，从而 $\ln(\cos^2 x) = -x^2 + o(x^2)$. 于是有 $(N+1) \ln(\cos^2(\Delta\theta)) = -(N+1)(\Delta\theta)^2 + (N+1)o((\Delta\theta)^2) \rightarrow 0 (N \rightarrow \infty)$. 从而有

$$\lim_{N \rightarrow \infty} I_{\text{out,max}} = I.$$

综上所述可得：

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{插入 1 个偏振片时，应将夹角二等分，} & I_{\text{out,max}} = I/4 \\ \text{插入 2 个偏振片时，应将夹角三等分，} & I_{\text{out,max}} = 27I/64 \\ \text{插入 } N \text{ 个偏振片时，应将夹角均分成 } N+1 \text{ 份，} & I_{\text{out,max}} = I \left(\cos^2 \left(\frac{\pi}{2(N+1)} \right) \right)^{N+1} \\ \text{ } N \rightarrow \infty \text{ 时，} & I_{\text{out,max}} \rightarrow I \end{array} \right.$$

第3章 第三次作业

作业 3.1 (杨氏干涉)

- (1) 在同一个杨氏干涉装置中用两种不同波长的光进行双缝干涉实验, 发现波长为 λ_1 的光束的 m_1 级干涉亮条纹与波长为 λ_2 的 m_2 级条纹的亮条纹重合, 求两个入射光波长的比值关系。
- (2) 在杨氏双缝干涉装置的两个缝后面分别插入折射率为 n_1 和 n_2 , 厚度为 h 的透明介质, 请讨论干涉级次的变化。
- (3) 真空波长为 600 nm 的激光进行杨氏双缝干涉, 双缝间距 $d = 0.1 \text{ mm}$, 观察屏的距离为 2 m, 求相邻亮条纹的间距; 如果将该装置置于折射率为 1.3 的水中, 求条纹间距的变化。

解 (1) 若波长为 λ_1 的 m_1 级亮纹与波长为 λ_2 的 m_2 级亮纹重合, 则该处光程差相同, 且光程差分别为 $m_1\lambda_1, m_2\lambda_2$. 从而有 $m_1\lambda_1 = m_2\lambda_2$, 故 $\lambda_1/\lambda_2 = m_2/m_1$.

(2) 在两缝后分别插入厚度均为 h 、折射率分别为 n_1, n_2 的透明介质后, 产生的附加光程差为 $\Delta = (n_1 - n_2)h$. 于是总光程差变为 $\Delta L' = \Delta L_0 + \Delta$, 亮纹条件变为 $\Delta L_0 + (n_1 - n_2)h = m\lambda$. 若原中央亮纹对应 $\Delta L_0 = 0$, 则插入介质后原中央位置对应的级次为 $m_0 = (n_1 - n_2)h/\lambda$. 因此干涉级次将整体增加, 且增加的级次数为

$$N = \frac{(n_1 - n_2)h}{\lambda}.$$

即若 $n_1 > n_2$, 则条纹向 n_1 所在一侧移动; 若 $n_1 < n_2$, 则条纹向 n_2 所在一侧移动。且由于附加光程差只引起整体平移, 不改变相邻条纹间的光程差变化率, 故条纹间距不变。

(3) 相邻亮条纹间距为 $\Delta x = \lambda D/d$. 在空气中, $\lambda = 600 \text{ nm} = 6.0 \times 10^{-7} \text{ m}$, $D = 2 \text{ m}$, $d = 0.1 \text{ mm} = 1.0 \times 10^{-4} \text{ m}$, 于是可得

$$\Delta x = \frac{6.0 \times 10^{-7} \times 2}{1.0 \times 10^{-4}} = 1.2 \times 10^{-2} \text{ m} = 12 \text{ mm}.$$

若将整个装置置于折射率为 1.3 的水中, 则光在水中波长变为 $\lambda' = \lambda/1.3$, 故条纹间距也变为

$$\Delta x' = \frac{\lambda' D}{d} = \frac{\Delta x}{1.3} = \frac{12}{1.3} \text{ mm} = 120/13 \text{ mm} \approx 9.23 \text{ mm}.$$

因此条纹间距减小了 $\Delta x - \Delta x' = 36/13 \text{ mm} \approx 2.77 \text{ mm}$.

作业 3.2 (光场相干性)

一般的光源辐射的光谱具有洛伦兹型线型, 即光源辐射的光场的强度随波矢 k 的分布为

$$i(k) = \frac{1}{\pi \Delta k \left(1 + \frac{(k - k_0)^2}{(\Delta k)^2} \right)}.$$

其中 k_0 为中心波矢大小, Δk 为波矢的分布带宽, 请推导该光场用于双光束干涉的干涉可见度随光程差变化的表达式。

解 我们有 $dI(k) = 2i(k)dk[1 + \cos(k\Delta L)]$. 于是总光强为

$$I(\Delta L) = \int_{-\infty}^{\infty} dI(k) = 2 \int_{-\infty}^{\infty} i(k)[1 + \cos(k\Delta L)]dk.$$

而由题有

$$i(k) = \frac{1}{\pi \Delta k \left(1 + \frac{(k-k_0)^2}{(\Delta k)^2}\right)} = \frac{1}{\pi} \frac{\Delta k}{(k-k_0)^2 + (\Delta k)^2}.$$

从而计算得到

$$\int_{-\infty}^{\infty} i(k)dk = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{((k-k_0)/(\Delta k))^2 + 1} d((k-k_0)/(\Delta k)) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{y^2 + 1} dy = 1.$$

令 $u = k - k_0$, 则代入可得

$$\begin{aligned} I(\Delta L) &= 2 \int_{-\infty}^{\infty} i(k)dk + 2 \int_{-\infty}^{\infty} i(k) \cos(k\Delta L)dk = 2 + 2 \int_{-\infty}^{\infty} i(k) \cos(k\Delta L)dk \\ &= 2 + 2 \operatorname{Re} \int_{-\infty}^{\infty} i(k) e^{ik\Delta L} dk = 2 + 2 \operatorname{Re} \left[e^{ik_0\Delta L} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\pi} \frac{\Delta k}{u^2 + (\Delta k)^2} e^{iu\Delta L} du \right]. \end{aligned}$$

利用公式

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\pi} \frac{a}{u^2 + a^2} e^{iux} du = e^{-a|x|}, a > 0$$

取 $a = \Delta k > 0, x = \Delta L$, 代入可得总光强为

$$I(\Delta L) = 2 + 2 \operatorname{Re}(e^{ik_0\Delta L} e^{-\Delta k|\Delta L|}) = 2[1 + e^{-\Delta k|\Delta L|} \cos(k_0\Delta L)].$$

因此干涉可见度随光程差变化的表达式为 $\gamma(\Delta L) = e^{-\Delta k|\Delta L|}$.

作业 3.3 (多光束干涉)

钠灯辐射的黄光中含有两个频率间隔比较近的谱线, 分别为 589 nm 和 589.6 nm, 假设这两条谱线的线宽均为 500 MHz. 如果用两边镀有反射膜的石英片 (折射率为 1.46) 构成 F-P 腔, 在 0 度入射的情况下, F-P 腔的石英片厚度 h 和两面镀膜的反射率 R 满足什么条件, 才能将这两条谱线有效地分开?

解 要将这两条谱线用 F-P 腔有效分开, 需要满足两点: 其一, 自由光谱范围应大于两线的频率间隔, 以避免不同级次混叠; 其二, 腔的分辨本领应足够大. 先估算两条谱线的频率间隔, 我们有 $\Delta\nu = c\Delta\lambda/\lambda^2$. 取 $\lambda = \bar{\lambda} = 589.3 \text{ nm}$, 且 $\Delta\lambda = 0.6 \text{ nm}$, 可得

$$\Delta\nu = \frac{3.0 \times 10^8 \times 0.6 \times 10^{-9}}{(589.3 \times 10^{-9})^2} \approx 5.18 \times 10^{11} \text{ Hz}.$$

正入射时, F-P 腔的自由光谱范围为 $\delta\nu = c/(2nh)$, 其中 $n = 1.46$. 于是应有 $\delta\nu > \Delta\nu$, 即

$$\frac{c}{2nh} > \Delta\nu, h < \frac{c}{2n\Delta\nu} \approx \frac{3.0 \times 10^8}{2 \times 1.46 \times 5.18 \times 10^{11}} \approx 1.98 \times 10^{-4} \text{ m}.$$

故石英片厚度应满足 $h \lesssim 1.98 \times 10^{-4} \text{ m}$. 再看分辨条件, 我们有 F-P 干涉仪的色分辨本领为

$$RP = \frac{\lambda}{\delta\lambda} = \frac{m\pi\sqrt{R}}{1-R}.$$

其中 m 为干涉级次。正入射时有 $2nh = m\lambda, m = 2nh/\lambda$. 因此

$$RP = \frac{\lambda}{\delta\lambda} = \frac{2nh}{\lambda} \cdot \frac{\pi\sqrt{R}}{1-R}.$$

要能分辨波长相差 $\Delta\lambda = 0.6 \text{ nm}$ 的两条谱线, 应满足 $\delta\lambda \leq \Delta\lambda$. 取 $\lambda = 589.3 \text{ nm}$, 则 $\lambda/\Delta\lambda = 589.3/0.6 \approx 982$. 故应有

$$\frac{2nh}{\lambda} \cdot \frac{\pi\sqrt{R}}{1-R} \geq \frac{\lambda}{\Delta\lambda} \approx 982.$$

即为 h 与 R 需满足的条件。若取允许的最大厚度 $h \approx 1.98 \times 10^{-4} \text{ m}$, 则

$$m = \frac{2nh}{\lambda} \approx \frac{2 \times 1.46 \times 1.98 \times 10^{-4}}{589.3 \times 10^{-9}} \approx 982.$$

从而上式化为 $\pi\sqrt{R} \geq 1-R$. 解不等式可得 $R \geq 0.085$. 综上, 要将两条谱线有效分开, 石英片厚度 h 与两面镀膜的反射率 R 应满足

$$h \lesssim 1.98 \times 10^{-4} \text{ m}, \frac{2nh}{\lambda} \cdot \frac{\pi\sqrt{R}}{1-R} \geq \frac{\lambda}{\Delta\lambda} \approx 982.$$

特别地, 若 h 取临界值附近, 则反射率应满足 $R \geq 0.085$.

注 助教给出的答案是 $R \geq 0.64$ 或 $R \geq 0.996$, 过程一致但不知道是如何解出来的。

第4章 第四次作业

作业 4.1 (光的衍射)

- (1) 在菲涅尔圆孔衍射中, 假设自由空间传输到场点的振幅为 A_0 , 若衍射屏含有 7 个半波带, 则其衍射电场和光场强度是多少? 若挡掉第 1 个和第 3 个半波带呢? 若挡掉第 2, 4, 6 个半波带呢? 若给第一个半波带挡掉三分之二呢?
- (2) 目前世界上最大的天文望远镜口径为 39 m, 若用该望远镜观察月球, 月球离地球的距离为 380000 km, 那么月球上相距多远的物体可以被看清?

解 (1) 各半波带在场点产生的振幅大小近似都为 A_1 , 且相邻半波带相位相反。由题, 7 个半波带全开时电场振幅为 $A = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + A_5 - A_6 + A_7 \approx A_1 = 2A_0$, 故光强为 $I = 4A_0^2$. 挡掉第 1 个和第 3 个半波带后, 电场振幅为 $A = -A_2 - A_4 + A_5 - A_6 + A_7 \approx -A_1 = -2A_0$, 故电场振幅大小仍为 $2A_0$, 光强仍为 $I = 4A_0^2$. 挡掉第 2, 4, 6 个半波带后, 电场振幅为 $A = A_1 + A_3 + A_5 + A_7 \approx 4A_1 = 8A_0$, 从而 $I = 64A_0^2$. 而若将第一个半波带挡掉三分之二, 电场振幅为 $A = A_1/2 - A_2 + A_3 - A_4 + A_5 - A_6 + A_7 \approx A_1/2 = A_0$, 从而 $I = A_0^2$. (矢量图解法)

(2) 由瑞利判据, 望远镜最小分辨距离为 $\delta l = 1.22\lambda S/(nD)$. 取可见光波长 $\lambda = 550 \text{ nm}$, 口径 $D = 39 \text{ m}$, 物方距离 $S = 3.8 \times 10^8 \text{ m}$, 物方折射率取 $n = 1$, 故 $\delta l \approx 1.22 \times 550 \times 10^{-9} \times 3.8 \times 10^8 / 39 \approx 6.54 \text{ m}$. 因此月球上相距约 6.54 m 以上的两个物体才有可能被分辨清。

作业 4.2

- 一光栅有 800/mm 刻线, 刻线总宽度为 2 cm. 试问:
- (1) 在一级光谱中, 钠黄光双线 (波长为 589.3 nm 和 589.6 nm) 的角间距是多少? 双线是否可分辨?
- (2) 在二级谱中, 在波长为 800 nm 附近能够分辨的最小波长差是多少?

解 由题有光栅常数为 $d = 1/(800 \text{ mm}^{-1}) = 1.25 \times 10^{-6} \text{ m}$. 总宽度为 $2 \text{ cm} = 20 \text{ mm}$, 故总刻线数为 $N = 800 \times 20 = 16000$.

(1) 一级谱满足 $d \sin \theta = \lambda$. 取平均波长 $\lambda = \bar{\lambda} = 589.45 \text{ nm}$, 则 $\sin \theta = 589.45/1250 \approx 0.4716$, 故 $\cos \theta \approx 0.882$. 两线波长差为 $\Delta\lambda = 0.3 \text{ nm}$, 于是角间距近似为 $\delta\theta = \Delta\lambda/(d \cos \theta) \approx 0.3 \times 10^{-9}/(1.25 \times 10^{-6} \times 0.882) \approx 2.72 \times 10^{-4} \text{ rad}$. 再看分辨本领, 一级光谱则 $k = 1$, 故 $R = kN = N = 16000$, 从而能够分辨的最小波长差为 $\delta\lambda = \lambda/R = 589.45/16000 \text{ nm} \approx 0.0368 \text{ nm}$. 由于 $0.3 \text{ nm} > 0.0368 \text{ nm}$, 所以钠黄双线可以分辨。

(2) 即 $k = 2$, 而此时由光栅方程有 $2\lambda = d \sin \theta \leq d$. 但是 $2\lambda = 1600 \text{ nm}$, 而 $d = 1250 \text{ nm}$, 故 $2\lambda > d$, 因此实际上在 800 nm 附近无二级谱. 而若只按形式代入公式计算, 则 $R = kN = 32000$, 故 $\lambda = 800 \text{ nm}$ 附近能够分辨的最小波长差为 $\delta\lambda = \lambda/R = 800/32000 \text{ nm} = 0.025 \text{ nm}$. 但这个数值无实际意义。

第 5 章 第五次作业

作业 5.1 (光在晶体中的传播)

如何通过两个四分之一波晶片和一个二分之一波晶片组成一个对线偏振光的任意相位延迟器，即输入输出的光的偏振不发生变化，但是光场可以产生一个 0 到 2π 的任意相位延迟。请说明光依次通过波片的次序以及波片光轴的夹角是多少？



解 考虑让光依次通过：四分之一波片、二分之一波片、四分之一波片。其中前后两个四分之一波片的光轴都取为与入射线偏振方向成 $\pi/4$ 角度，中间二分之一波片的光轴取为与入射线偏振方向成 θ 角度。其作用过程如下：第一片四分之一波片把入射线偏振光变为圆偏振光；中间二分之一波片改变圆偏振光两个正交分量的相位关系；最后一片与第一片同向放置的四分之一波片再把它变回原来的线偏振方向。因此整个系统中输入输出的光的偏振不发生变化，只引入一个附加相位，且相位延迟满足 $\phi = \pi/2 - 2\theta \pmod{2\pi}$ 。因此当 θ 的值发生变化时，即可使得 ϕ 取到 $[0, 2\pi)$ 中的任意值。