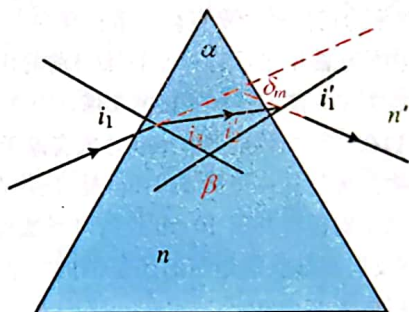


习 题



第 1 章 光的几何描述及几何光学成像

- 1.1 光线以入射角 i 射到折射率为 n 的物体上, 设反射光与折射光成直角, 问入射角与折射率之间的关系如何。
- 1.2 把一片两侧表面相互平行的玻璃板放在装满水的玻璃杯上, 从空气射入玻璃的光线能否在另一侧面发生全反射? 从水射入玻璃的光线能否在另一侧面发生全反射? 已知玻璃的折射率为 1.50, 水的折射率为 1.33。
- 1.3 红光和紫光对同种玻璃的折射率分别是 1.51 和 1.53, 当这两种光线射到玻璃和空气的分界面上时, 全反射的最小角度是多少? 当白光以 41° 角入射到玻璃和空气的界面上时, 将会有何现象发生?
- 1.4 证明: 当一条光线通过平板玻璃时, 出射光线方向不变, 只产生侧向平移。当入射角 i_1 很小时, 位移 $\Delta x = \frac{n-1}{n} i_1 t$ 。



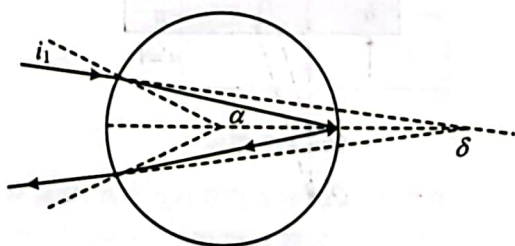
习题 1.5 图

其中, n 为玻璃的折射率, t 为玻璃板的厚度。

- 1.5 如习题 1.5 图所示, 一条光线通过一顶角为 α 的棱镜。
- (1) 证明出射光线相对于入射光线的偏向角为 $\delta = i_1 + i_1' - \alpha$ 。
- (2) 证明在 $i_1 = i_1'$ 时, 有最小偏向角 δ_m , 而且 $n = \frac{\sin \frac{\alpha + \delta_m}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}$, 式中 n 为棱镜材料的折射率。
- (在已知 α 的情况下, 通过测量 δ_m , 利用上式可以算出棱镜材料的折射率。)
- (3) 顶角 α 很小的棱镜称为光楔, 证明以小角度入射的光线经光楔产生的偏向角为 $\delta = (n-1)\alpha$ 。
- 1.6 顶角为 50° 的棱镜的 $\delta_m = 35^\circ$, 如果浸入水中, 最小偏向角

等于多少? 水的折射率为 1.33。

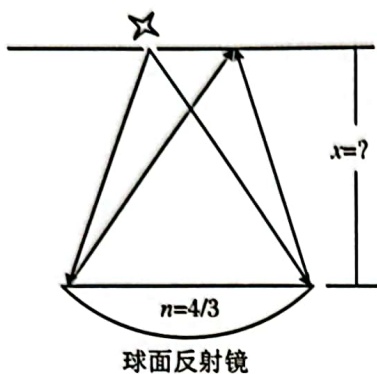
- 1.7 如习题 1.7 图所示, 一束光线以入射角 i_1 射入折射率为 n 的球形水滴。
- (1) 此光线在水滴内另一侧球面的入射角为 α , 这条光线是被全反射还是部分反射?
- (2) 求偏向角 δ 的表示式。
- (3) 求偏向角最小时的人射角 i 。



习题 1.7 图

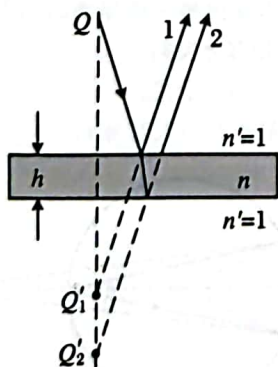
- 1.8 一球面反射镜将平行光会聚在 $x_0 = 20 \text{ cm}$ 处, 将水(折射率约为 $4/3$)注满球面, 光通过一张白纸片上的针孔射向反射镜, 如习题 1.8 图所示, 问距离 x 为多大时在纸片上能有清晰的成像。





球面反射镜
习题 1.8 图

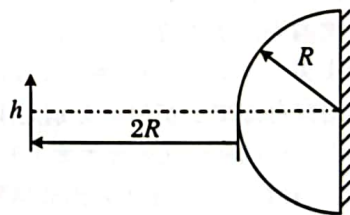
- 1.9 一玻璃球半径为 R , 折射率为 n , 若以平行光入射, 问当玻璃的折射率为何值时会聚点恰好落在球的后表面上。
- 1.10 一个实物放在曲率半径为 R 的凹面镜前的什么地方, 才能使横向放大率为能成: (1) 4 倍的实像; (2) 4 倍的虚像。
- 1.11 一平面物在凹球面镜前 310 mm 时成实像于镜前 190 mm 处。若物为虚物且在镜后 310 mm 处, 问像在何处。
- 1.12 欲用球面反射镜将其前 10 cm 处的灯丝成像于 3 m 处的墙上, 该反射镜形状应是凸的还是凹的? 半径应有多大? 这时像可放大多少倍?
- 1.13 如习题 1.13 图所示, 一平行平面玻璃板的折射率为 n , 厚度为 h , 点光源 Q 发出的傍轴光束经上表面反射, 成像于 Q_1' ; 穿过上表面后在下表面反射, 再从上表面折射的光束成像于 Q_2' 。证明 Q_1' 与 Q_2' 间的距离为 $2h/n$ 。



习题 1.13 图

- 1.15 已知一玻璃棒长 $d = 60$ mm, 折射率 $n = 1.5$ 。现将其两端均磨成曲率半径为 10 mm 的凸球面, 问此棒的光学性质如何。
- 1.16 一薄透镜折射率为 1.50, 光焦度为 5.00 D, 将它漫入某液体, 光焦度变为 1.00 D, 求此液体的折射率。

- 1.17 已知一个凹透镜的两球面的光焦度分别为 5 m^{-1} 和 -10 m^{-1} , 透镜的直径为 30 mm, 中心厚 2 mm, 则用以制造该透镜的平板玻璃(折射率为 1.5)至少应用多厚? 该透镜的边缘有多厚?
- 1.18 半径为 R 的透明球体的半面镀一反射膜, 问此球的折射率为何值时, 从空气中入射的光经此球反射后仍沿原方向返回。
- 1.19 一折射率为 1.50、厚度为 20 mm 的平凸透镜放在纸面上, 球面的曲率半径为 80 mm, 分别求当球面向下和平面向下时, 纸上与透镜接触处的文字的成像位置。
- 1.20 一凸球面镜浸没在折射率为 1.33 的水中, 高为 1 cm 的物体在凸面镜前 40 cm 处, 像在镜后 8 cm 处, 求像的大小、正倒、虚实以及凸面镜的曲率半径和光焦度。
- 1.21 实物放在凹面镜前什么位置能成倒立的放大像? 为什么? 此像是实像还是虚像?
- 1.22 如习题 1.22 图所示, 一玻璃半球的曲率半径为 R , 折射率为 1.5, 其平面的一侧镀银, 有一物高为 h , 放在曲面顶点前 $2R$ 处, 求: (1) 由曲面所成的第一个像的位置; (2) 该光具组最后所成像的位置。



习题 1.22 图

- 1.23 一架显微镜, 物镜焦距为 4 mm, 中间像成在物镜第二焦点后面 160 mm 处。如果目镜是 $20\times$ 的, 问显微镜的视角放大率是多少。
- 1.24 一架显微镜的物镜和目镜相距 20.0 cm, 物镜焦距为 7.0 mm, 目镜焦距为 5.0 mm, 把物镜和目镜都看成是薄透镜, 求: (1) 被观测物到物镜的距离; (2) 物镜的横向放大率; (3) 显微镜的视角放大率。
- 1.25 拟制作一个 $3\times$ 的望远镜, 现已有一个焦距为 50 cm 的物镜, 问: 在 (1) 开普勒型; (2) 伽利略型望远镜中目镜的光焦度和物镜到目镜的距离各为多少?
- 1.26 倒置望远镜可用于激光扩束, 设一望远镜物镜焦距为 30 cm, 目镜焦距为 15 cm, 它能使激光光束的直径扩大几倍?

第 2 章 光的电磁波描述及叠加

- 2.1 一列波长为 λ 、振幅为 A 的平面光, 在直角坐标系中其波





矢与三个坐标轴间的夹角分别为 α 、 β 和 γ ，已知 $\alpha = 30^\circ$ ， $\beta = 75^\circ$ ，原点处相位为 0。

- (1) 写出这列波的表达式(波函数) $U(x, y, z)$ 。
- (2) 写出这列波在 $z=0$ 平面上的表达式(波前函数) $U(x, y, z)$ 。
- (3) 若方向角 β 分别改为 $\beta = 90^\circ$ 和 $\beta = 120^\circ$ ，分别求其波前函数 $U_1(x, y, z)$ 、 $U_2(x, y, z)$ 。

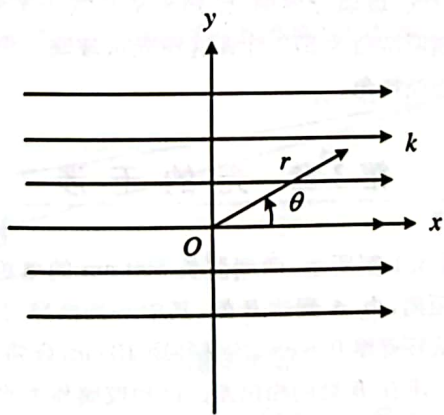
2.2 钠黄光(D 双线)包含的波长为 $\lambda_1 = 589 \text{ nm}$ ， $\lambda_2 = 589.6 \text{ nm}$ 。设 $t=0$ 时两波列的波峰在 O 点重合。问：

- (1) 自 O 点算起，沿传播方向多远的地方两波列的波峰还会重合？
- (2) 经过多长时间以后，在 O 点又会出现两列波的波峰重合的现象？

2.3 一平面波的波函数为 $E(P, t) = A \cos[5t - (2x - 3y + 4z)]$ ，式中 x, y, z 的单位为 m ， t 的单位为 s 。试求：(1) 时间频率；(2) 波长；(3) 波矢的大小和方向；(4) 在 $z=0$ 和 $z=1$ 波前上的相位分布。

2.4 如习题 2.4 图所示，一平面简谐波沿 r 方向传播，波长为 λ ，设 $r=0$ 的点的相位为 $\varphi_0 = 0$ 。

- (1) 写出沿 x 轴波的相位分布 $\varphi(x)$ 。
- (2) 写出沿 y 轴波的相位分布 $\varphi(y)$ 。
- (3) 写出沿 r 方向波的相位分布 $\varphi(r)$ 。

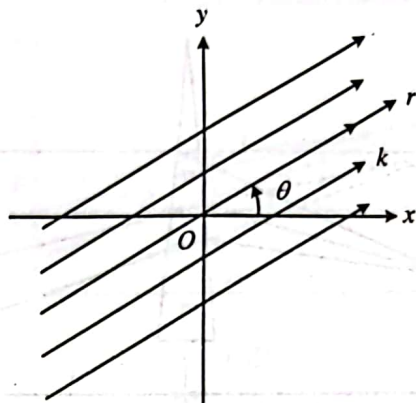


习题 2.4 图

2.5 如习题 2.5 图所示，一平面简谐波沿 r 方向传播，波长为 λ ，设 $r=0$ 的点的相位为 φ_0 。

- (1) 写出沿 r 方向波的相位分布 $\varphi(r)$ 。
- (2) 写出沿 x 轴波的相位分布 $\varphi(x)$ 。
- (3) 写出沿 y 轴波的相位分布 $\varphi(y)$ 。

2.6 一平面波的复振幅为 $E(P) = A \exp\left[-i \frac{k}{5}(3x - 4z)\right]$ ，试

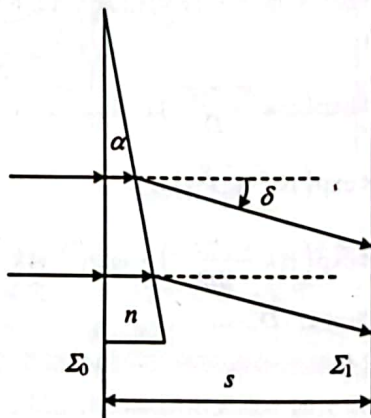


习题 2.5 图

求波的传播方向，并写出波在 Oxy 平面上的相位分布。

2.7 一列单色波在折射率为 n 的介质中由 A 点传播到 B 点，其相位改变了 2π ，则光程改变了多少？从 A 到 B 的距离是多少？

2.8 一个顶角 α 很小的三棱镜(即所谓“光楔”)，折射率为 n ，可以使平面光发生折射，计算表明，若光从一侧正入射，从另一侧出射的光波方向偏转 $\delta = (n-1)\alpha$ ，如习题 2.8 图所示。求在光楔右侧距离入射的一侧波前 Σ_0 为 s 处平面 Σ_1 上的波前函数。



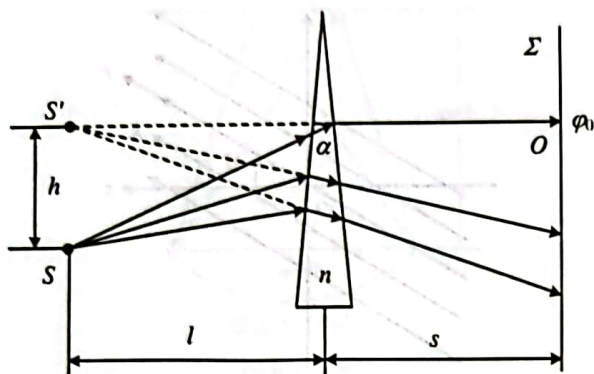
习题 2.8 图

2.9 计算表明，当单色点光源 S 距离光楔(顶角为 α ，折射率为 n)为 l 时，从另一侧看到光源 S' 位于 S 的正上方 $h = (n-1)\alpha l$ 处，如题 2.9 图所示。据此求出在光楔右侧距离 s 处平面 Σ 上的波前函数。设图中 O 点处的相位为 φ_0 。

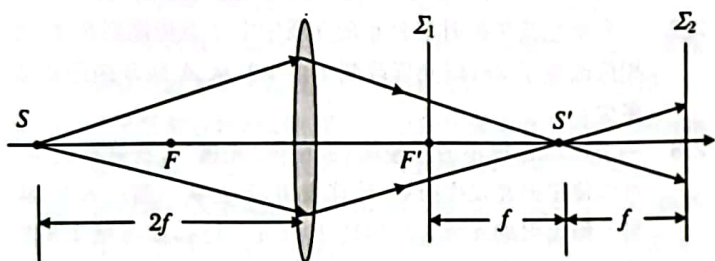
2.10 将一单色点光源置于凸透镜物方(左侧)2 倍焦距处，如习题 2.10 图所示。计算该点发出的光波经透镜后，在像方(右侧)的会聚点前、后 1 倍焦距处平面 Σ_1 和 Σ_2 上的波前函数(认为透镜的孔径很小，光波满足傍轴条件；可设



会聚点处的初相位为0)。



习题 2.9 图



习题 2.10 图

2.11 在波前 Oxy 平面上, 分别出现了以下的波前函数的相位:

$$(1) \bar{U}_1 \propto \exp\left(i5k \frac{x^2 + y^2}{D}\right);$$

$$(2) \bar{U}_2 \propto \exp\left(ik \frac{x^2 + y^2}{2D}\right);$$

$$(3) \bar{U}_3 \propto \exp\left(i4k \frac{x^2 + y^2}{2D}\right) \cdot \exp\left(-i4k \frac{5x + 8y}{2D}\right).$$

其中, k 为波数, $D > 0$ 。

请根据这些波前函数判断波场的类型和特征。

2.12 (1) 从太阳上的一点发出的球面光波到达地球, 试估算在地面上一个多大的范围内, 可以将太阳光视为平面波处理。已知太阳距地球 1.8×10^8 km, 其所发出的可见光为中心波长 550 nm 的光波。

(2) 月亮上一点发出的球面波到达地球, 试估算在地面上一个多大的范围内, 可以将月光视为平面波处理。已知月亮距地球 3.8×10^5 km, 其所发出的可见光为中心波长 550 nm 的光波。

2.13 一射电源距地面高度约 300 km, 向地面发射波长 20 cm 的微波, 接收器的孔径为 2 m, 这种情况下是否满足远场

条件?

2.14 一束自然光和平面偏振光的混合光, 通过一个可旋转的理想偏振片后, 光强随着偏振片的取向可以有 5 倍的改变。求混合光中两种成分光强的比例。

2.15 两偏振片的透振方向成 30° 夹角时, 自然光的透过光强为 I_1 , 若其他条件不变而使上述夹角变为 45° , 仍以自然光入射, 透射光强变为多少?

2.16 (1) 欲使一平面偏振光的振动面旋转 90° , 只用两块理想的偏振片, 怎样做到这一点?

(2) 如果用两块理想偏振片使平面偏振光的振动面旋转了 90° , 则最大的光强为原来的多少倍?

2.17 一对偏振器和检偏器的取向使透射光强为最大, 当检偏器转过 30° 、 45° 、 60° 时, 透射光强各减小至最大光强的多少?

2.18 在两个正交偏振片之间插入第三个偏振片, 以自然光入射。

(1) 求透射光强变为入射光强的 $1/8$ 时, 第三偏振片的方位角。

(2) 如何放置才能使最后的透射光强为零?

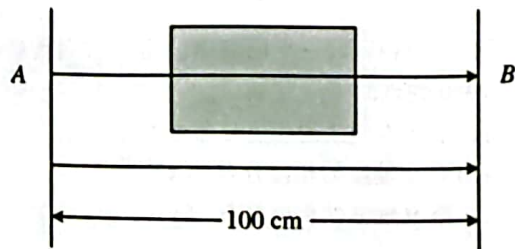
(3) 是否可以使透射光强变为入射的自然光强的 $1/2$?

2.19 一束自然光入射到折射率为 1.72 的火石玻璃上, 若发现反射光是平面偏振光, 试求光在该火石玻璃中的折射角。

2.20 有一空气-玻璃分界面, 已知光从空气一侧射入玻璃时, 其布儒斯特角为 57° , 计算这种光从玻璃一侧射入空气时的布儒斯特角。

第 3 章 光的干涉

3.1 如习题 3.1 图所示, 两列波长 500 nm 的单色波传过 100 cm 的距离, 由 A 到达 B 处, 其中一列波穿过盛水的玻璃杯, 玻璃杯壁厚 0.5 cm, 内壁间距 10 cm, 设两列波在 A 处同相位, 求在 B 处的相位差。已知玻璃和水的折射率分别为 1.52 和 1.33。



习题 3.1 图





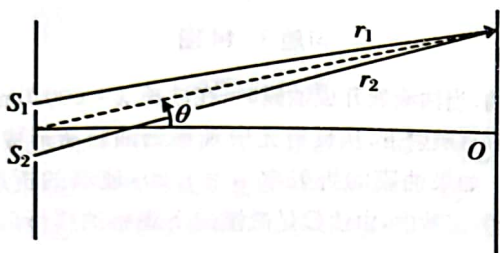
3.2 求两列波 $E_1 = A\cos(kz - \omega t)$, $E_2 = A\cos(-kz - \omega t)$ 的合振动。

3.3 在双缝干涉的情况下,用 θ 表示接收屏上一点对双缝中心的张角,如习题 3.3 图所示。证明:

$$(1) \text{ 屏幕上的光强为 } I(\theta) = 4A_0^2 \cos^2\left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin\theta\right) =$$

$$I_0 \cos^2\left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin\theta\right)。$$

(2) 第一极小出现在 $\theta = \frac{\lambda}{2d}$ 处。

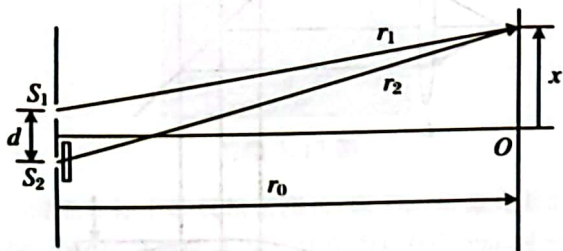


习题 3.3 图

3.4 如习题 3.4 图所示的杨氏实验装置中,若单色光源的波长 $\lambda = 500.0 \text{ nm}$, $d = S_1S_2 = 0.33 \text{ cm}$, $r_0 = 3 \text{ m}$ 。

(1) 试求条纹间隔。

(2) 若在 S_2 后面置一厚度 $h = 0.01 \text{ mm}$ 的平行平面玻璃片,试确定条纹移动方向和计算位移的公式;假设一直条纹的位移为 4.73 mm ,试计算玻璃的折射率。



习题 3.4 图

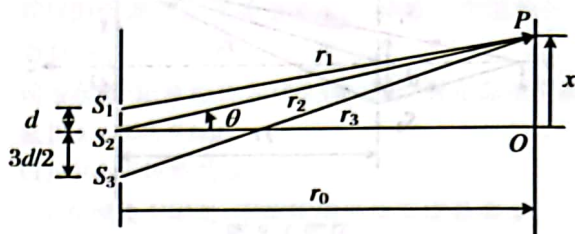
3.5 用很薄的云母片 ($n = 1.58$) 覆盖在双缝装置中的一条缝上,这时接收屏上的中心为原来的第七级亮纹所占据。若 $\lambda = 550.0 \text{ nm}$,则云母片有多厚?

3.6 考虑如习题 3.6 图所示的三缝干涉,假设三狭缝的宽度 a 相同 ($a \ll \frac{\lambda}{2}$)。

(1) 第一主极大的 θ 角是多少?(即 θ 角为多大时从三狭缝出来的子波同相位)

(2) 把(1)的结果写为 θ_1 ,在零级主极大 ($\theta = 0$) 方向的能

流写为 F_0 ,则在 $\theta_1/2$ 方向上的能流是多少?(以 F_0 为单位,设 $\lambda \ll d$)

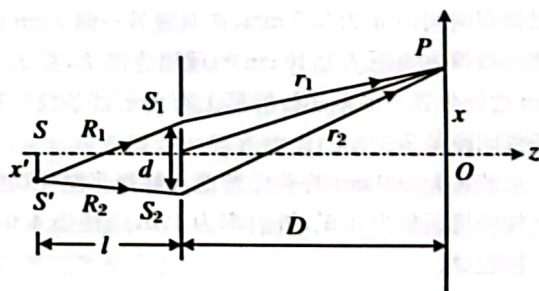


习题 3.6 图

3.7 在杨氏双缝实验中,除了原有的光源缝 S 之外,在 S 的正上方再开一狭缝 S' ,如习题 3.7 图所示。

(1) 若 $S'S_2 - S'S_1 = \frac{\lambda}{2}$,求单独打开 S 或 S' 时屏上的光强分布。

(2) 若 $S'S_2 - S'S_1 = \frac{\lambda}{2}$, S 和 S' 同时打开时,屏上的光强分布如何?



习题 3.7 图

3.8 如习题 3.8 图所示为一种利用干涉现象测定气体折射率的原理性装置,在 S_1 后面放置一长度为 l 的透明容器,将待测气体注入容器而将空气排出的过程中幕上的干涉条纹会移动,由移过条纹的根数即可推知气体的折射率。

(1) 设待测气体的折射率大于空气的折射率,则干涉条纹会如何移动?

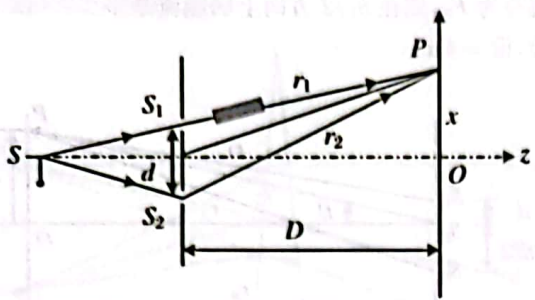
(2) 设 $L = 2.0 \text{ cm}$,条纹移过 20 根,光波长 589.3 nm ,空气折射率为 1.000276 ,求待测气体(氯气)的折射率。

3.9 设菲涅耳双面镜的夹角 $\epsilon = 10^{-3} \text{ rad}$,有一单色狭缝光源 S 与两镜相交处 C 的距离 r 为 0.5 m ,单色波的波长 $\lambda = 500.0 \text{ nm}$,在距两镜相交处距离 $L = 1.5 \text{ m}$ 处的屏幕 Σ 上出现明暗干涉条纹。

(1) 求屏幕 Σ 上两相邻明条纹之间的距离。

(2) 在屏幕 Σ 上最多可以看到多少明条纹?





习题 3.8 图

3.10 将一焦距 f 为 50 cm 的会聚透镜的中央部分截去 6 mm, 把余下的上、下两部分再黏合在一起, 成为一块梅斯林对切透镜 L 。在透镜 L 的对称轴上, 左边 300 cm 处有一波长 $\lambda = 500.0$ nm 的单色点光源 S , 右边 450 cm 处置一光屏 D 。

(1) 分析 S 发出的光经过透镜 L 后的成像情况, 如所成之像不止一个, 计算各像之间的距离。

(2) 在光屏 D 上能否观察到干涉条纹?

3.11 波长 λ 为 $0.5 \mu\text{m}$ 的平行单色光垂直入射到双缝平面上, 已知双缝间距 d 为 0.5 mm, 在双缝另一侧 5 cm 远处, 放置一枚像方焦距 f 为 10 cm 的理想透镜 L , 在 L 右侧 12 cm 远处放置一屏幕, 问: 屏幕上有无干涉条纹? 若有, 则条纹间距是多少?

3.12 一束波长为 500 nm 的平行光正入射到菲涅耳双棱镜上, 已知棱镜顶角为 $3.5'$, 折射率为 1.5, 距棱镜 4.0 m 处有一接收屏。

(1) 求屏上干涉条纹间距。

(2) 求屏上出现的亮条纹数。

3.13 一劳埃德镜镜面宽度为 4.0 cm, 一缝光源在其左侧, 离镜边缘 2.0 cm, 比镜面高出 0.5 mm, 接收屏幕在镜右侧, 距其边缘 300 cm, 入射光波长 589 nm。

(1) 求幕上的条纹间距以及出现的条纹数。

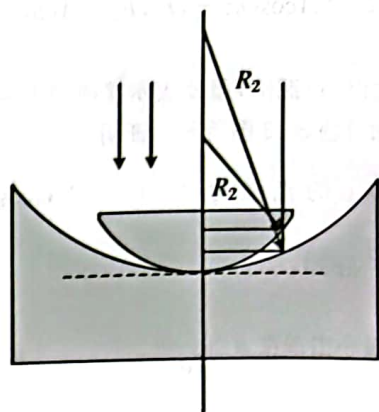
(2) 若缝光源上下平移而改变其到镜面的高度, 屏上条纹将如何变化?

3.14 如习题 3.14 图所示为一观察干涉条纹的实验装置, R_1 为透镜 L_1 下表面的曲率半径, $R_2 = 2.5$ cm 为透镜 L_2 上表面的曲率半径, 今用一束波长 $\lambda = 589.3$ nm 的单色平行钠光垂直照射, 由反射光测得第 20 级暗条纹半径 r 为 2.4 cm。

(1) 分析干涉图样的形状和特性。

(2) 透镜下表面的曲率半径 R_1 是多少?

3.15 如习题 3.15 图所示, 在一洁净的玻璃片的上表面上放一

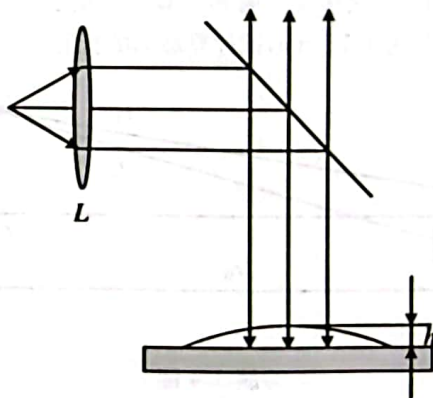


习题 3.14 图

滴油, 当油滴展开成油膜时, 在波长 $\lambda = 600.0$ nm 的单色光垂直照射下, 从反射光中观察到油膜所形成的干涉条纹。如果油膜的折射率 $n = 1.20$, 玻璃的折射率 $n' = 1.50$, 实验中, 由读数显微镜向下观察油膜所形成的干涉条纹。

(1) 当油膜中心的最高点与玻璃片的上表面相距 $h = 1.20 \mu\text{m}$ 时, 描述所观察到的条纹的形状, 即可以观察到几条亮条纹? 亮条纹所在处油膜的厚度是多少? 中心点的明暗程度又如何?

(2) 当油膜逐渐扩展时, 所看到的条纹将如何变化?



习题 3.15 图

3.16 将光滑的平板玻璃覆盖在柱形平凹透镜上, 如习题 3.16 图所示。

(1) 用单色光垂直照射时, 画出反射光中干涉条纹分布的大致情况。

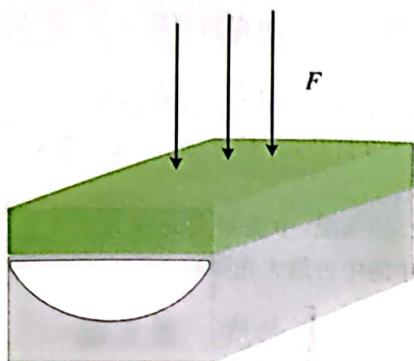
(2) 若圆柱面的半径为 R , 且中央为暗纹, 从中央数起第 2 条暗纹与中央暗纹的距离是多少?

(3) 连续改变入射光的波长, 在 $\lambda = 500.0$ nm 和 $\lambda = 600.0$ nm 时, 中央均为暗纹, 求柱面镜的最大深度。





(4) 若轻压上玻璃片, 条纹将如何变化?

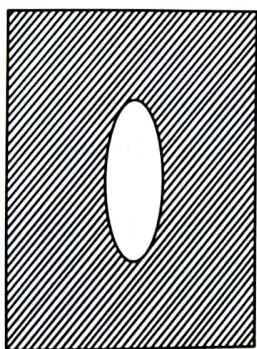


习题 3.16 图

3.17 如习题 3.17 图所示, 在一厚玻璃中有一气泡, 形状类似球面透镜, 用单色光从玻璃的左侧垂直入射。

(1) 描述在右侧看到的干涉条纹的特点, 即形状、间距、级数和边界处的条纹。

(2) 若均匀用力挤压玻璃的左、右两侧, 条纹有何变化?



习题 3.17 图

3.18 用迈克耳孙干涉仪精密测长, 以 He-Ne 激光器的 632.8 nm 谱线作为光源, 其谱线宽度为 0.0001 nm, 对干涉强度信号测量的灵敏度可达 1/8 个条纹。

(1) 这台干涉仪的测长精度是多少?

(2) 该测长仪一次测长的量程是多少?

3.19 镉灯为准单色光源, 其谱线的中心波长为 642.8 nm, 谱线宽度为 0.001 nm。

(1) 求其光场的相干长度和相干时间。

(2) 求该红色谱线的频宽。

(3) 用此灯作为迈克耳孙干涉仪的光源, 用镜面移动来观测干涉场输出的光信号曲线, 设镜面移动速度为 0.5 mm/s, 试估算需要多长时间才可以获得显示有两个波包形状的信号曲线。

3.20 有两条光谱线, 中心为 600 nm, 波长差 10^{-4} nm。现在要用法布里-珀罗干涉仪将它们分辨开, 则法布里-珀罗干涉仪的镜面间距至少要多长? 设每一个镜面的反射率为 95%。

3.21 设法布里-珀罗腔长 5.000 cm, 用扩展光源做实验, 光波波长 $\lambda = 600.0$ nm。

(1) 中心干涉级数是多少?

(2) 在倾角 1° 附近, 干涉环的半角宽度是多少? (设光强反射率 $R = 0.98$)

(3) 如果用该法布里-珀罗腔分辨谱线, 其色分辨本领有多大? 可分辨的最小波长间隔是多少?

(4) 如果用其对白光进行选频, 透射最强的谱线有几条? 每条的谱线宽度是多少?

(5) 由于热胀冷缩所引起的腔长的改变量为 10^{-5} (相对值), 则谱线的漂移量是多少?

3.22 在杨氏双缝实验中, 双缝间距为 0.5 mm, 接收屏距双缝 1.000 m, 点光源距双缝 30 cm 发射波长 $\lambda = 500.0$ nm 的单色光。

(1) 求屏上干涉条纹间距。

(2) 若点光源由轴上向下平移 2 mm, 屏上干涉条纹将向什么方向移动? 移动多少距离?

(3) 如点光源发出的光波为 (500.0 ± 2.5) nm 范围内的准单色光, 求屏上能看到的干涉极大的最高级次。

(4) 若光源具有一定的宽度, 屏上干涉条纹消失时, 它的临界宽度是多少?

第 4 章 光的衍射

4.1 试证明: 若圆盘遮住了 k 个半波带, 则在圆盘阴影中心点 P 的光强为 $a_{k+1}/4$ (a_{k+1} 表示第 $k+1$ 个波带的振幅)。

4.2 在非涅耳圆孔衍射装置中, 若圆孔大小、点光源位置均为固定而观察屏逐渐远离圆孔, 试画出中心点 P 的光强变化情况, 并说明之。

4.3 波长为 λ 的单色平行光垂直照射在一个开有圆环孔的屏上, 圆环的内半径为 r , 外半径为 R , 中心为 O 点, 观察点 P 位于屏后的法线 OF 上, 当 P 点逐渐远离 O 点时, P 点的光强有明暗交替变化, 但达到最后的暗点为 P_0 后不再出现暗点。问:

(1) P 点在 P_0 点前时的光强如何变化?

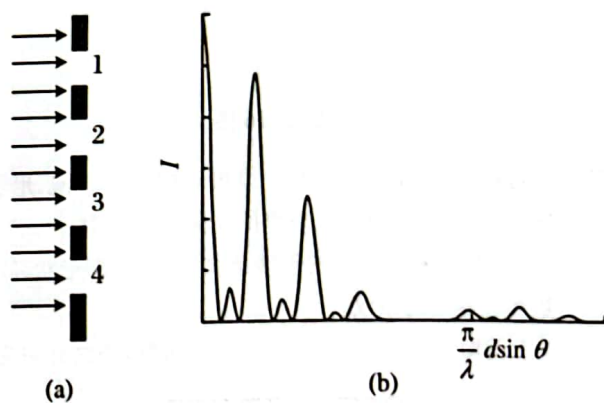
(2) P 点在 P_0 点后时, 在何处其光强为最大? 可达到没有圆环屏时的多少倍?



- (3) P 点在 P_0 点后为什么不再出现暗点?
- 4.4 某人欲制造一个对应于 $\lambda = 5 \mu\text{m}$, 焦距为 10 m 的振幅型波带片, 要求焦点处的光强为不放波带片时的 1000 倍。
- (1) 如何设计这一波带片?
 - (2) 此片能否用在波长为 $2.5 \mu\text{m}$ 的光束上? 焦距和光强情况是否改变?
 - (3) 若用 $n = 2.0$ 的介质材料制造上述要求的相位型波带片, 应如何设计?
 - (4) 这一相位型的波带片是否能用于波长为 $2.5 \mu\text{m}$ 的光束中?
- 4.5 由紫光($\lambda_1 = 400 \text{ nm}$)、绿光($\lambda_2 = 500 \text{ nm}$)和红光($\lambda_3 = 750 \text{ nm}$)三种波长组成的平行光束垂直入射到一光栅上, 光栅常数为 0.005 mm , 用 $f = 1 \text{ m}$ 的透镜使光栅中出射的光谱会聚在焦平面上, 则第二级的红线、第三级的绿线和第四级的紫线之间的距离为多少?
- 4.6 在非涅耳圆盘衍射的实验中, 若以一枚图钉作为圆盘($\rho_0 = 1 \text{ cm}$), 并令 $R = r_0$, 取 $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$, 要求圆盘正好挡住一个波带, 则光源与屏的距离应为多少?
- 4.7 波长为 750 nm 的光波通过一个宽度为 10^{-3} mm 的狭缝, 则中央极大的衍射峰张角为多少度? 20 cm 远处的屏幕上的衍射光斑宽度为多少?
- 4.8 有一个刻槽为 10000 线/mm 的光栅, 波长为 400 nm 和 700 nm 的光波经过此光栅后的第一和第二衍射级的角度各为多少?
- 4.9 有一个单缝衍射装置, 波长为 550 nm 的光束在 1.50 m 处的屏幕上产生中心衍射的极大光斑宽度为 3.0 cm , 当用波长为 400 nm 的光束照射时, 其极大光斑的宽度为多少?
- 4.10 在双缝衍射中如何用惠更斯-菲涅耳原理定性解释在衍射主极大中出现光强为零的情况?
- 4.11 作 $d = 4b, N = 5$ 的光栅的光强分布图, 并求出在衍射主极大中各个(干涉)主极大的归一化强度。
- 4.12 导出不等宽双狭缝的夫琅禾费衍射强度分布公式, 设缝宽为 a , 缝距 $d = 3a$ 。
- 4.13 有 $2N$ 条平行狭缝, 缝宽均为 a , 缝间不透明部分周期性变化, 间距为 $a, 2a, 3a, \dots$ 。求下列各种情形的衍射强度分布: (1) 遮住偶数条; (2) 遮住奇数条; (3) 全开放。
- 4.14 有一三狭缝衍射屏, 缝宽均为 a , 彼此间距为 d , 中间缝盖有可以引起 180° 相位改变的滤光片, 波长为 λ 的单色光正入射。计算下列各种情况下的角度: (1) 第一衍射极小; (2) 第一干涉极小; (3) 第一干涉极大。
- 4.15 如习题 4.15 图(a)所示, 有一四缝衍射屏, 缝宽为 a , 缝间

不透光部分宽度为 b , 且 $a = b$ 。缝 1 一直打开, 其他缝可以关闭, 单色平行光正入射。

- (1) 打开缝_____可得到习题 4.16 图(b)所示的强度分布。
- (2) 画出四个缝全打开时的强度分布。
- (3) 若缝 1, 3 打开, d 不变, 而 a 减小至 $a \ll b$, 画出强度分布曲线。
- (4) 按(2)的情况, 中央最大光强为 $I = \text{_____} I_0$ (I_0 为图(b)中的中央最大光强)。



习题 4.15 图

- 4.16 为了能分辨第二级钠光谱的双线(波长分别为 589.0 nm 和 589.6 nm), 宽度为 10 cm 的平面光栅的常数应为多少?
- 4.17 一光栅的光栅常数为 $4 \mu\text{m}$, 总宽度为 10 cm , 波长为 500.0 nm 和 500.01 nm 的平面波正入射, 光栅工作在二级光谱, 问: 该双线分开多大角度? 能否分辨?
- 4.18 某光源发射波长为 650 nm 的红光, 用刻线数为 10^5 的光栅测量发现这是双线, 在该光栅的第三级光谱中刚好能分辨此双线, 求这两条谱线的波长差。
- 4.19 一光栅宽 5.00 cm , 每毫米有 400 条刻线。波长为 500.0 nm 的平行光正入射时, 光栅的第 4 级衍射光谱在单缝衍射的第一极小值位置。
- (1) 求每缝的宽度。
 - (2) 求第二级衍射谱的半角宽度。
 - (3) 求第二级可分辨的最小波长差。
 - (4) 如果入射光的入射方向与光栅平面的法线成 30° 角, 光栅能分辨的最小波长差又是多少?
- 4.20 绿光波长为 500.0 nm , 正入射在光栅常数为 $2.5 \times 10^{-3} \text{ mm}$ 、宽度为 30 mm 的光栅上, 聚光镜的焦距为 500 mm 。
- (1) 求第一级光谱的线色散率。
 - (2) 求第一级光谱中能分辨的最小波长差。



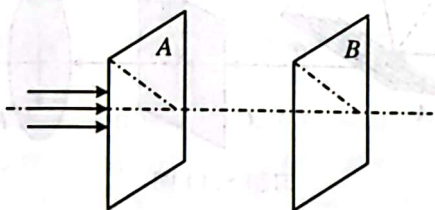


(3) 该光栅最多能看到第几级光谱?

- 4.21 国产 31WI 型 1 m 平面光栅摄谱仪的技术数据如下:物镜焦距 1050 mm,光栅刻划面积 60 mm × 40 mm,闪耀波长 635.0 nm(1 级),刻线 1200 条/mm,色散(线色散率的倒数)0.8 nm/mm,理论分辨率 72000(1 级)。
- (1) 求该摄谱仪能分辨的最小波长间隔。
 - (2) 该摄谱仪的角色散本领是多少?
 - (3) 光栅的闪耀角是多大? 闪耀方向与光栅平面的法线方向成多大的角度?

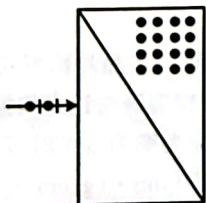
第 5 章 光的双折射

- 5.1 如习题 5.1 图所示,两块相同的冰洲石晶体 A、B 前后排列,强度为 I 的自然光垂直于 A 的表面入射之后依次通过 A、B。A、B 的主截面之间夹角为 α 。求 $\alpha = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ 时由 B 射出的光束的数目和每束光的强度。



习题 5.1 图

- 5.2 如习题 5.2 图所示,一棱镜由玻璃直角三棱镜(折射率为 n)和一个负晶体直角三棱镜(光轴垂直于图面)组成。自然光从玻璃一侧垂直入射,讨论以下几种情况下双折射光束的传播方向:(1) $n = n_o$; (2) $n = n_e$; (3) $n > n_o$; (4) $n_o > n > n_e$ 。

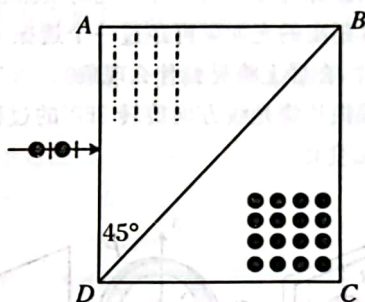


习题 5.2 图

- 5.3 一束线偏振的钠黄光垂直射入一方解石晶体,其光矢量的振动方向与晶体的主截面成 20° 角。不考虑界面的反射和介质的吸收,计算出现双折射的两束光的相对振幅和强度。
- 5.4 一束钠黄光掠入射到冰的晶体平板上,平板厚度为

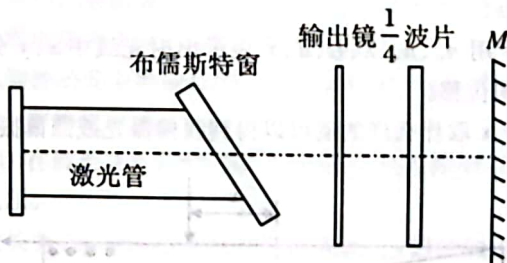
4.2 mm,其光轴与入射面垂直。求平板另一表面上 o 光与 e 光两出射点的间隔。已知对于钠黄光,冰的折射率为 $n_o = 1.3090, n_e = 1.3104$ 。

- 5.5 如习题 5.5 图所示,棱镜 ABCD 由 45° 方解石直角三棱镜组成,棱镜 ABD 的光轴平行于 AD,棱镜 BCD 的光轴垂直于图面。当光垂直于 AD 入射时,说明为什么 o 光和 e 光在第二块棱镜中分开,并在图中画出它们的波面和振动方向。



习题 5.5 图

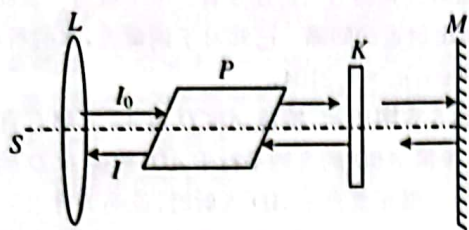
- 5.6 可用什么办法区分 $1/2$ 波片和 $1/4$ 波片?
- 5.7 如习题 5.7 图所示,在使用激光器发出的平面偏振光的各种测量仪器上,为避免激光返回激光器的谐振腔,在激光器输出窗口外放一 $1/4$ 波片,且其主截面与出射激光的振动面间有 45° 夹角,说明此波片的作用。



习题 5.7 图

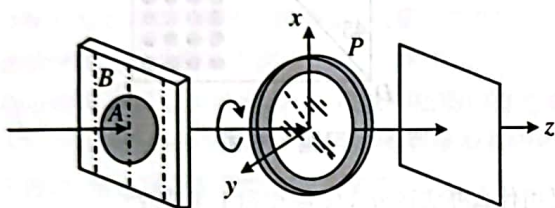
- 5.8 如习题 5.8 图所示,单色光源 S 置于透镜 L 的焦点处, P 为偏振器, K 为此单色光的 $\lambda/4$ 片,其快轴与偏振器的透振方向成 α 角, M 为平面反射镜。已知入射到偏振器的光强为 I_0 ,分析光束经过各个元件后的偏振态,计算返回 L 处的光强(不计反射、吸收的光强损失)。
- 5.9 一束波长为 λ 的右旋圆偏振平行光,正入射到一块两表面平行的方解石晶片上,且照射整个晶片,晶片的光轴平行于其表面(习题 5.9 图中 y 方向),晶片的 A 部分为 $\lambda/2$ 片, B 部分为 $\lambda/4$ 片,如习题 5.9 图所示。





习题 5.8 图

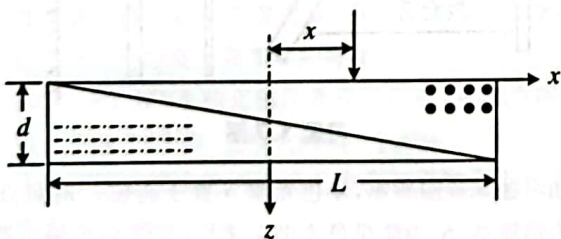
- (1) 分别指出经过晶片两部分的光的偏振态。
- (2) 从晶片射出的光如果再经过一个透振方向与 y 成 45° 角的偏振片, 在屏上将见到什么现象?
- (3) 在将偏振片绕光线方向旋转 360° 的过程中, 屏上的光强发生什么变化?



习题 5.9 图

- 5.10 一巴比涅补偿器由两个光轴相互垂直的劈形石英组成。如习题 5.10 图所示, 现有一束极窄的线偏振光正入射, 其偏振方向与 x 轴成 45° 角, 光束偏离补偿器的中心线 x 。

- (1) 用 $n_o, n_e, \lambda, L, d, x$ 表示出射光线中 x, y 分量间的相对位移。
- (2) x 取什么样的值可以得到线偏振光或圆偏振光?

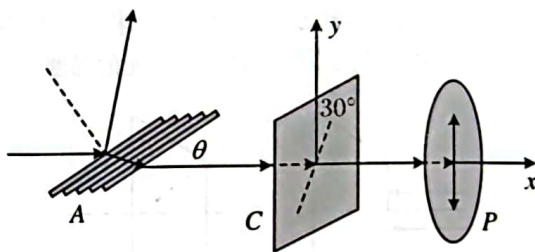


习题 5.10 图

- 5.11 两偏振片之间有一 $\lambda/2$ 片, 波片的快轴与 P_1 的透振方向成 38° 角。设波长为 632.8 nm 的光垂直入射到 P_2 上, 要使透射光最强, P_2 应如何放置? 若晶片的折射率 $n_o = 1.52, n_e = 1.48$, 计算此晶片的最小厚度。
- 5.12 一块厚度为 0.04 mm 的方解石晶片, 光轴与表面平行, 将其插入正交偏振片之间, 且使主截面与第一偏振片的透

振方向成 $\theta (\theta \neq 0, \frac{\pi}{2})$ 角, 则白光中哪些波长成分不能通过此装置?

- 5.13 由哪些方法可以使一线偏振光的振动面旋转 90° ?
- 5.14 如习题 5.14 图所示, 玻璃片堆 A 由折射率为 n 的玻璃平板组成, 半波片 C 的快轴与 y 轴夹角为 30° , 偏振片 P 的偏振化方向沿 y 轴, 自然光沿水平方向入射。
 - (1) 要使 A 的反射光为完全线偏振光, 玻璃片堆 A 的倾角 θ 应该是多大?
 - (2) 若将 A 出射的部分偏振光看成是自然光和线偏振光的叠加, 则经过 C 后线偏振光的振动面有何变化? 说明理由。
 - (3) 若 A 的透射光中自然光的强度为 I , 线偏振光的强度为 $3I$, 计算从 P 出射的光强。



习题 5.14 图

- 5.15 在两个透振方向平行的偏振片间放一半波片, 其主截面沿着 P_1 的透振方向向右旋转 27° , 半波片后再放一右旋石英片, 其旋光率为 $a = 18^\circ/\text{mm}$, 单色光正入射到 P_1 。要在 P_2 后消光, 石英片的最小厚度应是多少?
- 5.16 厚度为 1 mm 的沿垂直于光轴方向切出的石英片放在两主截面平行的尼科耳棱镜之间, 对某一波长的光偏振面旋转 20° , 则当石英晶片的厚度为多少时, 该波长的光将完全消失?
- 5.17 一表面垂直于光轴的水晶片恰好可抵消 10 cm 长度的浓度为 20% 的麦芽糖溶液对钠光偏振面所引起的旋转。对此波长, 水晶的旋光率为 $\alpha = 21.75^\circ/\text{mm}$, 麦芽糖的比旋光率为 $[\alpha] = 144^\circ/[\text{dm} \cdot (\text{g}/\text{cm}^3)]$, 求此水晶片的厚度。

第 6 章 光的吸收、色散、散射

- 6.1 一均匀介质的吸收系数为 $a = 0.32/\text{cm}$, 求出射光强变为入射光强 $0.1, 0.2, 0.5$ 倍时介质的厚度。
- 6.2 设海水的吸收系数为 $a = 2/\text{m}$, 而人眼能感受到的光强为太阳光强的 10^{-18} 。试问在海面下多深处人眼还能看





见光?

- 6.3 证明当介质厚度 $L = 1 \text{ cm}$ 而吸收系数又很小时, 吸收率 $G \approx (I_0 - I)/I_0$ 在数值上就等于吸收系数本身。
- 6.4 什么是光的色散现象? 何谓正常色散和反常色散? 什么情况下出现反常色散?
- 6.5 根据物质的正常色散曲线, 试回答:
 (1) 在三棱镜色散现象中, 何种颜色的光偏折得最厉害?
 (2) 可见光(波长范围 $4000 \sim 7000 \text{ \AA}$) 入射三棱镜上产生色散现象, 哪个波段的光偏折的角度变化较大?
- 6.6 为什么点燃的香烟冒出的烟是淡蓝色的, 而吸烟者口中吐出的烟却呈白色?
- 6.7 既然眼睛对黄绿光最为敏感, 为什么危险信号要用红色?
- 6.8 一块白色石头沉于水池底, 由水面看石头, 常见其边缘有蓝色与橙色条纹。为什么? 蓝色在外圈还是内圈?
- 6.9 用 $A = 1.53974$, $B = 4.6528 \times 10^3 \text{ nm}^2$ 的玻璃做成 50° 棱角的棱镜, 当其对 550.0 nm 的入射光处于最小偏向角位置时, 求其角色散率是多少(rad/nm)。
- 6.10 某种玻璃对不同波长的光折射率不同。 $\lambda_1 = 400.0 \text{ nm}$ 时, $n_1 = 1.63$; $\lambda_2 = 500.0 \text{ nm}$ 时, $n_2 = 1.58$ 。假定柯西公式此时适用, 求此种玻璃在 600.0 nm 时的 $dn/d\lambda$ 。
- 6.11 一块玻璃对波长为 0.070 nm 的 X 射线的折射率比 1 小 1.600×10^{-6} , 求 X 射线能在此玻璃的外表面发生全反射(全外反射)的最大掠射角。
- 6.12 同时考虑介质对光的吸收和散射时, 吸收系数 $\alpha = \alpha_0 + \alpha_s$, 其中 α_0 是真正的吸收系数, 而 α_s 为散射系数, 若光经过一定厚度的某种介质后, 只有 20% 的光强通过, 已知该介质的散射系数为真正吸收系数的 $1/2$, 若消除散射, 透射光强可增加多少?
- 6.13 计算波长为 253.6 nm 和 546.1 nm 的两条谱线的瑞利散射强度之比。

第 7 章 光的量子性

- 7.1 黑体在某一温度时总辐射本领为 $6.8 \text{ W}/\text{cm}^2$, 试求这时辐射本领具有最大值的波长 λ_m 。
- 7.2 用辐射温度计测得从一个炉子的小孔射出的热辐射的总辐射本领为 $22.8 \text{ W}/\text{cm}^2$, 计算炉子的内部温度。
- 7.3 如果我们把恒星表面近似看作一个黑体, 则通过测量恒星辐射光谱中与辐射本领最大值相应的波长 λ_m , 就可以估计恒星表面的温度。若已知太阳的 $\lambda_m = 510 \text{ nm}$, 北极星星的 $\lambda_m = 350 \text{ nm}$, 试求它们的表面温度。

- 7.4 黑体在加热过程中其最大辐射本领的波长由 $0.6 \mu\text{m}$ 变化到 $0.4 \mu\text{m}$, 问总辐射本领增加了几倍。
- 7.5 热核爆炸中火球的瞬时温度可达到 10^7 K , 求: (1) 辐射最强的波长; (2) 这种波长的光子能量。
- 7.6 试从普朗克黑体辐射公式的频率形式导出它的波长形式:

$$r_0(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/(\lambda kT)} - 1}$$

- 7.7 在温度 $t = 0^\circ \text{C}$ 时, 空腔中充满平衡热辐射, 试确定空腔中 1 cm^3 体积内的光子总数。(提示: $\int_0^\infty \frac{x^2}{e^x - 1} dx = 2.405$)
- 7.8 试分别用焦耳和电子伏特为单位表示下列各种光子的能量:
 (1) 无线电短波, $\lambda = 10 \text{ m}$ 。
 (2) 红外光, $\lambda = 2.5 \mu\text{m}$ 。
 (3) 可见光, $\lambda = 500 \text{ nm}$ 。
 (4) 紫外光, $\lambda = 280 \text{ nm}$ 。
 (5) X 射线, $\lambda = 0.1 \text{ nm}$ 。
- 7.9 一个频率为 $6 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 的光源, 其发射功率为 10 W , 则它一秒钟内能发射多少光子?
- 7.10 当一频率为 ν 、单位体积中有 N 个光子的单色平面波以入射角 i 入射到真空中一平面上时, 试分下列两种情况给出它施加于此表面的辐射压力的表示式: (1) 表面是黑体(对光全部吸收); (2) 表面按反射率 R 做镜面反射。
- 7.11 已知从铯表面发射出的光电子的最大动能为 2.0 eV , 铯的脱出功为 1.9 eV , 求入射光的波长。
- 7.12 已知钾的光电效应红限 $\lambda_0 = 5.5 \times 10^{-5} \text{ cm}$, 求:
 (1) 钾的脱出功。
 (2) 在波长 $\lambda = 4.8 \times 10^{-5} \text{ cm}$ 的可见光照射下钾的遏止电压。
- 7.13 波长为 200 nm 的光照射到铝表面上, 铝的脱出功为 4.2 eV 。试问:
 (1) 铝的截止波长为多少?
 (2) 光电子的最大动能为多少?
 (3) 光电子的最小动能为多少?
 (4) 遏止电压为多大?
 (5) 如果入射光强为 $2.0 \text{ W}/\text{m}^2$, 阴极面积为 1 cm^2 , 光束垂直照射在阴极上, 可能产生的最大饱和电流是多少?

第 8 章 激光基础

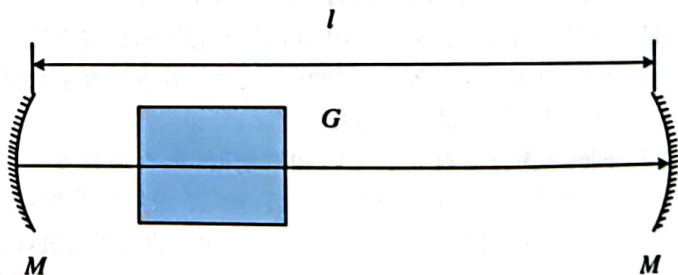
- 8.1 为使氮氛激光器的相干长度达到 1 km , 它的单色性 $\Delta\lambda/\lambda$



- 应是多少?
- 8.2 (1) 一质地均匀的材料对光的吸收为 0.01 mm^{-1} , 光通过 10 cm 长的该材料后, 出射光强为入射光强的百分之几?
 (2) 一光束通过长度为 1 m 的均匀激活的工作物质, 如果出射光强是入射光强的两倍, 试求该物质的增益系数。
- 8.3 如果激光器和微波激射器分别在 $\lambda = 10 \text{ }\mu\text{m}$, $\lambda = 5 \times 10^{-1} \text{ }\mu\text{m}$ 和 $\nu = 3000 \text{ MHz}$ 输出 1 W 连续功率, 每秒钟从激光上能级向下能级跃迁的粒子数是多少?
- 8.4 设一对激光能级为 E_2 和 E_1 ($g_1 = g_2$), 两能级间的跃迁频率为 ν (相应的波长为 λ), 能级上的粒子数密度分别为 N_2 和 N_1 , 试求:
 (1) $\nu = 3000 \text{ MHz}$, $T = 300 \text{ K}$ 时, N_2/N_1 的值。
 (2) $\lambda = 1 \text{ }\mu\text{m}$, $T = 300 \text{ K}$ 时, N_2/N_1 的值。
 (3) $\lambda = 1 \text{ }\mu\text{m}$, $N_2/N_1 = 0.1$ 时, T 的值。
- 8.5 假定工作物质的折射率 $n = 1.73$, 试问 ν 为多大时 $A_{21}/B_{21} = 1 \text{ J} \cdot \text{S}/\text{m}^3$ 。这是什么光范围?
- 8.6 如果工作物质的某一跃迁波长为 100 nm 的远紫外光自发跃迁几率 A_{10} 等于 10^6 s^{-1} , 试问: (1) 该跃迁的受激辐射爱因斯坦系数 B_{10} 是多少? (2) 为使受激跃迁概率比自发跃迁概率大 3 倍, 腔内的单色能量密度 ρ 应为多少?
- 8.7 由两个全反射镜组成的稳定光学谐振腔, 腔长为 0.5 m , 腔内振荡光的中心波长为 632.8 nm , 试求该光的频带宽度 $\Delta\lambda$ 的近似值。
- 8.8 红宝石激光器输出 $\lambda = 694.3 \text{ nm}$ 的平面波 (一种合适的近似)。
 (1) 定性描述这种激光器的工作原理, 并粗略地作出有关的原子能级图。
 (2) 当激光通过折射率 $n = 4/3$ 的水时, 波长和频率各为

多少?

- (3) 当激光以 45° 倾角斜入射于水中时, 其反射光中每一种偏振分量各有多少比例?
 (4) 平面波在水中传播时, 电场、磁场振幅各为多少? 设波在水中的时间平均功为 $100 \text{ mW}/\text{cm}^2$ 。
 (5) 激光在真空中的相干长度为多少 (即光保持相干性到 $\lambda/4$ 时传播的距离)? 设激光带宽为 $\Delta\nu = 30 \text{ MHz}$ 。
- 8.9 如习题 8.9 图所示, 一台染料激光器由两个近乎理想的反射镜 M 以及增益介质 (其带宽为 $\Delta\nu$, 中心频率为 ν_0) 构成。
 (1) 设光线在腔内往返一次的时间为 τ , 问此光腔允许激光器工作的频率是多少, 并用 τ 表示。
 (2) 假定激光器运转于增益带宽内的一切可能腔模, 并假设这些模的相位是稳定的, 没有相位的起伏, 设法将这些模的相位调整得使它们在 $t = 0$ 时刻具有相同的相位, 则激光器的输出将如何随时间变化?
 (3) 若要产生脉宽为 1 ps (10^{-12} s) 的脉冲 (波长为 600 nm), 需要多大带宽 $\Delta\nu$? 应当包括多少激光腔模? (取腔长 $l = 1.5 \text{ m}$)



习题 8.9 图

