

《现代光学基础》总复习

林瞳 顾兵

lintong@seu.edu.cn

2022年12月14日

东南大学先进光子学中心

<http://photontech.seu.edu.cn>

第1章 几何光学的基本原理

§ 1.1 几个基本概念和定律 费马原理

§ 1.2 光在平面界面上的反射和折射 光导纤维

§ 1.3 光在球面上的反射和折射

§ 1.4 光连续在几个球面界面上的折射 虚物的概念

§ 1.5 薄透镜

§ 1.6 近轴物近轴光线成像条件

§ 1.7 共轴理想光具组的基点和基面

➤ 知识点:

像似深度

全反射

棱镜最小偏向角测材料折射率

近轴光线条件下球面反射和折射的物像公式

薄透镜成像公式、横向放大率

薄透镜的作图求像法

近轴物近轴光线条件下球面反射(折射)的成像(物像)公式

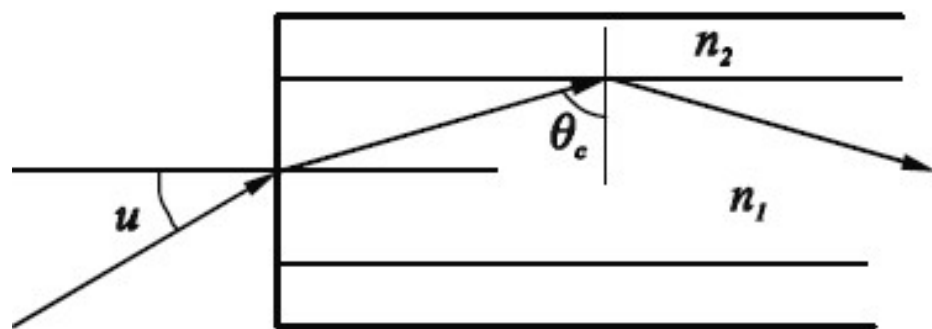
共轴理想光具组作图成像法

➤ **典型例题:** P111 例3.1(知道结论); P120 例3.3; P124 例3.4;
P139 例3.6 (逐次求像法)

➤ **典型习题:** 作业题

➤ 补充例题

1.1 【全反射】 如图所示的一根圆柱形光纤，纤芯折射率为 n_1 ，包层折射率 n_2 ，且 $n_1 > n_2$ ，证明入射光的最大孔径角 $2u$ （保证光在纤芯和包层界面发生全反射）满足关系式： $\sin u \leq \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$



答： 根据折射定律

$$\sin u = n_1 \sin \theta_1 = n_1 \cos \theta_c = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 \theta_c}$$

光线在玻璃芯和外套的界面处发生全反射的条件为

$$\sin \theta_c > \frac{n_2}{n_1}$$

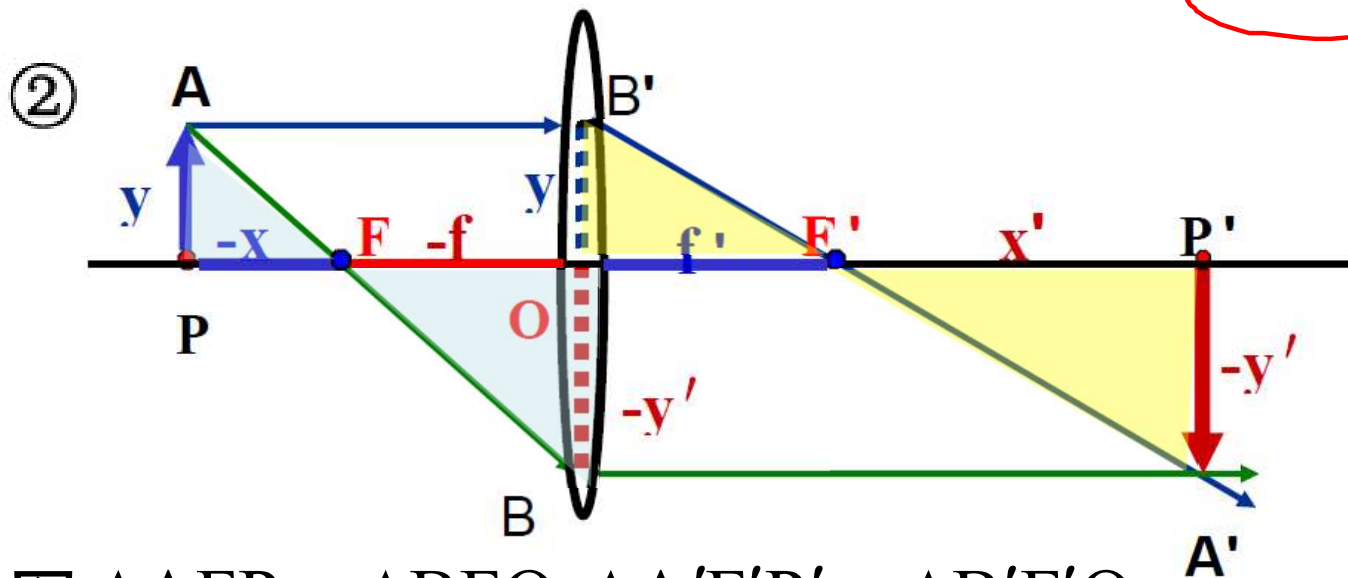
所以，光线在光纤内发生全反射时，数值孔径为

$$\sin u \leq \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

1.2 【薄透镜成像公式、横向放大率、薄透镜的作图求像法】

设物体经一焦距为 f' 的正透镜成像，所成像轴向放大率等于-1倍，试求物平面与像平面的位置，并用作图法验证。

答：① $\frac{f'}{s'} + \frac{f}{s} = 1, f' = -f$ 薄透镜的高斯公式 P128 (3-27)
 $\beta = s' / s = -1$, 代入得 $s' = 2f', s = 2f$



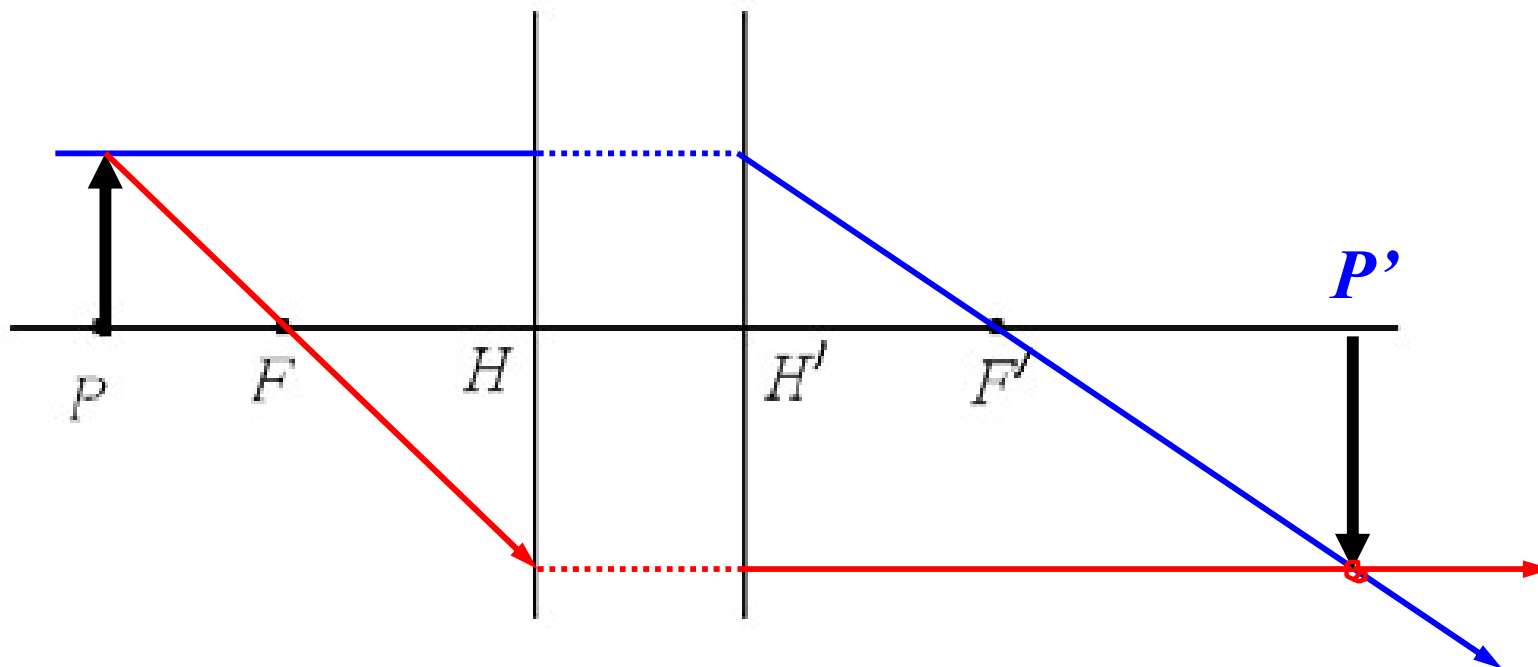
如图 $\triangle AFP \sim \triangle BFO, \triangle A'F'P' \sim \triangle B'F'O$

因为 $\beta = y' / y = -1$ 所以 $-y' = y \therefore \triangle AFP \cong \triangle BFO, \triangle A'F'P' \cong \triangle B'F'O$

所以 $-x = -f, x' = f'$ 得: $s' = 2f', s = 2f$

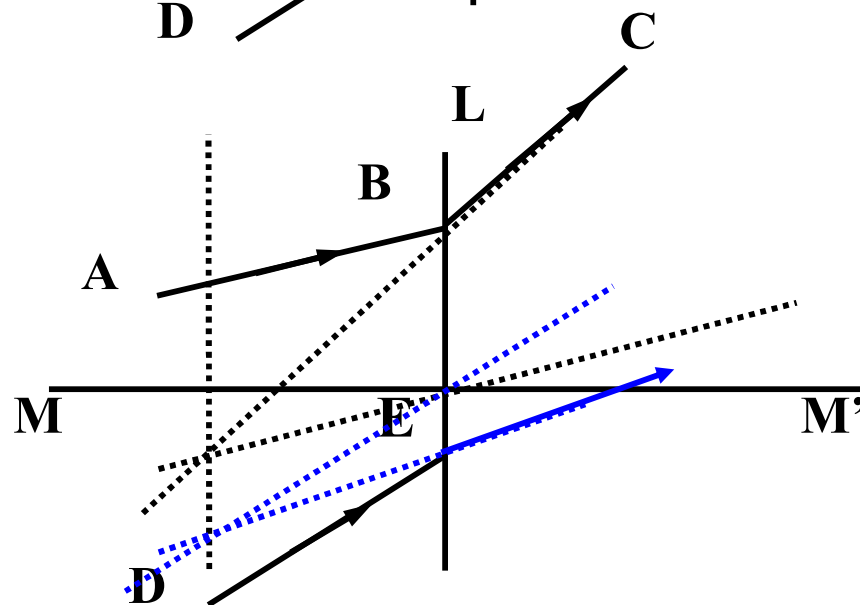
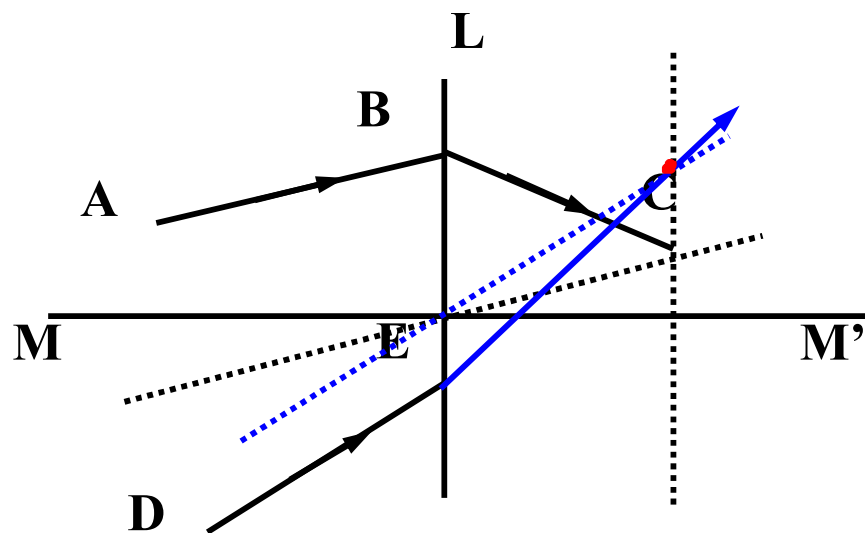
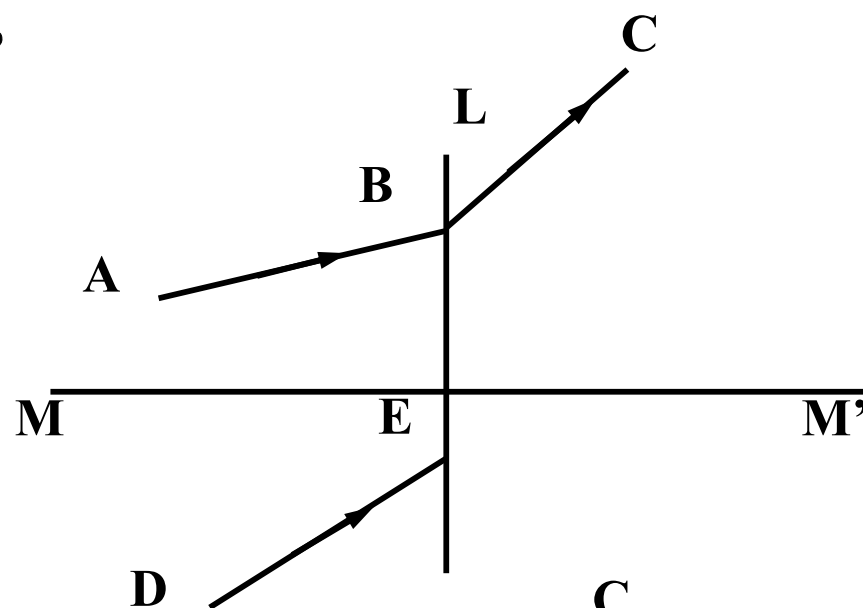
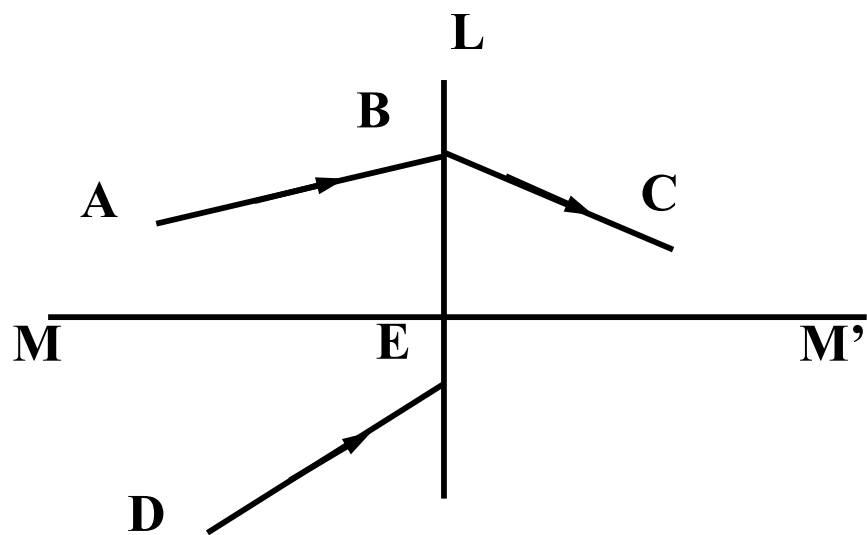
1.3 【作图求像法】 用理想光具组的任意光线做图法画出轴上P点的像

类似于P139 图3-32



F : 焦点; H : 主点

1.4 【作图求像法】 图中L为薄透镜，水平横线MM'为主轴。ABC为已知的一条穿过这个透镜的光线路径，用作图法求出任一条光线DE穿过透镜后的路径。



第2章 光的干涉

§ 2.1 波动的独立性、叠加性和相干性

§ 2.2 由单色波叠加所形成的干涉图样

§ 2.3 分波面双光束干涉

§ 2.4 干涉条纹的可见度

§ 2.6 分振幅薄膜干涉（一）——等倾干涉

§ 2.7 分振幅薄膜干涉（二）——等厚干涉

§ 2.8 迈克耳孙干涉仪

§ 2.9 法布里-珀罗干涉仪 多光束干涉

§ 2.10 光的干涉应用举例 牛顿环

$$\delta = 2d_0 \sqrt{(n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i_1)} - \frac{\lambda}{2}$$

➤ 知识点:

光程差、相位差

条纹可见度

杨氏双缝干涉

薄膜干涉 半波损失

劈尖干涉、牛顿环

增透膜和高反膜

迈克耳孙干涉仪

法布里-珀罗干涉仪

➤ 典型例题: P22 例1.1; P37 例1.2; P37 例1.3

➤ 典型习题: 作业题

➤ 补充例题

2.1 【杨氏双缝干涉】 在杨氏双缝实验中，用单色光垂直照射在两个相距为0.5 mm的双缝上，在与缝相距为1.00 m的屏幕上测得中央明纹两侧第五级明条纹之间的距离为11.78 mm，求此单色光的波长。

解：杨氏双缝干涉中产生明纹的条件： $x = \frac{j\lambda L}{d}$ x jλL

第五级明条纹到中央明纹的距离为： $x = \frac{5\lambda L}{d}$

两侧第五级明条纹之间距离就应该为 $2x$,

所以单色光的波长为

$$\lambda = \frac{2xd}{10L} = \frac{11.78 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 10^{-3}}{10 \times 1.00} \text{ m} = 5.87 \times 10^{-7} \text{ m} = 587 \text{ nm}$$

2.2 【杨氏双缝干涉】 一宽度为 a ，发光波长为 $\lambda=0.6\mu\text{m}$ 的狭缝光源 S_1 ，在距其 10cm 处放置杨氏双缝屏（缝 S_2 和缝 S_3 ），缝间距为 d ，每条缝宽很窄。双缝 S_2 和 S_3 平行于光源 S_1 ，于双缝屏后 $Z=120\text{cm}$ 处放置观察屏。试解下列问题：(A). 当光源缝宽很小，双缝间距 $d=0.5\text{mm}$ 时，干涉条纹间距为多大？(B). 如紧贴 S_2 缝后放一块透明薄膜，膜厚 $h=1.2\mu\text{m}$ ，膜的折射率 $n=1.5$ ，这时干涉条纹间距又为多大？干涉条纹移动了几个条纹间距？

解： (A). 干涉条纹间距 $\Delta x = \lambda Z/d = 1.44 \text{ mm}$

(B) $\Delta x = \lambda Z/d = 1.44 \text{ mm}$ 不变，

薄膜引入 $\delta = (1.5 - 1) \times 1.2 \mu\text{m} = 0.6 \mu\text{m}$

所以条纹移动了一个条纹间距



2.3 【等厚干涉的应用】 光盘的表面非常平整，工厂要生产出合格的光盘必须对其平面度进行严格的测量。试用所学的光学知识设计一种能够精确测量光盘平面度的方法（请画出光路原理图，并说明）。

- 答：**
- ① 利用等厚干涉来精确测量光盘平面度
 - ② 具体的光路图可用尖劈结构产生的等厚条纹，也可用迈克耳逊结构产生的等厚条纹
 - ③ 光源：单色点光源加准直透镜产生的平行光或激光扩束产生的平行光
 - ④ 干涉条纹的弯曲程度反映了光盘表面的平面度情况

2.4 【法布里-珀罗干涉仪】 单色面光源经透镜后入射到一个法布里-珀罗 (FP) 干涉仪上, FP后再放一块正透镜, 其后焦面出现环状干涉条纹。(A).干涉场中央条纹的干涉级次大还是边缘区域条纹的干涉级次大? (B).当FP间距d逐渐变大时, 干涉场中央是涌出条纹还是吞没原有条纹? (C)若光源为一定光谱宽度的准单色光, FP的间距d为某值时看不到干涉条纹, d应是变大还是变小才有可能观察到干涉条纹?

答: 相邻光束的光程差 $\delta = 2n_2 d_0 \cos i_2$ = $\frac{2\pi}{\lambda} d \cos i$ $i \rightarrow 0$

P42

(A). 干涉场中央条纹的干涉级次大 d ↑ k ↑

(B). 当FP间距d逐渐变大时, 干涉场中央涌出条纹 k ↑ $|m|$ ↑

光束相干长度 $\delta_{\max} = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$ P24 (1-25) $\Delta\lambda \rightarrow 0$

(C). d应变小才有可能观察到干涉条纹

2.5 【光程差】 在杨氏双缝干涉实验中， S_2 上盖上一厚度为 h ，折射率为 n 的透明介质，问原来的零级明条纹移向何处？若观察到零级明条纹移到原来第 k 级明条纹处，求该透明介质的厚度。设入射光波长为 λ 。

解：(1) 在真空中 $\Delta = r_2 - r_1$

S_2 上盖一介质

$$\Delta = r_2 - h + nh - r_1$$

零级明条纹： $\Delta = 0$

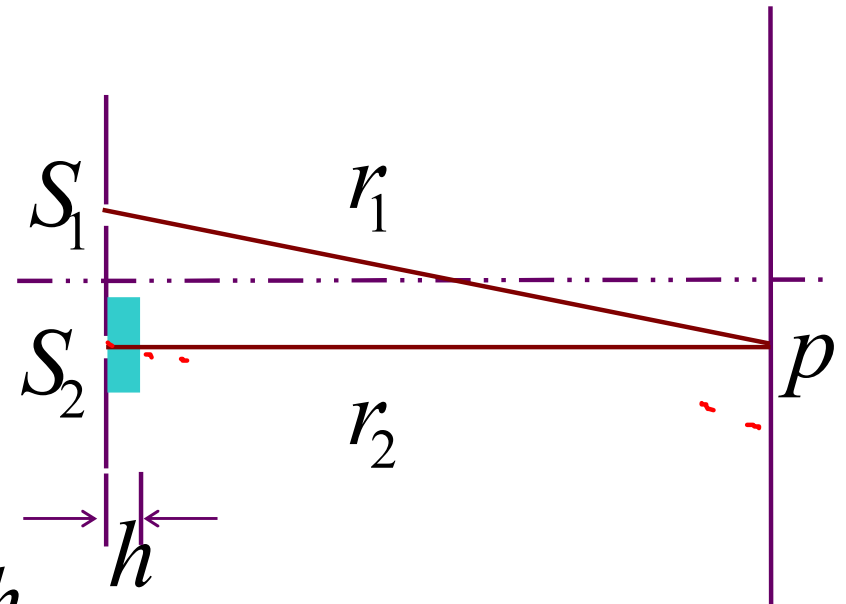
$$r_2 - r_1 = h - nh = (1 - n)h$$

光路中有介质时 $n > 1$, $r_2 < r_1$, 零级明条纹向下移动。

(2) 无介质时 $\Delta' = r_2 - r_1 = k\lambda$

$$\text{介质时 } \Delta'' = r_2 - r_1 + (n - 1)h = 0$$

$$\text{介质厚度为 } h = k\lambda / (n - 1)$$



2.6【薄膜干涉 半波损失 增透膜和高反膜】 氦氖激光器中的谐振腔反射镜，要求对波长 $\lambda = 632.8\text{nm}$ 的单色光反射率达99%以上，为此在反射镜的玻璃表面上交替镀上 ZnS ($n_1=2.35$)和低折射率的材料 MgF_2 ($n_2=1.38$)共十三层，求每层膜的实际厚度？（按最小厚度要求）

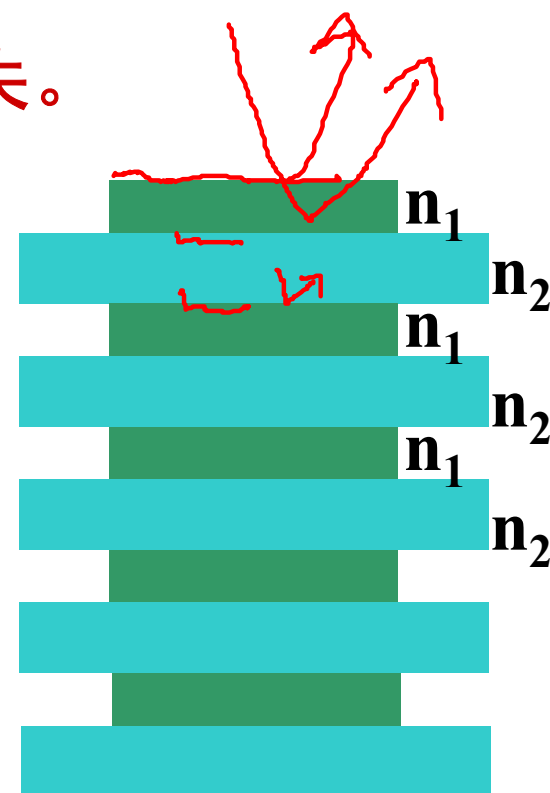
解：实际使用中，光线垂直入射；有半波损失。

$$\text{ZnS的最小厚度 } d_1 \quad \Delta = 2d_1n_1 + \lambda/2 = k\lambda$$

$$d_1 = \frac{(2k-1)\lambda}{4n_1} \Big|_{k=1} = 67.3 \text{ nm}$$

$$\text{MgF}_2\text{的最小厚度 } d_2 \quad \Delta = 2d_2n_2 + \lambda/2 = k\lambda$$

$$d_2 = \frac{(2k-1)\lambda}{4n_2} \Big|_{k=1} = 114.6 \text{ nm}$$

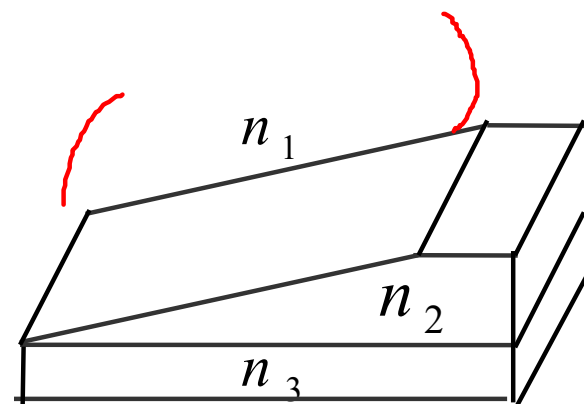


2.7 【劈尖干涉、半波损失】 在半导体元件的生产中，为了测定硅（Si）片上的SiO₂薄膜厚度，将SiO₂薄膜磨成劈尖形状，如图所示. 用波长 $\lambda = 546.1 \text{ nm}$ 绿光照射，已知SiO₂的折射率为1.46，Si的折射率为3.42. 若观察到劈尖上出现了7个条纹的间距，问SiO₂薄膜的厚度是多少？

解： 由题意可知， $n_1=1.0$ ， $n_2=1.46$ ， $n_3=3.42$ ，因为 $n_1 < n_2 < n_3$ ，所以光在劈尖上下表面反射时，均有半波损失. 明纹位置满足：

$$2n_2d = k\lambda \quad (k = \textcircled{0}, 1, 2, 3, \dots)$$

在开口端对应的厚度



$$D = 7.0 \frac{\lambda}{2n_2} = \textcircled{7.0} \times \frac{546.1}{2 \times 1.46} \text{ nm} = 1.36 \times 10^{-6} \text{ m}$$

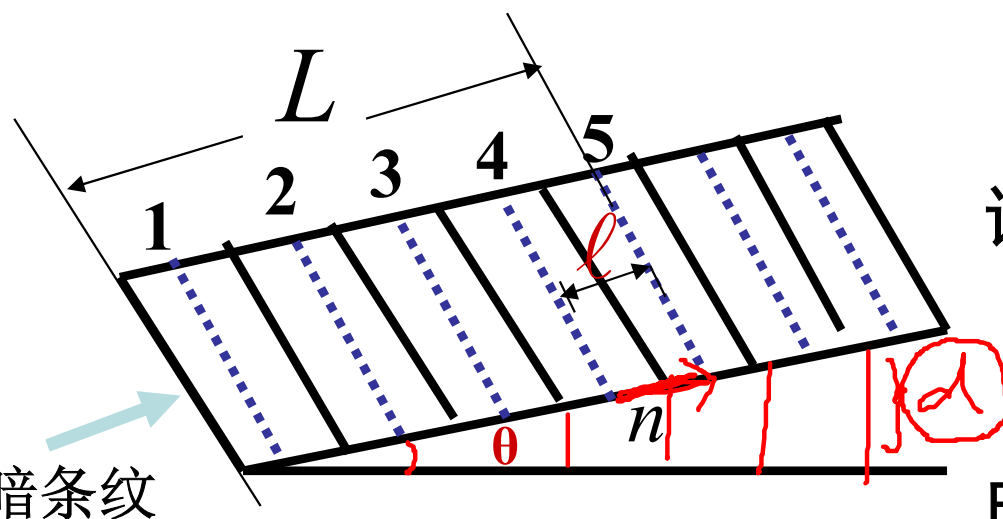
思考： 如是观察到7个明条纹，结果如何？ 6个条纹间距

< 1.5

2.8 【劈尖干涉】 用波长 $\lambda=500\text{nm}$ 的单色光垂直照射在两块玻璃板(一端刚好接触为劈棱)构成的空气劈尖上, 劈尖角 $\theta = 2 \times 10^{-4} \text{ rad}$ 。如果劈尖内充满折射率为 $n=1.40$ 的液体, 求从劈棱数起第五个明条纹在充入液体后移动的距离?

1.6?

解: 设第五个明纹处膜厚为 e , 则



$$\delta = 2ne + \lambda / 2 = 5 \lambda \quad (1)$$

该处至劈棱的距离为 L , 则

$$e \approx L \cdot \theta \quad (2)$$

由(1)(2) $\rightarrow L = \frac{9\lambda}{4n\theta}$

$$\Delta L = L_{\text{前}} - L_{\text{后}} = \frac{9\lambda}{4\theta} - \frac{9\lambda}{4n\theta}$$

2.9【劈尖干涉】 现有两块折射率不同的玻璃板，折射率为1.45的玻璃板平放在下面，折射率为1.62平板放在上方，且一端与其相接触，形成夹角为6'的尖劈。将波长为 550 nm 的单色光垂直投射在劈尖上，并在上方观察劈的干涉条纹。①试求条纹间距，玻璃板接触处是暗纹还是亮纹；②若将整个劈浸入折射率为 1.52 的杉木油中，则条纹的间距变成多少？此时，玻璃板接触处是暗纹还是亮纹？

解：(1) $\delta = 2nd_0 + \frac{\lambda}{2} = j\lambda$, $\Delta d_0 = d_{02} - d_{01} = \frac{\lambda}{2n}$, $\alpha \approx \sin \alpha \approx \tan \alpha = \frac{\Delta d_0}{\Delta x}$, $j=2, j=1$

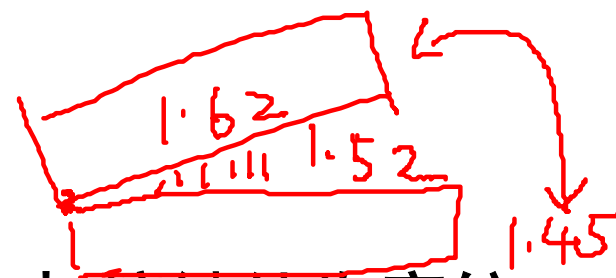
$$\therefore d_{02} - d_{01} = \Delta d_0 \approx \alpha \Delta x, \Delta x = \frac{\lambda}{2\alpha} = \frac{550 \times 10^{-6}}{2 \times \frac{6}{60} \times \frac{\pi}{180}} \approx 0.158 \text{ (mm)}$$

半波损失 接触处为暗纹。

(2) 浸入油中后，条纹间距变为

$$\Delta x' = \frac{\lambda}{2n\alpha} = \frac{\Delta x}{n} = \frac{0.158}{1.52} \approx 0.104 \text{ (mm)}$$

此时，接触处为亮纹。



思考： 如果两玻璃板互换，结果会如何？

2.10 【牛顿环】 两平凸透镜按图示方式放置，上面一块是标准件,半径为 $R_1=500\text{cm}$,另一块是待测样品。在牛顿环实验中，入射光 $\lambda = 632.8\text{nm}$ ，测得第50级暗环的半径为1cm,求待测样品的曲率半径 $R_2=?$

解：光程差 $\delta = 2e + \frac{\lambda}{2}$

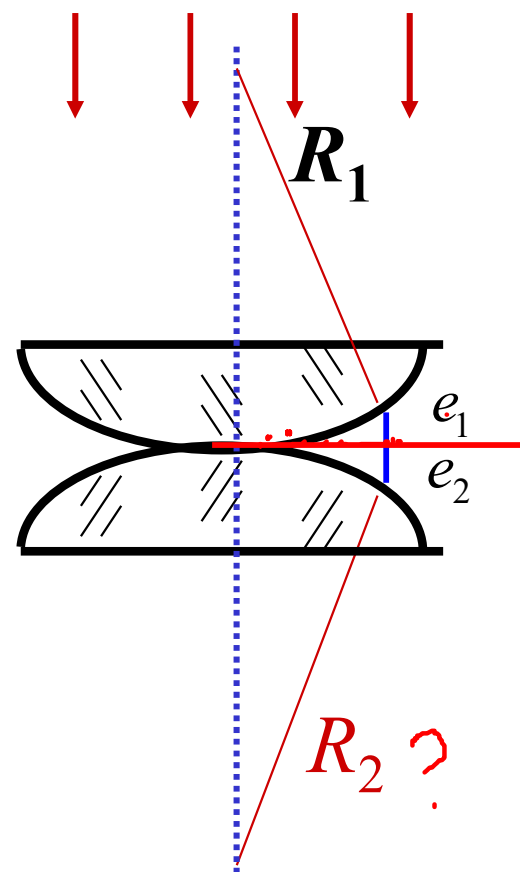
暗环条件 $\delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$

几何关系

$$e = e_1 + e_2 = \frac{r_k^2}{2R_1} + \frac{r_k^2}{2R_2}$$

$$r_k^2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} k \lambda$$

$$R_2 = 859.1 \text{ cm}$$



第3章 光的衍射及傅里叶光学基础

§ 3.1 惠更斯-菲涅耳原理

§ 3.2 菲涅尔半波带 菲涅耳衍射

§ 3.3 夫琅禾费单缝衍射

§ 3.4 夫琅禾费圆孔衍射

§ 3.5 平面衍射光栅

§ 3.6 傅里叶变换

§ 3.7 光波的傅里叶分析

§ 3.8 平面波角谱理论

§ 3.9 透镜的傅里叶变换

§ 3.10 阿贝成像原理及阿贝—波尔特实验

§ 3.11 光全息术

➤ 知识点:

惠更斯-菲涅耳原理

菲涅耳半波带

波带片

菲涅耳衍射和夫琅禾费衍射

夫琅禾费单缝衍射

夫琅禾费圆孔衍射

衍射光栅（条纹特点、谱线半角宽度、缺级）

平面波角谱理论

光全息术

➤ 典型例题: P82 例2.1; P94 例2.3

傅里叶光学基础 习题1-4题

➤ 典型习题: 作业题

➤ 补充例题

3.1 【单缝衍射】 单缝：缝宽 $a=0.5\text{ mm}$, 缝距屏 $D=200\text{ cm}$, 单色光垂直入射, 测得在屏上离中央明纹中心 3 mm 处 (p点) 为一亮纹, 求:
1) 入射光的波长? 2) p处条纹的级次及相应的衍射角? 3) 狭缝处的波面可分成几个半波带? 4) 中央明纹的宽度

解：单缝衍射 $\delta = a \sin \theta \approx \underline{ax/D}$ ($\because D \gg a$)

明纹 $\delta = (2k+1)\lambda/2$

$$1) \therefore \lambda = \frac{2ax}{(2k+1)D} \quad k=1 \quad \lambda = 500\text{nm}$$

$$2) \text{一级明纹衍射角} \quad \sin \theta = \frac{3\lambda}{2a} \quad \theta = 0.086^\circ$$

$$3) \text{半波带数} \quad 2k+1 = 3$$

$$4) \quad \ell_0 = 2\lambda D/a = 4\text{mm}$$

3.2 【衍射光栅】 波长为500 nm和520 nm两种单色光,同时垂直照射在每厘米有500条刻痕的平面透射光栅上, 焦距为2 m的透镜紧靠光栅的另一侧将透射光聚焦在屏幕上,求这两种单色光第一级谱线和第三级谱线间的距离?

解: 由光栅方程 $(a+b)\sin\theta = k\lambda \quad k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$

式中 $a+b = 1/500 \text{ (cm)} = 2 \times 10^{-5} \text{ m}$

谱线位置 $x = \underbrace{\tan\theta}_{\approx \sin\theta} f \approx \sin\theta \cdot f = \frac{k\lambda}{a+b} f$

$$k=1 \quad \Delta x_1 = x'_1 - x_1 = \frac{f}{a+b} (\lambda' - \lambda) = 2 \text{ mm}$$

$$k=3 \quad \Delta x_3 = x'_3 - x_3 = 3f(\lambda' - \lambda)/(a+b) = 6 \text{ mm}$$

3.3 【衍射光栅】 光栅： $\lambda = 600 \text{ nm}$, 垂直入射，第二级明条纹出现在 $\sin\theta = 0.20$ 处，第四级缺级，求：

- 1) 光栅上相邻两缝间的距离？
- 2) 光栅上狭缝的最小宽度？
- 3) 此光栅最多能呈现的条纹数？

$$\frac{d}{a} = 4$$

解：由光栅方程 $(a + b)\sin\theta = k\lambda \quad k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$

$$\Rightarrow (a + b)0.20 = 2 \times 600 \times 10^{-9}$$

$$1) \quad a + b = 6 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$2) \quad \text{由题意：} (a + b) / a = 4 \quad a = 1.5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$3) \quad k_{\max} = \frac{a + b}{\lambda} \sin\theta \Big|_{\theta=90^\circ} = 10 < 10$$

最多呈现 $0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 5, \pm 6, \pm 7, \pm 9$ ，共15条

~~± 4~~

~~± 8~~

3.4 【光栅光谱】用白光垂直照射光栅常数为 $2.0 \times 10^{-4} \text{cm}$ 的光栅，求：第一级光谱的张角及谱线间的最大距离？（设透镜焦距为 $f=1\text{m}$ ）

解：由光栅方程 $(a+b)\sin\theta = k\lambda$

$\propto \lambda$
P
Q

第一级光谱的最小衍射角由紫光决定。

$$\sin\theta_{\text{紫}} = \frac{\lambda_{\text{紫}}}{a+b} = \frac{400 \times 10^{-7}}{2.0 \times 10^{-4}} = 0.20 \quad \theta_{\text{紫}} \approx 11^\circ 32'$$

第一级光谱的最大衍射角由红光决定。

$$\sin\theta_{\text{红}} = \frac{\lambda_{\text{红}}}{a+b} = \frac{760 \times 10^{-7}}{2.0 \times 10^{-4}} = 0.38 \quad \theta_{\text{红}} \approx 22^\circ 20'$$

∴第一级光谱的张角 $\Delta\theta = \theta_{\text{红}} - \theta_{\text{紫}} = 10^\circ 48'$

一级谱线间的最大距离 $\Delta x = \text{tg}\theta_{\text{红}}f - \text{tg}\theta_{\text{紫}}f = 0.21 \text{ m}$

3.5 【衍射光栅】 平面透射光栅，每毫米有500缝。观察589 nm的钠光衍射谱。分别讨论当平行光 1)垂直入射时, 2) 斜入射 ($\theta=30^\circ$) 时,最多能看到第几级谱线, 共看到多少条谱线?

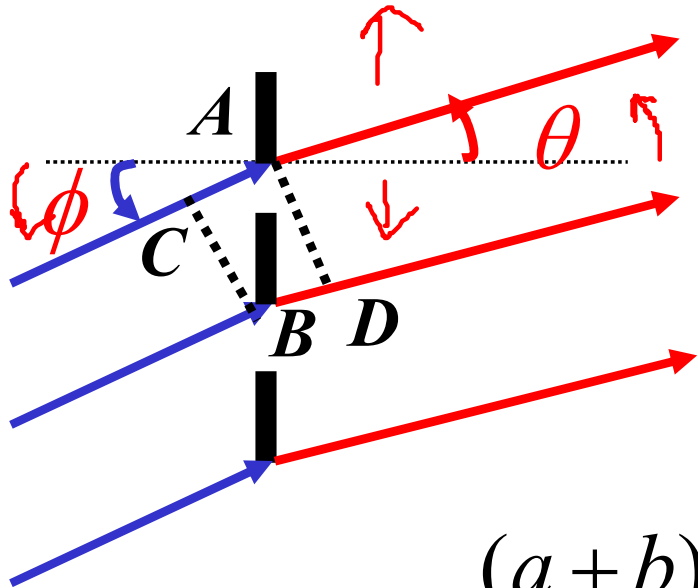
解 1): 由光栅方程 $(a + b)\sin \theta = k\lambda$

$$\Rightarrow k_{\max} = \frac{(a + b)\sin 90^\circ}{\lambda} \quad a + b = \frac{1}{500} \times 10^{-3} \text{ m}$$
$$= \frac{10^{-3}}{500 \times 589 \times 10^{-9}} = 3.4 \quad k_{\max} = 3$$

- 正入射时最多能看到7条谱线,
级次为 $0, \pm 1, \pm 2, \pm 3$.

2) 平行光斜入射($\phi=30^\circ$)时,

$$\delta = BD - AC = (a + b)(\sin \theta - \sin \phi)$$



斜入射时光栅方程

$$(a + b)(\sin \theta - \sin \phi) = k\lambda$$

$$k_{\max} \rightarrow \sin \theta = \pm 1 \quad \theta = \pm 90^\circ$$

$$k_{\max} = \frac{(a + b)(\sin 90^\circ - \sin 30^\circ)}{\lambda} = 1.85 \quad k_{\max} = 1$$

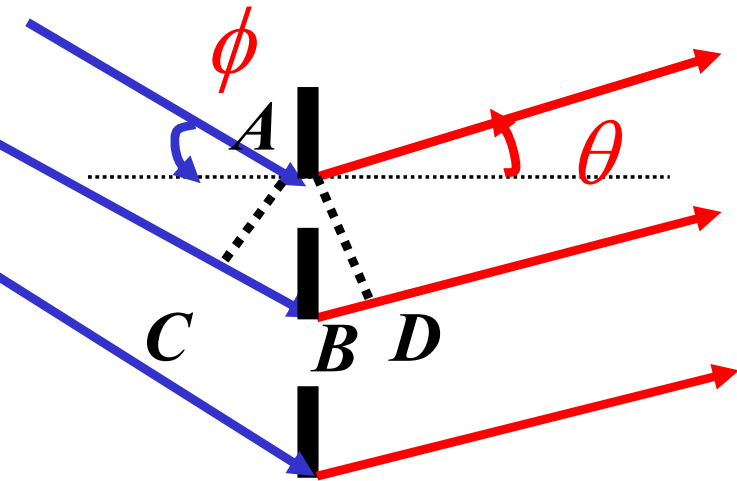
$$k_{\max} = \frac{(a + b)[\sin(-90^\circ) - \sin 30^\circ]}{\lambda} = -5.1 \quad k_{\max} = -5$$

最多可见-5,-4,-3,-2,-1,0,1级条纹, 共7条。

斜射时可提高级次, 但总条纹数不变。

3) 平行光斜入射($\phi=30^\circ$)时,

$$\delta = BD + AC = (a + b)(\sin \theta + \sin \phi)$$



斜入射时光栅方程

$$(a + b)(\sin \theta + \sin \phi) = k\lambda$$

$$k_{\max} \rightarrow \sin \theta = \pm 1 \quad \theta = \pm 90^\circ$$

$$k_{\max} = \frac{(a + b)(\sin 90^\circ + \sin 30^\circ)}{\lambda} = 5.1 \quad k_{\max} = 5$$

$$k_{\max} = \frac{(a + b)[\sin(-90^\circ) + \sin 30^\circ]}{\lambda} = -1.7 \quad k_{\max} = -1$$

最多可见5,4,3,2,1,0,-1 级条纹, 共7条。

斜射时可提高级次, 但总条纹数不变。

Governed by
对称性

第4章 光的偏振

§ 4.1 自然光与偏振光

§ 4.2 线偏振光与部分偏振光

§ 4.3 光通过单轴晶体时的双折射现象

§ 4.4 光在晶体中的波面

§ 4.5 光在晶体中的传播方向

§ 4.6 偏振器件

§ 4.7 椭圆偏振光和圆偏振光

§ 4.8 偏振态的实验检验

§ 4.9 偏振光的干涉

➤ 知识点:

马吕斯定律、布儒斯特定律

自然光反射和折射后的偏振状态、偏振度

双折射中 o 光和 e 光的相对光强

光在单轴晶体中的传播（ o 光和 e 光的传播方向）

偏振器件的工作原理

光经过波片后的偏振态

偏振光的检验

偏振光的干涉

➤ 典型例题: P199 例5.1; P202 例5.2; P209 例5.4;
P221 例5.7; P223 例5.8

➤ 典型习题: 作业题

➤ 补充例题

4.1 【布儒斯特定律】 已知某材料在空气中的布儒斯特角 $i_p = 58^\circ$ ，求材料折射率？若将它放在水中（水的折射率为 1.33），求布儒斯特角？该材料对水的相对折射率是多少？

解： 设该材料的折射率为 n ，空气的折射率为 1

$$\tan i_p = \frac{n}{1} = \tan 58^\circ = 1.599 \approx 1.6$$

$$\text{若放在水中，则 } \tan i'_p = \frac{n}{n_{\text{水}}} = \frac{1.6}{1.33} = 1.2$$

$$i'_p = 50.3^\circ$$

该材料对水的相对折射率为 1.2

4.2【偏振光的基本知识综合】 光有几种可能的偏振态？列举三种以上获得线偏振光的器件？

答：光有五种可能的偏振态：自然光、线偏振光、部分偏振光、椭圆偏振光和圆偏振光。

获得线偏振光的设备有：偏振片（二向色性）、尼科耳棱镜、傅科棱镜、沃拉斯顿棱镜以及玻片堆（布儒斯特角）等。

4.3【偏振光的检验】 给你一个偏振片、一个四分之一波片以及与之对应的单色光，如何判断这单色光的偏振状态（有可能是自然光，部分偏振光，线偏振光，圆偏振光，椭圆偏振光）？

答：（1）用偏振片观察，出现两次消光的是线偏振光；

（2）光强随偏振片转动没有变化，这束光是自然光或圆偏振光。将这束光先通过四分之一波片，然后经过偏振片。转动偏振片，出现两次消光，则这束光为圆偏振；如出射光强不变化，为自然光。

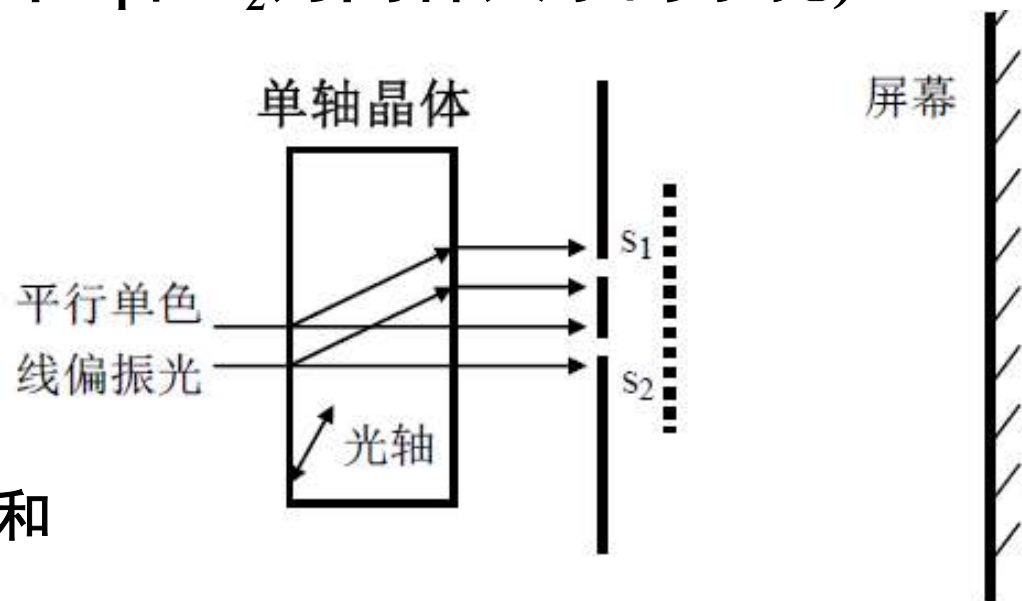
（3）光强随偏振片转动有变化但没有消光，那么这束光是部分偏振光或椭圆偏振光。将偏振片停在透射光强度最大的位置，在偏振片之前插入四分之一波片，使它的光轴与偏振片的透射方向平行，这样椭圆偏振光就变成了线偏振光。转动偏振片，出现两次消光，则这束光为椭圆偏振；如出射光强不变化，为部分偏振光。

4.4【双缝干涉 偏振光的干涉】 ①请问下面光路装置中，屏幕上可能有干涉条纹吗？如不可能有干涉条纹，请解释之；②如果在小孔 S_1 和 S_2 后面放置一透光轴与黑板面成 45° 的偏振片(图中虚线位置)，屏幕上可能有干涉条纹吗？如不可能有干涉条纹，请解释之；③上述二种情况如有干涉条纹，请简单分析条纹可见度与入射单色线偏振光偏振方向的关系.(其中 S_1 和 S_2 为同样大小的小孔)

答：①不可能有干涉条纹因为射向小孔 S_1 和 S_2 的光的偏振方向垂直。

②可能有干涉条纹

③第二种情况可能有干涉条纹，当入射单色线偏振光的偏振方向与黑板平面成 45° 角时， S_1 和 S_2 发出的光经偏振片射到屏幕时振幅相等，条纹可见度最好；



当入射单色线偏振光的偏振方向与黑板面夹角从 $45^\circ \rightarrow 0^\circ$ 时， S_1 和 S_2 发出的光经偏振片射到屏幕时振幅比 A_1/A_2 从 $1 \rightarrow \infty$ ，条纹可见度下降直到0

当入射单色线偏振光的偏振方向与黑板面夹角从 $45^\circ \rightarrow 90^\circ$ 时， S_1 和 S_2 发出的光经偏振片射到屏幕时振幅比 A_2/A_1 从 $1 \rightarrow \infty$ ，条纹可见度下降直到0

4.5 【偏振器件的工作原理】 如图所示，一束自然光垂直入射到方解石棱镜的表面，晶体光轴垂直于纸面， $n_o=1.668$ ， $n_e=1.490$ 。试计算角在怎样的范围内，才能在斜面上有一束偏振光全反射，另一束偏振光透射。透射的是什么光？其偏振方向如何？

解： 图中情况e光取 $n_e=1.490$ ，o光取 $n_o=1.668$

e光全反射角 $=\arcsin(1/n_e)=42.15^\circ$

o光全反射角 $=\arcsin(1/n_o)=36.84^\circ$

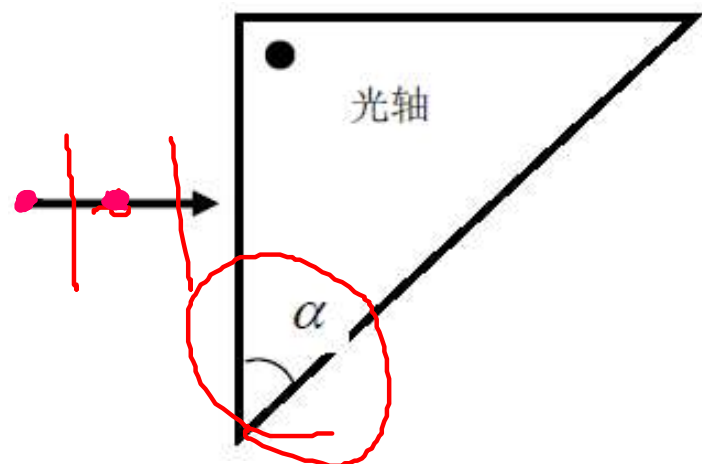
所以当 $36.84^\circ < \alpha < 42.15^\circ$ 时，

o光将在斜面上全反射

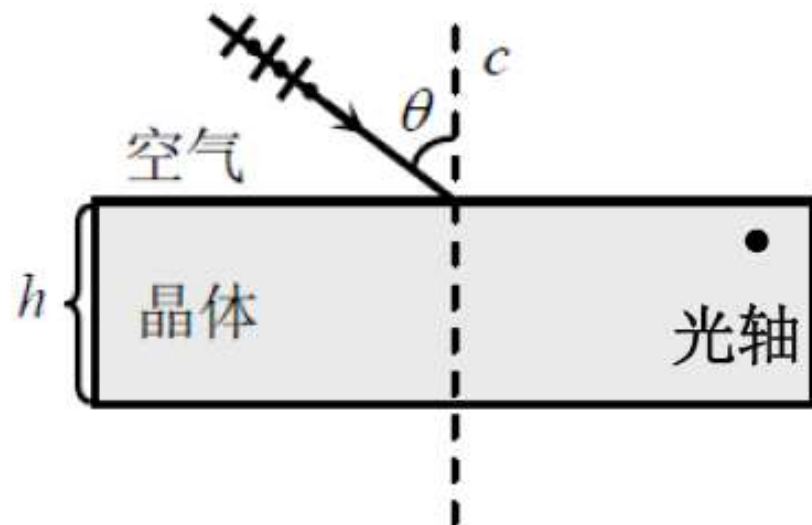
e光不满足全反射条件而透射；

o光偏振方向与黑板平面平行，

透射的e光偏振方向与黑板平面垂直(也可以用作图来表示)。



4.6【偏振器件的工作原理】如图所示，单色自然光以 $\theta=60^\circ$ 角由空气入射到某单轴晶体表面，晶体的光轴与其表面平行且垂直于入射面，晶体对该单色光的主折射率分别为 $n_o=1.512$ ， $n_e=1.470$ 。
 (1) 试画出透射光及其偏振方向。(2) 设晶体厚度 $h=1\text{cm}$ ，试求晶体出射面上两光束的间距。



解：①自然光进入晶体后分为o光和e光， $\theta_e > \theta_o$ ，o光的偏振方向与纸面平行，e光的偏振方向与纸面垂直，出晶体后二束光以 $\theta=60^\circ$ 角进入空气。

②设晶体中o光的折射角为 θ_o ，e光的折射角为 θ_e 。

$$\sin \theta_o / \sin 60^\circ = 1 / n_o, \sin \theta_e / \sin 60^\circ = 1 / n_e$$

得 $\theta_o = 34.94^\circ$, $\theta_e = 36.1^\circ$ $\therefore \Delta x = h(\tan \theta_e - \tan \theta_o) = 0.3 \text{ mm}$

4.7 【偏振光的干涉】 在一对透振方向平行的两个偏振片中间插入厚度为0.1mm的石英波片，波片的光轴与偏振片透振方向的夹角为 45° ，设可见光在石英晶体中o光和e光的主折射率差均为-0.01，求出射光束在可见光范围内，哪些波长的光强度为0。

解： 对于起偏器与检偏器平行的情况，假定经过第一个起偏器后的光振幅为 A_1 ，由于波片的光轴与偏振片透振方向的夹角为 45° ，波片出射光强度可表示为：

$$I_{//} = \frac{A_1^2}{2} [1 + \cos \Delta\varphi]$$

可见，当 $\cos \Delta\varphi = -1$ 时，透振光的强度为 0

$$\text{此时, } \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) d = (2k + 1)\pi$$

$$\text{代入数值计算可知 } \lambda = \frac{2 \times (-0.01) \times 0.1 \times 10^6}{2K + 1} = \frac{-2000}{2K + 1} \text{ (nm)}$$

($K=0, -1, -2, \dots$)

在可见光范围内，当取 $K=-2$ 和 -3 时，波长有解。即当波长分别为666.7nm以及400nm时输出光强为0。

9. 单轴晶体中e光的折射率与 n_o 和 n_e 有关，除此以外还与[] 有关：

- A. e光波电矢量与界面法线的夹角
- B. e光波电矢量与光轴的夹角
- C. e光线与界面法线之夹角
- D. e光线与光轴的夹角

第5章 光学仪器的基本原理

§ 5.1 助视仪器的放大本领

§ 5.4 显微镜的放大本领

§ 5.5 望远镜的放大本领

§ 5.10 助视仪器的像分辨本领 ✓

§ 5.11 分光仪器的色分辨本领 ✓

放大镜的放大本领：

$$M = \frac{U'}{U} = \frac{25}{f'} \quad (f' \text{ 以 cm 为单位})$$

$$\therefore M = \frac{25 \text{ cm}}{f'} = -\frac{25 \text{ cm} \Delta}{f_1' f_2'} \approx \left(-\frac{l}{f_1'} \right) \cdot \left(\frac{25 \text{ cm}}{f_2'} \right)$$

负号表示像是倒立的 物镜的横向放大率 目镜的放大本领

开普勒望远镜的放大本领： $M = \frac{U''}{U} = \frac{f_1'}{f_2'} = -\frac{f_1'}{f_2'}$

伽利略望远镜的放大本领： $M = \frac{U''}{U} = \frac{f_1'}{f_2} = -\frac{f_1'}{f_2}$

➤ 知识点：

助视仪器的放大本领

放大镜的放大本领

显微镜的放大本领

望远镜的放大本领

助视仪器（人眼、望远镜、显微镜）的分辨本领

光栅光谱仪的色分辨本领

$$U = \theta_1 = 0.61 \frac{\lambda}{R} = 1.22 \frac{\lambda}{d} \quad \text{--- } d \text{ 为物镜的直径.}$$

$$p = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = \delta \frac{dn}{d\lambda}$$

两个像点极限间距： $\Delta y = f_1' \theta_1 = 1.22 \frac{\lambda}{d / f_1'}$

➤ 典型例题：P187 例4.3; P191 例4.5

$$U_0 = \theta_1 = 0.61 \frac{\lambda}{R}$$

➤ 典型习题：作业题

$$\Delta y = \frac{0.61 \lambda}{n \cdot \sin u}$$

$$\Delta \theta = D \Delta \lambda = \left(\frac{2 \sin \frac{A}{2}}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \frac{A}{2}}} \right) \cdot \left(\frac{dn}{d\lambda} \right) \Delta \lambda$$

光栅光谱仪

$$\frac{\Delta \theta}{\Delta \lambda} = \frac{j}{d \cdot \cos \theta}$$

$$P = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = jN$$

➤ 补充例题

5.1【望远镜的放大本领】一反射式天文望远镜物镜的通光孔径为2.5米，试求能被分辨的双星的最小夹角，光在空气中的波长为550 nm，求与人眼（瞳孔直径为2毫米）相比，在分辨本领方面提高的倍数。

解：设望远镜的分辨极限角为 θ ，则 $\theta = 1.22\lambda / D$

将 $\lambda = 550 \text{ nm} = 5.5 \times 10^{-4} \text{ mm}$, $D = 2500 \text{ mm}$ 代入上式得

$$\theta = 1.22 \times \frac{5.5 \times 10^{-4}}{2.5 \times 10^3} = 2.684 \times 10^{-7} \text{ rad}$$

眼睛的最小分辨角由公式可知为：

$$\theta' = 1.22 \frac{\lambda}{D'} = 1.22 \times \frac{5.5 \times 10^{-4}}{2} = 3.355 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

所以用望远镜可提高分辨本领的倍数为

$$\theta' : \theta = D : D' = 2500 : 2 = 1250 : 1$$

5.2 【光栅分辨本领】 波长为600 nm的单色平行光垂直入射到光栅上，第2级谱线出现在衍射角的正弦值为0.2处，第四级缺级。

(1) 求光栅常数 d ； (2) 求每一条缝的宽度 b ； (3) 求可能在屏上出现的谱线的条数； (4) 若光栅的有效宽度为6毫米，求第二级谱线的分辨本领？

解：由题意知 $\lambda = 600\text{nm} = 6 \times 10^{-7} \text{ m}$, $d = 4b$, 当 $j=2$ 时, $\sin \theta = 0.2$

(1) 由光栅方程 $d \sin \theta = j\lambda$ 得 $d = j\lambda / \sin \theta = 2 \times 600\text{nm} / 0.2 = 6 \mu\text{m}$

(2) 由 $d = 4b$, 得 $b = d / 4 = 1.5 \mu\text{m}$

(3) 这里 d , λ 为常数，由光栅方程知：能到达光屏的光的衍射角 θ 在 $-0.5\pi < \theta < 0.5\pi$ 之间，因此，屏上谱线可能的最高级次为：

$$j_{\max} = d \sin(0.5\pi) / \lambda = 6000 \times 1 / 600 = 10$$

因为衍射角为 $\theta = 0.5\pi$ 的光，即第10级谱线实际上不能到达屏上，

所以屏上谱线实际的最高级次为 $j_{\max} = 9$

考虑到 $d = 4b$, 即 $j = \pm 4, \pm 8$ 的谱线一定缺级 屏上实际能出现的谱线级次为：

$$j = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 5, \pm 6, \pm 7, \pm 9, \text{ 共计8级15条。}$$

$$(4) P = jN = 2 \times 6000 / 6 = 2000$$

5.3 【光栅光谱仪的色分辨本领】 光栅A的 $d_A=2$ 微米，光栅宽度 $W_A=N_A d_A=4$ 厘米，另一光栅B的 $d_B=4$ 微米，光栅宽度 $W_B=10$ 厘米，现有波长为 500nm 和 500.01nm 的平面波垂直照射这两块光栅，选定在第二级工作。试问：这两块光栅分别将这两条谱线分开多大的角度？能否分辨这两条谱线？

解： 由光栅公式求第二级对应的衍射角 $d \cdot \sin \theta_k = k\lambda$

用角色散的定义式求D $D = \frac{\Delta \theta_k}{\Delta \lambda} = \frac{k}{d \cdot \cos \theta_k}$

再求将 500.01nm 和 500nm 双线分开的角度。

$$d \cdot \sin \theta_k = k\lambda$$

$$\text{光栅A } \theta_2 = 30^\circ \quad D_A = 1.155 \times 10^6 \text{ rad/m} \quad \Delta \theta_A = 2.38''$$

$$\text{光栅B } \theta_2 = 14.5^\circ \quad D_B = 0.516 \times 10^6 \text{ rad/m} \quad \Delta \theta_B = 1.06''$$

光栅的分辨本领 $P = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = jN$ $\Delta \lambda = \frac{\lambda d}{jW}$ A八

$\Delta \lambda_A = 0.0125 \text{ nm}$ $\Delta \lambda_B = 0.01 \text{ nm}$ **光栅B能够分辨这2条谱线！**

5.4【显微镜的放大本领】一显微镜的物镜和目镜相距为20cm。物镜焦距为7mm，目镜焦距为5mm，把物镜和目镜都看成薄透镜。观察者看到的像在无穷远处，试求：（1）物体到物镜的距离；（2）物镜的横向放大率；（3）显微镜的放大本领。（保留小数点后两位有效数字）

解：（1）最后观察到的像在无穷远处经由物镜成像必定在目镜的焦平面上。

即： $s_2 = -f_2' = f_2 = -5 \text{ mm}$ ，故 $s_1' = 200 - 5 = 195 \text{ mm}$

$$\frac{1}{s_1'} - \frac{1}{s_1} = \frac{1}{f_1'} \quad \therefore \frac{1}{s_1} = \frac{1}{s_1'} - \frac{1}{f_1'} = \frac{1}{195} - \frac{1}{7} \quad s_1 = -7.26 \text{ (mm)}$$

$$(2) \quad \beta = \frac{s_1'}{s_1} = \frac{195}{-7.26} = -26.86$$

（3）显微镜放大本领为物镜的横向放大率与目镜放大本领的乘积 $M = \beta M' = \beta \frac{250}{f_2'} = -26.86 \times \frac{250}{5} = -1343$

$$\text{OR } M \approx \frac{-250 \times 200}{f_1' f_2'} = -1429$$

2020 年电子科学与工程学院本科生免试研究生推荐细则

2. 科研论文得分（加分不超过 15 分）：

< 15

论文类型	每篇得分
国际学术会议口头报告	10
国际学术会议海报	6
期刊论文	10
SCI1 区论文	15

- 1) 有多项论文加分时只取一项，不累计加分。论文发表有效性参见《东南大学电子学院本科生论文及专利认定奖励实施办法》。
- 2) 论文有多位作者，则根据排名先后按以下比例进行分配（第一作者为学生，教师作者不计入作者排序；第一作者为教师或研究生的，此论文不计；作者超过三位的，第 4 位以后（含第 4 位）的不计分。）：

作者人数	一位	两位	三位
比例分配	100%	70%、30%	60%、25%、15%

- 3) 论文的认定时间与本细则的“一、2 项”一致。

3. 专利得分（最高 10 分）：

发明专利授权 10 分，发明专利受理 3 分。有多项专利加分时只取一项，不累计加分。专利申请有效性参见《东南大学电子学院本科生论文及专利认定奖励实施办法》。

- 1) 专利有多位作者，则根据排名先后按以下比例进行分配（第一作者为学生，教师作者不计入作者排序；第一作者为教师或研究生的，此专利不计；作者超过三位的，第 4 位以后（含第 4 位）的不计分。）：

作者人数	一位	两位	三位
比例分配	100%	70%、30%	60%、25%、15%

- 2) 专利的认定时间与本细则的“一、2 项”一致。

Your Submission RT-200R1



em.optics.2387.7ff748.a5a5d2a3@editorialmanager.com on behalf of Robert R. Thomson <em@editorialmanager.com>
To Lin Tong


↩ Reply

↩ Reply All

➡ Forward

⋮

2022/12/12 (周一) 19:26

 Follow up. Start by 2022年12月12日 星期一. Due by 2022年12月12日 星期一.
We removed extra line breaks from this message.

- External Email -

Dear Associate Professor Lin,

Title: ---- Ultra-broadband and highly efficient silicon nitride bi-layer grating couplers
Authors: Tong Lin; Hangyu Yang; Liu Li; Binfeng Yun; Guohua Hu; Shaobo Li; Wenqi Yu; Xiang Ma; Xiaodong Liang; Yiping Cui Manuscript Number: RT-200R1

I am pleased to accept this paper for publication in Optics Communications.

If you come across minor corrections that have to be made, you should contact the publisher directly. Your manuscript has now been sent to the log-in department of Elsevier and they will be sending you the proofs for your manuscript within a few weeks to a month. Once these proofs come to you, please carefully check them and make any corrections necessary at that time. The publisher may decide to re-direct any major changes to the proofs to the editor for approval.

Comments from the Editor and Reviewers can be found below.

We encourage authors of original research papers to share the research objects – including raw data, methods, protocols, software, hardware and other outputs – associated with their paper. More information on how our open access Research Elements journals can help you do this is available at https://www.elsevier.com/authors/tools-and-resources/research-elements-journals?dgcid=ec_em_research_elements_email.

Sincerely,

Robert R. Thomson
Editor of Optics Communications

Comments from the Editors and Reviewers:

Reviewer #1: The authors have responded well to the previous review and I'm glad to see it published as it is.

Reviewer #2: The authors have answered the question of reviewer.

答疑时间

时间: ~~27日 or 28日 晚上6:00—8:30 (待定)~~

地点: ~~博雅B=507~~

本科评教入口: (请在通知前完成)

网上办事大厅---本科评教—待我评教—期末评教

作业: 可以补交作业, 截止日期12月31日 (过时不候)

补交形式: 发送到我邮箱: lintong@seu.edu.cn

标题为: 现代光学基础+补交+作业X

考试时间: To be determined

~~12月29日上午9:00-11:00 (,)~~

考试地点: ~~博雅A=409~~

希望同学们认真复习备考，考出好成绩！

感谢你对本课程的支持！

预祝同学们学业顺利！