

7.5

中国科学技术大学

2019—2020 学年第一学期期末考试试卷 2020.1.10

考试科目: 光学

得分: _____

学生所在系: _____ 姓名: _____ 学号: _____

一、单项选择题 (每题 4 分, 共 40 分)

1、激光输出的光平行度很高, 假定它传播过程中光束的扩展仅仅是由于衍射。一个氦氖激光器的输出光波长为 632.8nm, 输出时光束直径为 2 毫米, 则光束传播 1 公里后直径大约变为 (单位毫米) **D**

A. 7720 B. 3860 C. 386 D. 772

2、在光电效应实验中, 逸出功为 2.48eV 的金属对应的红限波长为 **C**

A. 300nm B. 400nm C. 500nm D. 600nm

3、如双缝缝宽都为 a , 缝间距 $d = 3a$, 则中央衍射包络中的条纹数 (主极大个数) 为 **B**

A. 3 条 B. 5 条 C. 1 条 D. 4 条

4、当单缝宽 a 变大时, 同时将透镜上移, 则其夫琅和费单缝衍射的中央明纹将 **C**

A. 变宽, 上移 B. 变宽, 下移 C. 变窄, 上移 D. 变窄, 下移

5、平面偏振光垂直入射 $1/4$ 波片, 则出射光 **C**

A. 一定只是圆偏振光; B. 一定只是椭圆偏振光;

C. 只能是直线偏振光或圆偏振光或椭圆偏振光; D. 一定只是部分偏振光.

6、波长 5000 埃的单色光垂直照射到 2000 线/厘米的平面光栅上, 则第二级衍射极大所对应的衍射角为 **D**

A. 1.4° B. 2.8° C. 5.7° D. 11.5°

7、波长为 7000Å 的单色光垂直入射在一光栅上, 若该光栅的光栅常数 d 为 $7.0 \times 10^{-6} \text{m}$, 则其衍射光谱中可能出现的最大级数为 **B**

A. ± 8 ; B. ± 10 ; C. ± 12 ; D. ± 14 .

8、在迎面驶来的汽车上, 两盏前灯相距 1.2 米。设夜间人眼的瞳孔直径为 5.0 毫米, 入射光波长取 550 纳米, 则恰好能分辨这两盏灯时人离汽车的距离约为 (单位千米) **B**

A. 7 B. 9 C. 11 D. 13

9、核爆炸中光球瞬时温度为 10^7K , 此时辐射最强的波长为 (取 Wein 常数 $b=0.3 \text{cmK}$) **B**

- A. 300nm B. 30nm C. 3nm D. 0.3nm

10、平行光正入射到某一衍射光栅上，发现某一波长的第三级谱线与波长 $4900\text{\AA}$ 的第四级谱线重合，则该波长可能是

- A. $6533\text{\AA}$ B. $3675\text{\AA}$ C. $3267\text{\AA}$ D. $1838\text{\AA}$

二、填空题（每空 2 分，共 10 分）

1、阳光在通过大气层的过程中会产生散射，在晴朗明澈的大气中，瑞利 散射占主导，其中，蓝光（波长 450nm ）与红光（波长 600nm ）的散射光强度之比为 3.16。

2、 N 缝的夫琅禾费衍射中，缝间干涉因子导致两个主极大之间存在 $n-1$ 个零点 $n-2$ 个次极大。

3、双折射晶体中非常光（e 光）的波阵面形状为 椭球。

三、（1）简述圆孔和圆屏菲涅尔衍射的实验现象，及其主要区别。（2）列举三个说明光具有量子性的实验。（10 分）

光电效应 康普顿散射

四、一束平行光垂直地入射在光栅上，入射光含有紫色光 (400nm) 和红色光 (760nm)。用焦距为 1.5m 的透镜在观察屏上得到其光谱。该光栅宽为 5cm，每厘米刻 1000 条栅纹。试求：(1) 红光第一级谱线与紫光第二级谱线的距离为多少毫米？(2) 红光和紫光的第二级谱线的线色散率 (nm/mm)？(3) 该光栅在第二级谱线的最小分辨波长是多少 nm？(4) 哪些波长的谱线可能和红光的第二级谱线重合？(20 分)

$$\begin{aligned} (1) \quad x_1 &= f \sin \theta_1 = \frac{f j \lambda}{d} = \frac{1.5 \times 1 \times 760 \times 10^{-9}}{\frac{1 \times 10^{-2}}{1000}} = 0.14 \text{ (m)} \\ x_2 &= f \sin \theta_2 = \frac{f j \lambda}{d} = \frac{1.5 \times 2 \times 400 \times 10^{-9}}{\frac{1 \times 10^{-2}}{1000}} = 0.12 \text{ (m)} \\ \Delta x &= 0.006 \text{ m} \end{aligned}$$

$$(2) \quad \sin \theta = \frac{2\lambda}{d} \quad \theta = \arcsin \quad \text{or} \quad \theta = \frac{2f}{d \sqrt{1 - \left(\frac{2\lambda}{d}\right)^2}} = 3.04 \times 10^{-11} \text{ nm/mm}$$

$$\theta = 3.01 \times 10^{-11} \text{ nm/mm}$$

$$(3) \quad \delta \lambda = \frac{\lambda}{kN} = \frac{\lambda}{2 \times 5000} = 4 \times 10^{-11} \text{ m} \quad 7.6 \times 10^{-11} \text{ m}$$

$$(4) \quad \frac{j \lambda}{d} = \frac{2 \times 760 \text{ nm}}{d}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{2 \times 760 \text{ nm}}{j}$$

$$= \frac{1520}{j} \text{ nm}$$

$$j = 2 \quad 760$$

$$j = 3 \quad 506.7 \text{ nm}$$

$$j = 4 \quad 380 \text{ nm}$$

五、单色平面波正入射到一理想平面光栅上，已知在某 θ 角衍射方向上光栅两边缘的光波到达观察屏时的时间差 $\Delta t = 0.12 \times 10^{-9}$ 秒。求在该方向的主极大处光栅能分辨的频率间隔极限 $\Delta \nu$ 为多少？(10 分)

$$\Delta \nu = \frac{1}{\Delta t}$$

六、已知入射光为 590nm，如果石英延迟板是四分之一波片，即 o 光和 e 光之间的相对相移为 $\Delta\phi = \frac{\pi}{2}$ ，(1) 试计算石英延迟板必须的最小厚度 (o 光折射率 1.54，e 光折射率 1.55)；(2) 若要区分输入光为椭圆偏振光或部分偏振光，应该如何进行实验？还需什么器件？(10 分)

$$\frac{1}{4} \times 590 \times 10^{-9} = (1.55 - 1.54) d \Rightarrow d = 1.475 \times 10^{-5} \text{ (m)}$$

65.

中国科学技术大学

2016-2017 学年第一学期考试试卷答案

考试科目: 《光学》 学生所在院系: _____

姓名: _____ 学号: _____ 得分: _____

一、选择或填空题。(共 30 分, 每题 3 分)

1、一 Fresnel 波带片对 532 nm 的固体激光的主焦距为 50.0 cm , 改用 780 nm 的半导体激光照射, 主焦距变为 34.1 cm 。2、参量上转换过程经常被用来产生新的波长的光子, 在此过程中两个不同波长的光子会合成一个新的光子, 且此过程中能量守恒。问: 一个波长 $1.5 \mu\text{m}$ 的光子和另一个波长 800.0 nm 的光子上转换后得到的光子的波长是 521.7 nm 。3、物镜像方焦点与目镜物方焦点重合的是 a。

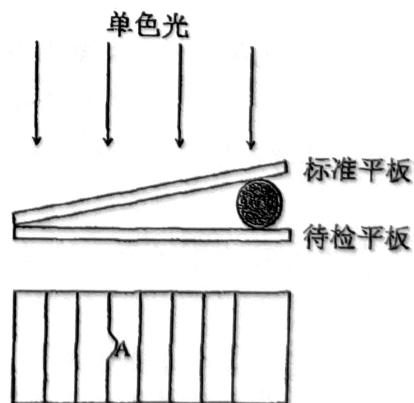
(a) 望远镜 (b) 显微镜 (c) 照相机 (d) 都不是。

4、一台钛宝石连续激光器输出光波长为 780 nm , 线宽 (即输出光的频率起伏) 为 200 KHz , 则输出光的相干长度为 1.5 km 。5、平面光栅宽 30 mm , 波长 600 nm 的平行光正入射, 二级主极大出现在衍射角 30° 处, 则光栅的总刻线数为 a。

(a) 12500 (b) 25000 (c) 62500 (d) 94800

6、工业上经常用等厚干涉检测表面平整度。方法如图, 标准平板和待检平板间形成一个尖劈形空气层, 用单色光照射时便出现等厚干涉条纹。若得到的条纹如下图所示, 那么可以判断 A 点的缺陷应当是个小的 凸起。

(填“凸起”或者“凹陷”)

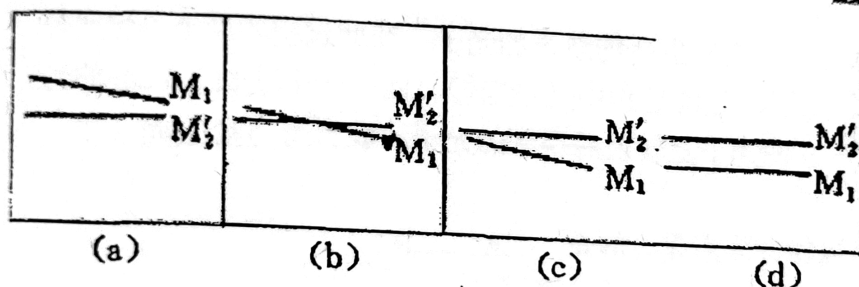
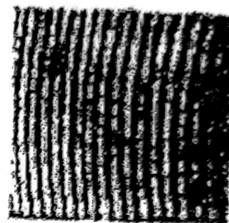
7、一束钠黄光掠入射到某双折射晶体平板上, 其光轴与入射面垂直, 平板厚度为 4.2 mm , 则 o 光与 e 光射到平板对面上两点的间隔为 0.0127 毫米 。已知晶体对钠黄光的折射率为 $n_o = 1.3090$, $n_e = 1.3104$ 。

8、一块光栅的光栅常数为 1.2 微米，透光缝宽为 0.9 微米，此光栅缺失的级数有 d。

(a) 第 0 级 (b) 第 2 级 (c) 第 3 级 (d) 第 4 级

9、平行单色光照射放在玻璃平板上的平凸透镜会形成牛顿环，对透射光形成的牛顿环，其第 2 级亮环的直径是 3 厘米，则第 8 级亮环的直径是 6 厘米。

10、在调节迈克尔逊干涉仪时得到如右图的干涉条纹，则可以判断迈克尔逊干涉仪的状态为下图的 c。



二、解释现象和论述题（共 20 分，每题 5 分）

1、利用所学知识解释：肥皂泡在阳光下五颜六色。

薄膜干涉的等厚干涉

2、利用所学知识解释：近视眼镜是凹透镜。

近视眼的整个光学系统的光焦度变大，需要用凹透镜补偿到正常值。

3、论述：能够产生干涉的光需要满足的条件。

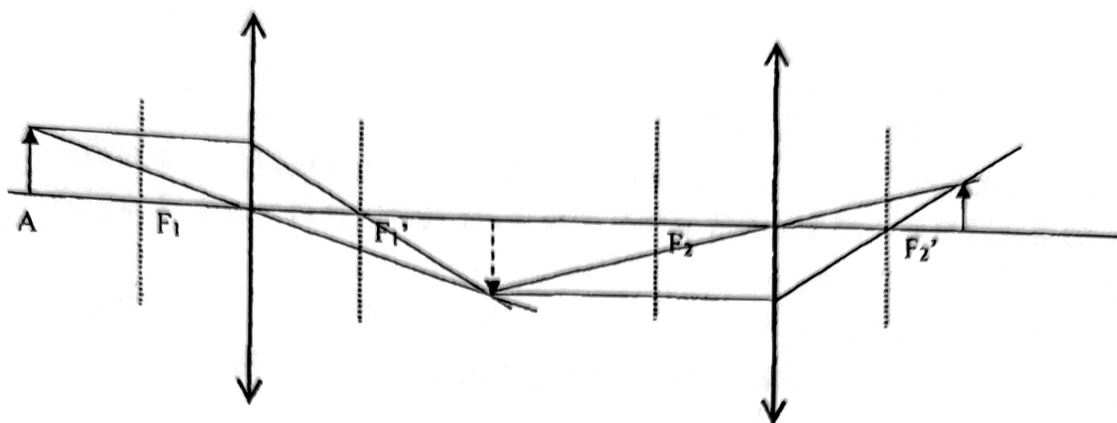
(a) 频率相同 (b) 存在相互平行的偏振分量 (c) 相位差稳定

4、李白《望庐山瀑布》诗中有“日照香炉生紫烟，遥看瀑布挂前川”的名句（译文：香炉峰在阳光的照射下生起紫色烟霞，远远望见瀑布似白色绢绸悬挂在山前）。请利用所学知识解释其中的“紫烟”。

瑞利散射

三、作图和计算题。(共 50 分)

1、作图得到物 A 通过透镜系统后的像 (图中虚线为焦平面)。(10 分)



2、若将一个 Fresnel 波带片的前 5 个偶数半波带挡住, 其余全放开, 求衍射场中心的强度是自由传播时的多少倍。(10 分)

解: $A=5A_1+0.5A_1$

$I=12I(A_1/2)^2$

所以为 121 倍。

3、在两个正交偏振片之间插入第三个偏振片。自然光入射时

- (1) 当最后透过的光强为入射光强的 $1/8$ 时, 求插入的偏振片与第一个偏振片的夹角。
- (2) 使最后透过的光强为零, 插入的偏振片应如何放置?
- (3) 能否找到插入偏振片的适当角度, 使最后透过的光强为入射自然光的 $1/2$? (10 分, 1,2,3 问分别 4,3,3 分)

解: (1) 45°

(2) 0 或 90°

(3) 不能。

4、一个黑盒子中装有一个光学元件，是半波片、法拉第旋转镜和自然旋光晶体这三个光学元件之一。给定自然光作为光源，请设计光学方案区分这三个光学元件。（可利用波片，偏振片，反射镜，光强探测器等光学元件）（10分）

答：1、偏振片把自然光变成线偏光。

2、线偏光经过黑盒子后偏振方向会旋转，用另一偏振片检偏会有找到消光位置。如果旋转黑盒子消光位置改变则是半波片，不改变则是自然旋光晶体或者 Farady 旋转镜。

3、对后两者，线偏光，从黑盒子两端分别输入。如果偏振方向旋转的方向相同，则是自然旋光。如果偏振方向旋转的方向不同是 Farady 旋转镜。

5、在杨氏双缝实验中，双缝间距为 1mm ，接收屏距离双缝 1m ，点光源距双缝 30cm ，发射波长 500.0nm 的单色光。求：

(1) 屏上干涉条纹的间距。

(2) 如果在双缝与接收屏之间充满水（折射率为 1.33），那么屏上干涉条纹的间距变为多少？

(3) 如果点光源发出的光波为 $(500.0 \pm 2.5\text{nm})$ 范围内的准单色光，求屏上能看到的干涉极大的最高级次。（10分，1,2,3 问分别 4,3,3 分）

解：(1) $\Delta x = \lambda D/d = 0.5\text{mm}$ 。

(2) $\Delta x' = \lambda / n \cdot D/d = 0.378\text{mm}$ 。

(3) $L/\lambda = (\lambda^2 / \delta \lambda) / \lambda = \lambda / \delta \lambda = 100$

考试科目: 《光学》(甲型)

得分: _____

姓名: _____

学号: _____

一、单项选择题。每题 3 分, 共 24 分。

1. 夫琅禾费衍射中, 如不考虑缝间干涉, 则单缝和双缝所形成的衍射图样..... (B)

(A) 两者相同

(B) 单缝一套、双缝两套

(C) 单缝条纹比双缝角宽度小

(D) 单缝条纹比双缝角宽度大

2. 平板玻璃的折射率为 $n=1.33$, 自然光从空气入射到玻璃表面, 如欲使反射光为线偏振光, 入射角为..... (D)

(A) 37°

(B) 41°

(C) 49°

(D) 53°

3. 若入射白光中波长为 $\lambda_1=600\text{ nm}$ 的橙黄色和 $\lambda_2=450\text{ nm}$ 的蓝光强度相等, 瑞利散射光中波长为 λ_1 和 λ_2 的强度之比..... (D)

(A) 0.75

(B) 0.56

(C) 0.12

(D) 0.32

4. 在加热黑体过程中, 其辐射谱峰值波长由 690 nm 变化到 500 nm , 则总的辐射本领增加到原来的..... (C)

(A) 1.38 倍

(B) 1.90 倍

(C) 3.63 倍

(D) 5.00 倍

5. 当光强为 I_0 的一束平行光通过某一介质后, 光强度变为原来 $3/4$, 如将介质层厚度增加一倍, 则透射光的强度是入射光强度的..... (C)

(A) $3/4$

(B) $3/8$

(C) $9/16$

(D) $3/16$

6. 夜间迎面驶来的汽车的两个车头灯相距 1.5 m , 问汽车离人多远时, 他们刚好能为人眼所分辨? 设此时人眼的瞳孔直径为 6 mm , 光波长为 600 nm (B)

(A) 10 km

(B) 12.3 km

(C) 15 km

(D) 18.3 km

7. 法布里-珀罗干涉仪中两个反射镜间隔为 1.00 cm , 在波长为 $\lambda=500\text{ nm}$ 的光波照明下, 视场中心正好是一亮点, 由中心向外第 20 个亮环的角半径为..... (C)

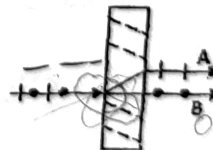
(A) $0.79 \times 10^{-2}\text{ rad}$

(B) $1.58 \times 10^{-2}\text{ rad}$

(C) $3.16 \times 10^{-2}\text{ rad}$

(D) $4.74 \times 10^{-2}\text{ rad}$

8. 如图所示, 图中的虚线代表光轴的方向, 根据图中所画出的折射情况, 下面对晶体正负以及 o 光、e 光的判断正确的是..... (B)



(A) 负单轴晶体, A 是 o 光, B 是 e 光

(B) 正单轴晶体, A 是 e 光, B 是 o 光

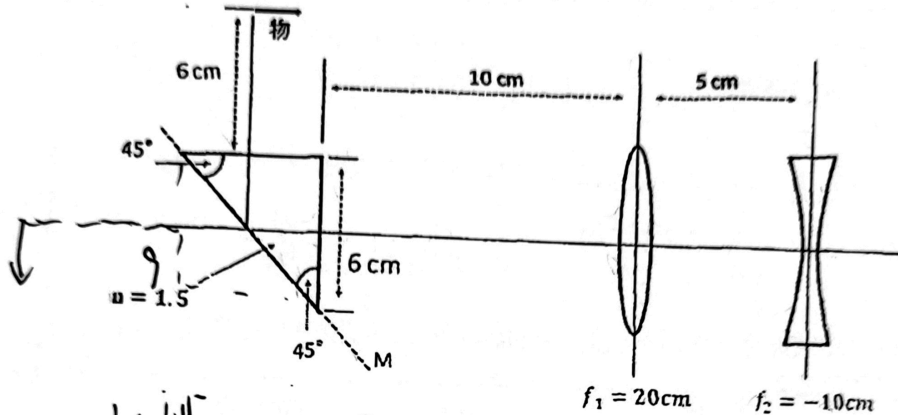
(C) 负单轴晶体, A 是 e 光, B 是 o 光

(D) 正单轴晶体, A 是 o 光, B 是 e 光

二、(15 分) 如图所示的一个棱镜 (折射率 $n=1.5$) 和两个透镜所组成的傍轴光学系统, 箭头物体长度为 1cm 。

(1) 求图中箭头物体所成像的位置和大小;

(2) 如果用平面镜 M 替代棱镜, 平面镜位置如图虚线所示, 箭头物体所成像的位置和大小是否有变化? 如有变化, 求出像的位置和大小。



$$\frac{1}{6} + \frac{1}{S} = 0 \quad S = -6$$

$$\frac{1}{15} + \frac{1}{S} = 0 \quad S = -10$$

$$\frac{1}{20} + \frac{1}{S} = \frac{1}{\infty} \quad S = +\infty$$

$$-\frac{1}{\infty} + \frac{1}{S} = -\frac{1}{10}$$

$$S = -10$$

$$\frac{-10}{-\infty} \cdot \frac{+\infty}{20} \cdot \frac{-10}{15} = \frac{-9}{6}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{2}{3} = \frac{1}{2}$$

$$12) \quad \frac{1}{22} + \frac{1}{S'} = \frac{1}{\infty}$$

$$S' = 220 \text{ cm}$$

$$A_1 = -\frac{S'}{S} = -\frac{220}{22} = -10$$

$$-\frac{1}{220-5} + \frac{1}{S''} = \frac{1}{-10}$$

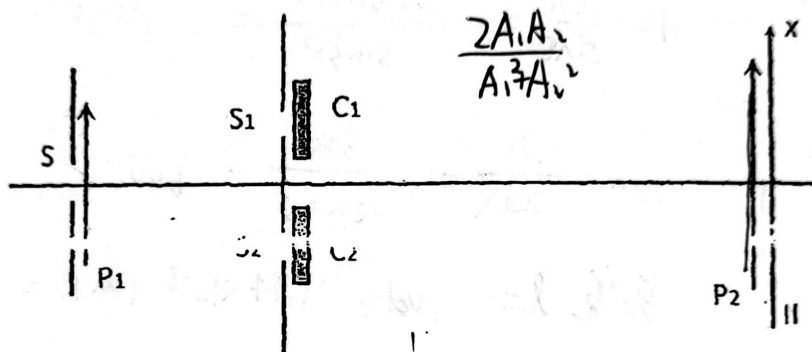
$$S'' = -10.49 \text{ cm}$$

$$A_2 = -\frac{S''}{S'} = -\frac{-10.49}{220} = -0.049$$

$$A = A_1 A_2 = -0.49$$

三、(15 分) 杨氏实验中, S 为自然光单色点光源 (波长为 λ), P_1 和 P_2 为理想偏振片, C_1 和 C_2 为相同的波晶片 (光轴平行于入射表面), S_1 和 S_2 间距为 d 且双孔大小相同, 他们与观察屏 II 相距 D , 满足傍轴条件。问下列情形屏 II 上光强分布, 若有条纹其衬比度为多少?

- (1) P_1 和 P_2 的透振方向与 C_1 和 C_2 的光轴平行;
- (2) 同 (1), 但除去 C_2 ;
- (3) C_1 和 C_2 为 $\lambda/2$ 波片, 且光轴相互垂直, P_1 和 P_2 的透振方向与 C_1 的光轴平行;
- (4) C_1 和 C_2 为 $\lambda/2$ 波片, 其光轴方向与 P 的透振方向分别为 $\pm 45^\circ$, 无 P_2 ;
- (5) 同 (4), 但 C_1 和 C_2 换为 $\lambda/4$ 波片;
- (6) C_1 和 C_2 为 $\lambda/4$ 波片, 光轴方向均与 P 透振方向成 45° , 无 P_2 ;



- (1) |
- (2) |
- (3) 0
- (4) 1
- (5) 1/2
- (6) 1

$I_m \cdot I_m$
 $I = \dots$

四、(16 分) 用白光垂直照射到一个黑白光栅上, 能在 30° 的衍射方向上观察到 600.0 nm 的第二级主极大, 并能在该处分辨 $\Delta\lambda=0.5 \text{ nm}$ 的光谱线间隔; 但是在 30° 的衍射方向上, 却测不到 400.0 nm 的主极大。求:

- (1) 光栅相邻两缝的间距有多大?
- (2) 光栅的总宽度是多少?
- (3) 光栅每一缝的宽度是多少?
- (4) 589.3 nm 的单色光垂直入射时, 可以观察到哪些级数的光谱线?

解:

$$d = \frac{2\lambda}{\sin\theta} = \frac{2 \times 600 \times 10^{-9}}{\sin 30^\circ} = 2.4 \times 10^{-6} \text{ (m)}$$

(2)

$$N = \frac{\lambda}{2\Delta\lambda} = \frac{600}{2 \times 0.5} = 600$$

$$\text{总宽 } l = Nd = 1.44 \times 10^{-3} \text{ (m)} = 1.44 \text{ mm}$$

(3)

应该为 3 极.

$$a = \frac{d}{3} = 8 \times 10^{-7} \text{ (m)}$$

(4)

$$d \sin\theta = j\lambda \Rightarrow j \leq \frac{d}{\lambda} = \frac{2.4 \times 10^{-6}}{589.3 \times 10^{-9}} = 4.07$$

$$0, \pm 1, \pm 2, (\pm 3), \pm 4$$

缺级

五、(12 分) 菲涅耳圆孔衍射中, 强度为 I_0 、波长 $\lambda=500 \text{ nm}$ 的平行光正入射, 圆孔半径 $\rho=9 \text{ mm}$, P 点在另一侧轴上, 距圆孔 18 m 。

(1) P 点是亮点还是暗点? 光强为多少?

(2) 如果将该圆孔做成菲涅耳波带片, 主焦点为 P, 并对波长 $\lambda=500 \text{ nm}$ 的光得到最大的光强, 各个环带如何划分? 透光与不透光部分怎样分布? P 点光强为多少?

(3) 如果将 (2) 中波带片不透光的环带以折射率为 2.0 的透明膜代替, 并使 P 点光强显著增大, 薄膜的最小厚度为多少? 光强最大为多少? (不考虑薄膜对光的吸收)

解: (1) $\rho_1 = \sqrt{b\lambda} = \sqrt{18 \times 500 \times 10^{-9}} = 3 \times 10^{-3}$

$$k = \left(\frac{\rho}{\rho_1}\right)^2 = \left(\frac{9 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{-3}}\right)^2 = 9 \text{ 为奇}$$

亮点

$$I = 4I_0$$

(2)

$$\rho_1 = 3 \text{ mm} \quad \rho_2 = 4.24 \text{ mm} \quad \rho_3 = 5.20 \text{ mm}$$

$$\rho_4 = 6 \text{ mm} \quad \rho_5 = 6.71 \text{ mm} \quad \rho_6 = 7.35 \text{ mm}$$

$$\rho_7 = 7.94 \text{ mm} \quad \rho_8 = 8.49 \text{ mm} \quad \rho_9 = 9 \text{ mm}$$

$\rho_1 \rightarrow \rho_{15}$ 透光

$$I = 100I_0$$

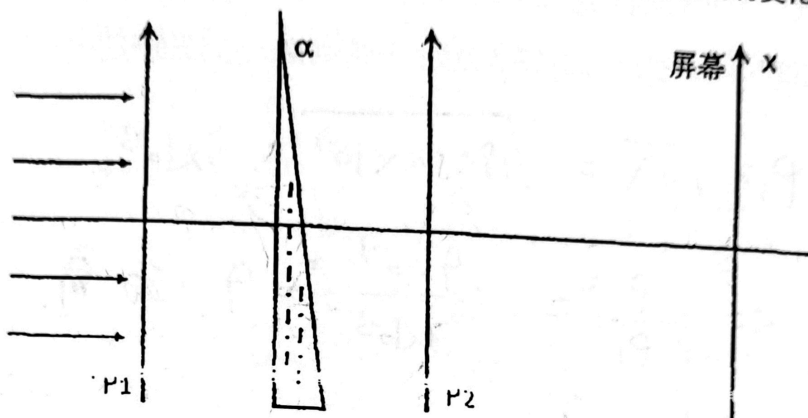
(3)

$$(2-1)d = \frac{\lambda}{2} \quad d = \frac{\lambda}{2} = 250 \text{ nm}$$

$$I = 81I_0 \times 4$$

六、(18 分) 汞灯的 404.7 nm 紫色平行光束正入射于一偏振光干涉系统。该系统是在两个正交偏振片之间放置一楔形水晶波片，忽略楔形水晶波片引起的光束偏折，劈角 $\alpha=0.5^\circ$ ，光轴为竖直方向且与偏振片透振方向成 45° 角， $n_o=1.5572$ ， $n_e=1.5667$ 。

- (1) 屏幕上的干涉图像如何？并做示意图。
- (2) 相邻暗纹的间距 Δx 为多少？
- (3) 若将 P_2 转过 90° ，干涉图像有何变化？
- (4) 维持 P_1 和 P_2 正交，使 P_1 透振方向与楔形波片光轴平行，干涉图样有何变化？



11) 为平行条纹。

$$12) I = \frac{1}{2} I_0 (1 - \cos \varphi) = I_0 \sin^2 \frac{\varphi}{2}$$

$$\frac{\varphi}{2} = k\pi \quad \varphi = 2k\pi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_e - n_o) d$$

$$\Delta d = \frac{\lambda}{n_e - n_o} \quad \Delta x = \frac{\Delta d}{\tan \alpha}$$

$$= \frac{404.7 \times 10^{-9}}{(1.5667 - 1.5572) \times \tan 0.5^\circ} = 4.88 \times 10^{-3} \text{ (m)}$$

13) 明暗交替

14) 此时 $I=0$ 。线偏光通过波片。

中国科学技术大学

2009—2010 学年第二学期考试试卷

考试科目:《光学》(乙型) 学生所在系: _____

姓名: _____ 学号: _____ 得分: _____

一、选择或填空题。(共 30 分, 每题 3 分)

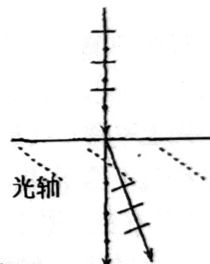
1、能够产生干涉的光束必须满足的条件是 abd (多选)

(a) 频率相同 (b) 存在相互平行的偏振分量 (c) 振幅相同 (d) 相位差稳定

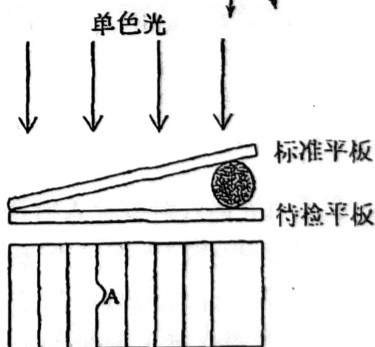
1、100km 外的人造卫星上, 镜头直径为 25mm 的相机能否区分地球上相距 1m 的两盏灯? 答: 不能。(填“能”或“不能”, 灯光波长取 0.55 微米)

2、月球距离地球约为 38 万公里。用口径为 1 米的天文望远镜能分辨月球表面两点的最小距离是 255 米。(光波长取 0.55 微米)

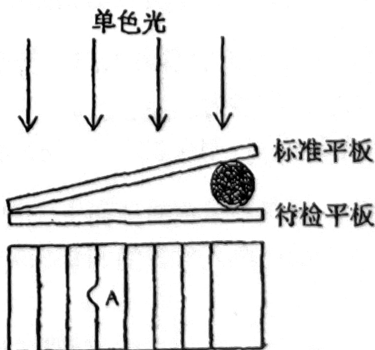
3、如图所示, 根据晶体的双折射情况, 可以判断晶体为 正 晶体。(填“正”或者“负”)



5、工业上经常用等厚干涉检测表面平整度。方法如图, 标准平板和待检平板间形成一个尖劈形空气层, 用单色光照射时便出现等厚干涉条纹。若得到的条纹如下图所示, 那么可以判断 A 点的缺陷应当是个小的 凸起。(填“凸起”或者“凹陷”)



5、工业上经常用等厚干涉检测表面平整度。方法如图, 标准平板和待检平板间形成一个尖劈形空气层, 用单色光照射时便出现等厚干涉条纹。若得到的条纹如下图所示, 那么可以判断 A 点的缺陷应当是个小的 凹陷。(填“凸起”或者“凹陷”)



4、等厚干涉的同一级条纹对应于 d。

- (a) 同方向的入射光线 (b) 同方向的出射光线 (c) 倾角相同的入射光线
(d) 经过相同膜厚处的光线。

4、等倾干涉的同一级条纹对应于 c。

- (a) 同方向的入射光线 (b) 同方向的出射光线 (c) 倾角相同的入射光线
(d) 经过相同膜厚处的光线。

6、平面光栅宽 30mm，波长 600nm 的平行光正入射，二级主极大出现在衍射角 30° 处，则光栅的总刻线数为 a。

- (a) 12500 (b) 25000 (c) 62500 (d) 94800

7、在杨氏双缝干涉实验中，如果在上边一条狭缝前面覆盖一个薄透明玻璃片，其他装置不变，那么干涉条纹将会 a。

- (a) 向上平移 (b) 向下平移 (c) 无变化 (d) 消失

7、在杨氏双缝干涉实验中，如果在下边一条狭缝前面覆盖一个薄透明玻璃片，其他装置不变，那么干涉条纹将会 b。

- (a) 向上平移 (b) 向下平移 (c) 无变化 (d) 消失

8、在垂直界面入射或掠入射情况下，下面论述中正确的是 b。

- (a) 从光疏介质入射到光密介质，折射光有半波损失。
(b) 从光疏介质入射到光密介质，反射光有半波损失。
(c) 从光密介质入射到光疏介质，折射光有半波损失。
(d) 从光密介质入射到光疏介质，反射光有半波损失。

9、玻璃的折射率为 1.54，自然光从空气入射到玻璃上，要想使反射光为线偏光，入射角应当为 d。

- (a) 0° (b) 33° (c) 40.5° (d) 57°

9、空气与玻璃的界面上，已知光从空气一侧入射时布儒斯特角为 57° ，则光从玻璃一侧入射时的布儒斯特角应为 33 度。

10、一块光栅的光栅常数为 1.2 微米，透光缝宽为 0.8 微米，此光栅缺失的级数有 c。

(a) 第 0 级 (b) 第 2 级 (c) 第 3 级 (d) 第 4 级

2、若将一个 Fresnel 波带片的前 5 个偶数半波带挡住，其余全放开，衍射场中心的强度是自由传播时的 c。

(a) 25 倍 (b) 100 倍 (c) 121 倍 (d) 400 倍

2、若将一个 Fresnel 波带片的前 4 个偶数半波带挡住，其余全放开，衍射场中心的强度是自由传播时的 d。

(a) 16 倍 (b) 64 倍 (c) 400 倍 (d) 81 倍

5、一 Fresnel 波带片对 532nm 的半导体激光的主焦距为 40cm，改用 632.8nm 的氦氖激光照射，主焦距变为 33.63 cm。

二、 利用所学光学知识解释如下现象（共 20 分，每题 5 分）

1、肥皂泡五颜六色。

等厚干涉

2、早晨的太阳是红色的。

瑞利散射

3、一些晶体会对物体成两个像。

双折射

4、日晕，月晕：空气质量较差时，在太阳或月亮周围出现的光圈。

圆屏衍射

5、鸟的羽毛五颜六色。

等厚

6、天是蓝色的，云是白色的。

瑞利散射

7、彩虹。

色散

8、透过三棱镜看太阳光会看到五颜六色。

色散

9、牛奶是白色的。

米-德拜散射

10、日照香炉生紫烟。

瑞利散射

三、 计算题。(共 50 分, 每题 10 分)

1、写出光的五种偏振态, 并论述如何用基本光学元件(波片, 偏振片等)区分五种偏振态。

1、若要 50 条/mm 的光栅在第 2 级光谱中能分辨钠双线 ($589.0nm$ 和 $589.6nm$), 光栅宽度至少应为多少?

解: $N = \lambda / (k \delta \lambda) = 491$ 条

光栅宽度 $D = Nd = 9.82mm$ 。

2、在迈克尔逊干涉仪中, 反射镜移动 $0.33mm$, 测得条纹变动 192 次。求光的波长。

解: $\lambda = 2 \Delta h / N = 3.438\mu m$

2、在迈克尔逊干涉仪中, 入射光为氦氖激光器, 波长 632.8 纳米, 测得条纹变动 180 次。问反射镜移动的距离是多少?

3、在两个正交偏振片之间插入第三个偏振片。自然光入射时

(1) 当最后透过的光强为入射光强的 $1/8$ 时, 求插入的偏振片与第一个偏振片的夹角。

(2) 使最后透过的光强为零, 插入的偏振片应如何放置?

(3) 能否找到插入偏振片的适当角度, 使最后透过的光强为入射自然光的 $1/2$?

解: (1) 45°

(2) 0 或 90°

(3) 不能。

4、若将一个 Fresnel 波带片的前 5 个偶数半波带挡住, 其余全放开, 求衍射场中心的强度是自由传播时的多少倍。

解: $A = 5A_1 + 0.5A_1$

$$I=121(A_1/2)^2$$

所以为 121 倍。

5、在杨氏双缝实验中，双缝间距为 1mm ，接收屏距离双缝 1m ，点光源距双缝 30cm ，发射波长 500.0nm 的单色光。求：

- (1) 屏上干涉条纹的间距。
- (2) 如果在双缝与接收屏之间充满水（折射率为 1.33），那么屏上干涉条纹的间距变为多少？
- (3) 如果点光源发出的光波为 $(500.0 \pm 2.5\text{nm})$ 范围内的准单色光，求屏上能看到的干涉极大的最高级次。

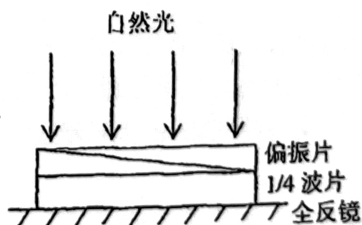
解：(1) $\Delta x = \lambda D/d = 0.5\text{mm}$ 。

(2) $\Delta x' = \lambda/n \cdot D/d = 0.378\text{mm}$ 。

(3) $L/\lambda = (\lambda^2/\delta\lambda)/\lambda = \lambda/\delta\lambda = 100$

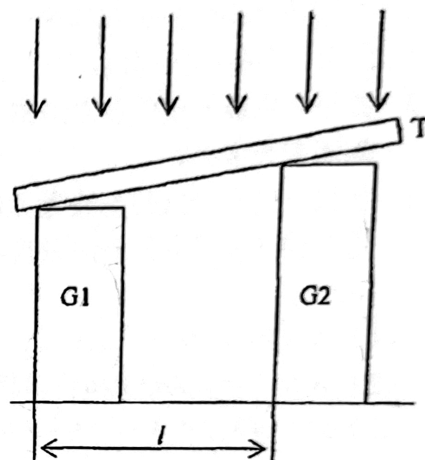
6、如图所示，在平面全反镜上相继放置一个 $1/4$ 波片和一个偏振片，偏振片的透振方向和 $1/4$ 波片的光轴夹角为 θ 。光强为 I_0 的自然光垂直入射，试求反射光经上述偏振系统后的光强。

解： $I = 0.5I_0 \cos^2 2\theta$



1、块规是机械加工里用的一种长度标准，它是一钢质长方体。图中的两个块规，G1 的长度是标准的，G2 是要校准的。校准方法如下：把 G1 和 G2 放在钢质平

台面上，G1，G2 上面用一块透明平板 T 压住。如果 G1 和 G2 的高度（即长度）不等，微有差别，则在 T 和 G1，T 和 G2 间分别形成尖劈形空气层，它们在单色光照射下各产生等厚干涉条纹。设入射光的波长是 589.3nm ，G1 和 G2 间隔 $l=5\text{cm}$ ，T 和 G1，T 和 G2 间干涉条纹间距都是 0.5mm ，试求 G2 和 G1 的高度之差。怎样判断 G1 和 G2 谁长谁短？



解：(1) $\Delta h \approx \alpha l = l\lambda / (2\Delta x) \approx 29.47\mu\text{m}$ 。

(2) 轻压板盖 T 的中部，两处条纹疏密变化正相反。条纹变密的一端块规长，条纹变疏的一端块规短。

4、将一个金属框放入肥皂液中浸一下，然后取出保持垂直，于是形成一个楔形膜，用波长 514.53nm 的氩离子激光近似垂直照射，每厘米可观察到 12 个条纹，求楔形膜的顶角。（肥皂液 $n=1.33$ ）

解：

$$\theta = \left(\frac{j\lambda}{2n} \right) / L = 2.3 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

其中： $j=12, \lambda = 514.53\text{nm} = 0.51453\mu\text{m}$

$n=1.33, L=1\text{cm}=10000\mu\text{m}$

5、将一个金属框放入肥皂液中浸一下，然后取出保持垂直，于是形成一个楔形膜，用波长 532nm 的氩离子激光近似垂直照射，每厘米可观察到 12 个条纹，求楔形膜的顶角。（肥皂液 $n=1.33$ ）

解：

$$\theta = \left(\frac{j\lambda}{2n} \right) / L = 2.4 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

其中： $j=12, \lambda = 532\text{nm} = 0.532\mu\text{m}$

$n=1.33, L=1\text{cm}=10000\mu\text{m}$

中国科学技术大学

2012—2013 学年第一学期考试试卷

考试科目: 《光学》 学生所在系: _____

姓名: _____ 学号: _____ 得分: _____

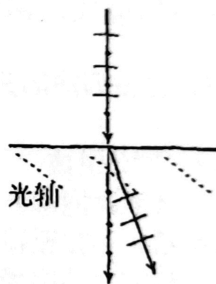
一、选择或填空题 (共 30 分, 每题 3 分)

1、可见光的波长范围是 b。

(a) 100nm-760nm (b) 400nm-760nm (c) 760nm-1000nm (d) 0.1 μ m-1 μ m

2、一 Fresnel 波带片对 532 nm 的半导体激光的主焦距为 40 cm, 改用 632.8 nm 的氦氖激光照射, 主焦距变为 33.63 cm。

3、如图所示, 根据晶体的双折射情况, 可以判断晶体为 正 晶体。(填“正”或者“负”)



4、100km 外的人造卫星上, 镜头直径为 25mm 的相机能否区分地球上相距 1m 的两盏灯? 答: 不能。(填“能”或“不能”, 灯光波长取 0.55 微米)

5、某矩形孔的夫琅禾费衍射图样中央主极大的强度为 I 。如果将该孔的长、宽各增大 1 倍, 则中央主极大的强度变为 4I。

6、已知晶体的某晶面簇的面间距为 0.282 nm, X 射线在该晶面簇上衍射时, 在掠射角为 1° 的方向上出现二级极大, 则 X 射线的波长为 0.0049nm。

7、如下四个尺寸的衍射物中, 对可见光发生显著衍射效应的是 c。

(a) 1 m (b) 1 mm (c) 1 μ m (d) 1 nm

8、一束光透过 20 米深的海水后其强度减弱为原来的一半, 那么光强减弱到百分之一时透过海水的深度是 132.88 米。

9、空气与玻璃的界面上, 已知光从空气一侧入射时布儒斯特角为 57° , 则光从玻璃一侧入射时布儒斯特角应为 33° 。

10、一块光栅的光栅常数为 1.2 微米, 透光缝宽为 0.8 微米, 此光栅缺失的级数有 c。

(a) 第 0 级 (b) 第 2 级 (c) 第 3 级 (d) 第 4 级

二、论述题：解释现象或回答问题（共 20 分，每题 4 分）

1、“日照香炉生紫烟，遥看瀑布挂前川”中的“紫烟”。

瑞利散射。

2、日晕，月晕：空气质量较差时，在太阳或月亮周围出现的光圈。

圆屏衍射。

3、白云与乌云。

光的米-德拜散射（米氏散射）和光的折射（也可等效成吸收）。

4、什么是正常色散？什么是反常色散？

一般情况下，光通过介质时折射率随着波长增大而减小，称为正常色散；但是在吸收带内表现出折射率随着波长增大而增大，称为反常色散。

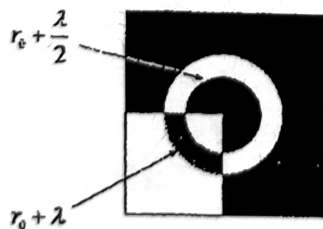
5、激光器是由哪些部分组成的，每部分的作用是什么？

激光器由三部分组成：

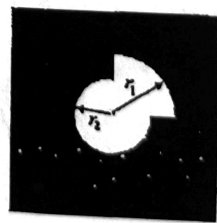
- 1) 泵浦源（激励能源）提供激光器运行所需能量；
- 2) 工作介质，存在亚稳激发态，在泵浦源作用下实现粒子数反转；
- 3) 光学谐振腔，使得受激辐射大于自发辐射，实现激光输出，而且保证激光的方向性，还可以选模式。

三、计算题。（共 50 分，每题 10 分）

1、平行光照射如下两图所示的衍射屏，图中标出的是观察点到屏上的光程，在近轴条件下分别求出观察点的光强（用自由传播时该点的光强表示）。



(a)



(b)

$$r_1 = r_0 + \frac{3}{4}\lambda,$$

$$r_2 = r_0 + \frac{\lambda}{2}.$$

解：

$$\frac{9}{16} I_0$$

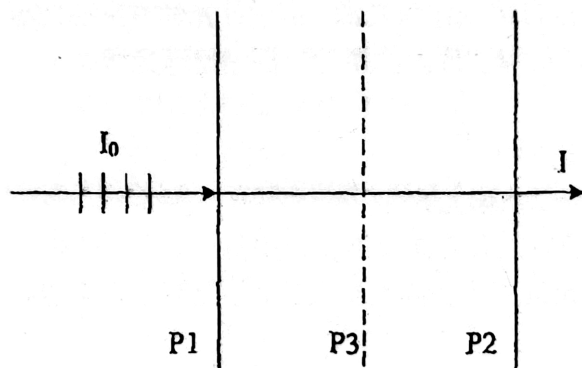
$$\frac{25}{8} I_0$$

2、若要 50 条/mm 的光栅在第 2 级光谱中能分辨钠双线 ($589.0nm$ 和 $589.6nm$), 光栅宽度至少应为多少?

解: $N = \lambda / (k \delta \lambda) = 491$ 条

光栅宽度 $D = Nd = 9.82mm$.

3、偏振片 P1、P2 的偏振化方向相互平行, 平行自然光 I_0 垂直入射 P1, 如下图所示。

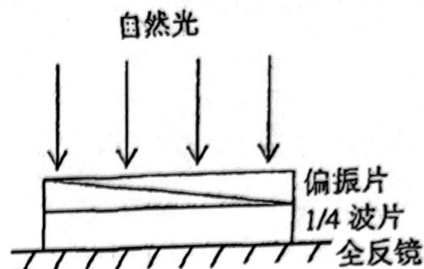


(1) 求通过 P2 后的光强 I; (2) 若在 P1、P2 之间插入偏振片 P3 (图中虚线), 测得最后光强 $I = I_0/8$, 求 P3 与 P1 偏振化方向之间的夹角 α (设 α 为锐角)。

解: (1) $I = I_0/2$

(2) $\alpha = 45^\circ$

4、如图所示，在平面全反镜上相继放置一个 $1/4$ 波片和一个偏振片，偏振片的透振方向和 $1/4$ 波片的光轴夹角为 θ 。光强为 I_0 的自然光垂直入射，试求反射光经上述偏振系统后的光强。



解: $I = 0.5I_0 \cos^2 2\theta$

5、一个黑盒子中装有一个光学元件，是半波片、法拉第旋转镜和自然旋光晶体这三个光学元件之一。给定自然光作为光源，请设计光学方案确定黑盒子中的光学元件具体是哪一个。（可利用波片，偏振片，探测器等光学元件）

答：1、偏振片把自然光变成线偏光。

2、线偏光经过黑盒子后偏振方向会旋转，用另一偏振片检偏会有找到消光位置。如果旋转黑盒子消光位置改变则是半波片，不改变则是自然旋光晶体或者 Farady 旋转镜。

3、对后两者，线偏光，从黑盒子两端分别输入。如果偏振方向旋转的方向相同，则是自然旋光。如果偏振方向旋转的方向不同是 Farady 旋转镜。

中国科学技术大学

2005 - 2006 学年第二学期考试试卷

考试科目: 光学

得分: _____

学生所在系: _____ 姓名: _____ 学号: _____

3. 级次未级前 α 不变

$$L = 2nt \cos \alpha + \frac{\lambda}{2}$$

由 $\alpha \rightarrow 0$ 即向内收缩

一、单项选择题 (每题4分, 共40分)

1. 薄膜的等倾干涉条纹为同心圆环。如果使膜变薄, 则可观察到()
(A) 条纹不变 (B) 圆环缩小 (C) 圆环膨胀 (D) 圆心平移
2. 等厚干涉的同一级条纹对应于()
(A) 同方向的入射光线 (B) 同方向的出射光线 (C) 波长相同的光线 (D) 经过相同膜厚处的光线
3. 放置在空气中的杨氏干涉装置, 观察到接收屏上亮纹间距为 2.68mm 。如果在屏与双缝间充满水 ($n = 1.33$), 则条纹间距变为()
(A) 2.68mm (B) 5.36mm (C) 3.56mm (D) 2.02mm
4. 如右页图所示, 单色光照射在楔形薄膜上形成干涉条纹。若增大楔角, 条纹会()
(A) 向右端压缩 (B) 整体向左平移 (C) 整体向右平移 (D) 向左端压缩
5. 用波长 488.0nm 的氦离子激光照明时, 一菲涅耳波带片的主焦距为 30cm 。改用 632.8nm 的氦氖激光照明, 这个波带片的主焦距变为()
(A) 38.90cm (B) 30cm (C) 26.34cm (D) 23.14cm
6. 单缝夫琅和费衍射装置中, 如果保持其他部分不变, 仅使衍射屏在自身平面内移动, 衍射条纹将()
(A) 向反方向移动 (B) 不动 (C) 条纹间距增大 (D) 条纹间距减小
7. 单色平行光 ($\lambda = 600\text{nm}$) 正入射一个宽为 30mm 的多缝光栅。已知2级主极大出现在衍射角 30° 处, 则光栅的总刻线数为()
(A) 1.25×10^4 (B) 2.50×10^4 (C) 6.25×10^4 (D) 9.48×10^4
8. 经多缝光栅后, 在级数 $j = n \frac{d}{a}$ 处 (d 为光栅常数, a 为透光缝宽, $n \neq 0$) 会出现()
(A) 无色散谱线 (B) 缺级 (C) 亮度最大谱线 (D) 次极大值
9. 自然光从空气射入平板玻璃 ($n = 1.33$), 欲使折射光的偏振度最大, 入射角应选()
(A) 0° (B) 37° (C) 53° (D) 49°

$$\tan^{-1} 1.33 = 53^\circ$$

- B 10. 由晶体的双折射情况可以判断晶体的正负。如下图所示, 晶体为()
 (A)正晶体 (B)负晶体 (C)各向同性晶体 (D)以上皆有可能

图1 选择题第4题

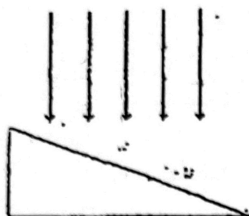


图2 选择题第10题

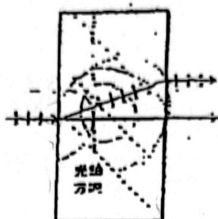
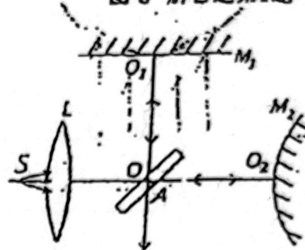


图3 解答题第1题



二、解答题 (共60分)

1. (10分) 如上图所示在迈克尔孙干涉仪一臂上用凸面反射镜 M_2 代替平面镜。反射镜曲率中心位于 OO_2 延长线上。调节 M_1 位置, 使得 $OO_1 = OO_2$ 。假设半反射面A的镀膜恰使两相干光束附加相位差为0, 用准直单色光照明, S位于L焦点上。

- (1) 已知入射光 $\lambda = 400\text{nm}$, 从中央向外数第10个暗环半径为4cm, 求球面反射镜的半径
 (2) 这时形成的干涉图样拍成的底片可以作为菲涅耳波带片, 试简要说明其原理。

$$r_{10} = \sqrt{10 R \lambda}$$

$$R = \frac{r_{10}^2}{10 \lambda} = \frac{4^2}{10 \times 400 \times 10^{-9}} = 40000 \text{ m}$$

$$r = \sqrt{k \lambda} \cdot \sqrt{\frac{f}{k+1}}$$

$$r = \sqrt{k \lambda} \cdot \sqrt{f}$$

2. (6分) 一照相机在离地面100km的高空拍摄地面上的物体, 若要求它能分辨地面上相距0.1m的两点, 则此照相机的镜头至少需要多大? 设镜头的几何像差已很好地消除, 感光波长为500nm。

$$\theta = \frac{0.1 \text{ m}}{100 \text{ km}}$$

$$\theta = \frac{\lambda}{D} \quad \theta = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

$$D =$$

3. (12分) $\lambda = 500\text{nm}$ 的平行光入射到一玻璃板间距为 2.5mm 法布里-珀罗标准具。

(1) 求中心条纹的干涉级。

(2) 已知入射光中另有一束波长与 500nm 相差很小的光，在中央第一环的外圈 $\frac{1}{500}$ 条纹角间距的地方发现了这个波长的光产生的干涉条纹，求这个波长。

$$2d = m\lambda \quad m = \frac{2d}{\lambda}$$

$$\frac{\delta\lambda}{\lambda} = \frac{1}{k\lambda}$$

4. (12分) 平行光正入射一块光栅常数为 d ，总刻线数为 N 的多缝光栅。入射光中包含波长相近的两谱线，中心波长为 λ ，波长差为 $\delta\lambda$ 。

(1) 证明相邻两级主极大的角距离 $\delta\theta$ 与这一级主极大半角宽 $\Delta\theta$ 之比为 N 。

(2) 实验上所采用的光谱级次一般只取1或2而不取更高的级次，是因为色分辨本领会随级次提高而降低，这种说法正确吗？为什么？

$$d \sin \theta = k\lambda$$

$$d \sin \theta_{k+1} = (k+1)\lambda$$

$$\Delta\theta = \frac{\lambda}{d \cos \theta_k}$$

$$\Delta\theta = \frac{k \delta\lambda}{d \cos \theta_k}$$

$$\frac{\delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda}{k \delta\lambda} = N$$

$$k = kN$$

5.(10分) 在一对正交偏振片 P_1 和 P_2 之间插入一块冰洲石晶体制作的 $\frac{\lambda}{4}$ 片, 其光轴与 P_1 透振方向成 60° 角. 一强度为 I_0 的单色自然光正入射于该系统, 求出射光的强度. 忽略反射、吸收损耗, 要求画图示意.



6.(10分)

参考解答与评分标准

一、单项选择题 (每题4分, 共40分)

题目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
选择	B	D	D	A	D	B	A	B	C	B

二、解答题 (共60分)

1. (共10分. 其中第1小题6分, 第2小题4分) 解:

(1) 这是一个等厚牛顿环, 而且由于附加相位差为0, 中央厚度为0的点为亮点. 第10个暗环对应级次 $m = 9$.

$$2t_m = (m + \frac{1}{2})\lambda \Rightarrow t_m = 1.9 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$\text{勾股定理 } R^2 - r_m^2 = (R - t_m)^2 \Rightarrow R \approx \frac{r_m^2}{2t_m} \approx 421 \text{ m}$$

(2) 均为同心圆, 且半径均与 $\sqrt{k}$ 成正比.

2. (共6分) 解:

$$\delta\theta = \frac{0.1}{100 \times 10^3} = 10^{-6} \text{ rad}$$

$$\Delta\theta = 1.22 \frac{\lambda}{D} \leq \delta\theta \Rightarrow D \geq 0.61 \text{ m}$$

3. (共12分. 其中第1小题4分, 第2小题8分) 解:

(1) $2t = m\lambda \Rightarrow m = 10^4$

(2) 由 $2nt \cos \theta_m = m\lambda$ 和 $2nt \cos \theta_{m+1} = (m+1)\lambda$

$$\therefore \text{条纹间距 } \Delta\theta = \frac{\lambda}{2nt \sin \theta_m}$$

而同一级条纹的角宽度由 $2nt \cos \theta_m = m\lambda$ 可得 $2nt \sin \theta_m \delta\theta = m\delta\lambda$

$$\therefore \delta\theta = \frac{m\delta\lambda}{2nt \sin \theta_m} \text{ 而 } \delta\theta = \frac{1}{500} \Delta\theta$$

代入数值可得 $\delta\lambda = 10^{-3} \text{ \AA}$. 由于这个波长的条纹是在 $5000 \text{ \AA}$ 的条纹的外侧, 这个波长应小于 $5000 \text{ \AA}$, 因此 $\lambda = 4999.999 \text{ \AA}$.

4. (共12分. 其中第1小题6分, 第2小题6分) 解:

(1) 由 $d \sin \theta_k = k\lambda$ 和 $d \sin \theta_{k+1} = (k+1)\lambda$ 可以求得

$$\delta\theta_k = \frac{\lambda}{d \cos \theta_k}$$

而根据多缝干涉因子零点条件 $\sin \theta_k = (k + \frac{1}{N}) \frac{\lambda}{d}$, 可以求得

$$\Delta(\sin \theta_k) = \cos \theta_k \Delta\theta_k = (k + \frac{1}{N}) \frac{\lambda}{d} - k \frac{\lambda}{d} = \frac{\lambda}{Nd}$$

两式相除即可得到结论.

(2) 不正确. 由 $R = kN$, 随级次提高而提高.

图 1 第1题

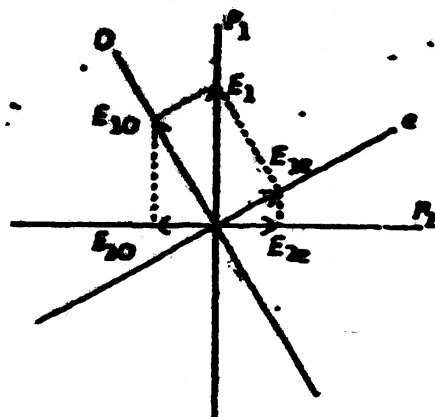


图 2 第2题

5. (共10分) 解:

解得 $I = \frac{2}{15} I_0$

6. (共10分)