

复旦大学物理学系

2006~2007 学年第二学期期末考试试卷

A 卷 B 卷

课程名称: 大学物理(下) 课程代码: PHYS120008.01

开课院系: 物理系 考试形式: 开卷/闭卷 / 课程论文 /

姓名: _____ 学号: _____ 专业: _____

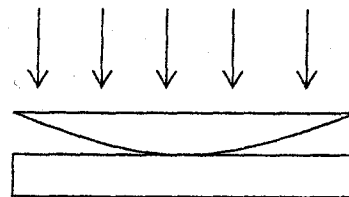
题号	一	二1	二2	二3	二4	总分
得分						

一、选择题

1, 在双缝干涉实验中, 两条缝宽度原来是相等的。若其中一缝的宽度略变窄, 则 []

- (A) 干涉条纹的间距变宽.
 (B) 干涉条纹的间距变窄.
 (C) 干涉条纹的间距不变, 但原极小处的条纹不再为零.

2, 如图, 用单色光垂直照射在观牛顿环的装置上。当平凸透镜垂直向上缓慢平移远离平面玻璃时, 可以观察到这些环状干涉条纹 []



- (A) 向后平移 (B) 向中心收缩 (C) 向外扩张

3, 下列选项属于可见光范围的是 []

- (A) 300—600 nm (B) 400—700 nm (C) 500—800 nm

4, 若已知光在某时刻的阵面为 S, 则 S 的前方某点 P 的光强度决定于波阵面 S 上所有面积元发出的子波各自传到 P 点的 []

- (A) 振动振幅之和 (B) 光强之和
 (C) 振动的相干叠加

5, 在透光缝数为 N 的光栅衍射实验里, 缝干涉的中央明纹中强度的最大值为一个缝单独存在时单缝衍射中央明纹强度最大值的 []

- (A) N 倍 (B) 2N 倍 (C) N^2 倍

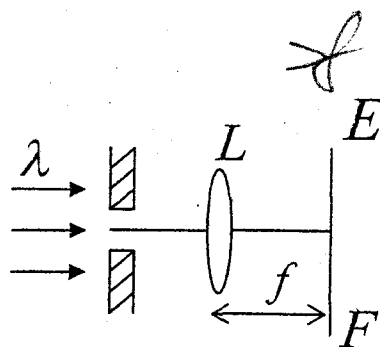
6, 波长为 4.26 \AA 的单色光, 以 70° 角掠射到岩盐晶体表面上时, 在反射方向出现第一级极大, 则岩盐晶体的晶格常数为 []

- (A) 0.39 \AA (B) 2.27 \AA (C) 5.84 \AA

7. 单缝夫琅和费衍射实验装置如图所示, L 为透镜, EF 为屏幕; 当把单缝 S 稍微上移时, 衍射的图样将

[]

- (A) 向上平移 (B) 向下平移
(C) 不动



8. 玻璃的折射率为 $n=1.5$, 光从空气射向玻璃时的布儒斯特角为 []

- (A) 56.3° (B) 33.7°
(C) 90°

二, 计算题。

1. 试简要回答杨氏干涉与薄膜干涉的原理, 并比较杨氏干涉条纹与牛顿环的异同。

2. 一平面透射光栅, 当用白光垂直照射时, 能够在 30° 角衍射方向上观察到 600 nm 的第二级干涉主极大条纹, 并能在该处分辨 $\Delta\lambda=0.005 \text{ nm}$ 的两条光谱线, 但在此方向上测不到 400 nm 的第二级主极大条纹, 求:

- (1) 光栅常数 d 和总缝数 N ;
- (2) 光栅的缝宽 a 和缝间距 b ;
- (3) 光栅的总宽度;
- (4) 对 400 nm 的单色光能看到哪些谱级。

3. 两个偏振方向正交放置的偏振片, 以光强为 I_0 的自然单色光照射, 若在其中插入另一块偏振片, 求:

- (1) 若透过的光强为 $I_0/8$, 插入的偏振片方位角;
- (2) 若透过的光强为 0, 插入的偏振片方位角;
- (3) 能否找到合适的方位, 使透过的光强为 $I_0/2$;
- (4) 若在其中插入一块 $1/4$ 波片, 其光轴与第一块偏振片的偏振方向成 30° 角, 出射光的强度为多少。

4. 一光栅的总缝数为 $2N$, 光栅常数为 d , 由于刻制过程的差错, 第 N 条缝与第 $N+1$ 条缝的间距不是 d , 而是一任意值 D , 试讨论此光栅与完美的光栅相比:

- (1) 干涉主极大情况下强度有何变化;
- (2) 干涉极大位置将会发生怎样的变化?
- (3) 是否存在缺级和哪些级次为缺级;
- (4) 干涉主极大情况下有缺陷的光栅与完美光栅角分辨能力及色分辨本领如何变化?

2006 级物理系光学期终考试答案(A 卷)

一, (5*8)

1, C 2, B 3, **B** 4, C 5, C 6, B 7, C 8, A

二 (4*15)

1, 都是光的干涉, 有固定位相差, 简述实验装置, 条纹差别主要是杨氏干涉条纹等间距, 牛顿环内疏外密。

2. (前三问每小问三分, 最后一问四分) 解:

光栅方程: $d \sin \theta = k\lambda$, 光栅的分辨本领 $R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN$

(1) 由已知条件在 30° 衍射角可看到 $\lambda_1 = 600 \text{ nm}$ 波长的第二级主极大, 且能在该处分辨 $\Delta\lambda = 0.005 \text{ nm}$ 的光线

$$d \sin 30^\circ = 2\lambda_1 \quad \frac{\lambda_1}{\Delta\lambda} = 2N$$

代入数值可得

$$d = 2.4 \times 10^{-6} \text{ (m)}$$
$$N = 60000$$

(2) 由已知条件在 30° 衍射角看不到 $\lambda_2 = 400 \text{ nm}$ 波长光的第三级主极大, 说明第三级缺级, 则

$$d = 3a \quad a = \frac{d}{3} = 0.8 \times 10^{-6} \text{ (m)}$$
$$b = d - a = 1.6 \times 10^{-6} \text{ (m)}$$

(3) 光栅的总宽度 $L = dN = 14.4 \text{ (cm)}$

(4) 对垂直入射的波长为 $\lambda_2 = 400 \text{ nm}$ 的单色光最多能看到的级次所对应的衍射角

$$q = p/2$$

则

$$d \sin \frac{\pi}{2} = k_{\max} \lambda_2 \quad k_{\max} = \frac{d}{\lambda_2} = 6$$

由于 $d = 3a$ 则谱线中第 3 级和第 6 级缺级, 所以只能看到第 0, 1, 2, 4, 5 级, 共五级谱线

3, (前三问每小问三分, 最后一问四分) 解:

(1) 设插入的偏振片与第一块偏振片偏振方向的夹角为 θ , 则与第二块的夹角为 $90^\circ - \theta$

自然光透过第一块偏振片后的光强为 $\frac{1}{2} I_0$

根据马吕斯定律透过插入偏振片后的光强为 $\frac{1}{2} I_0 \cos^2 \theta$

则从第二块偏振片出射的光强为 $I = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \theta \cos^2 (90^\circ - \theta) = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \theta \sin^2 \theta$

整理得 $I = \frac{1}{8} I_0 \sin^2 2\theta$

若 $I = \frac{1}{8} I_0$ 则 $\theta = 45^\circ$, 即插入的偏振片与两个偏振片均成 45° 角

(2) 令 $I=0$, 得 $\sin^2 2\theta = 0$ 即 $\theta = 0$ 或 $\frac{\pi}{2}$ 插入的偏振片偏振方向与其中的一块平行

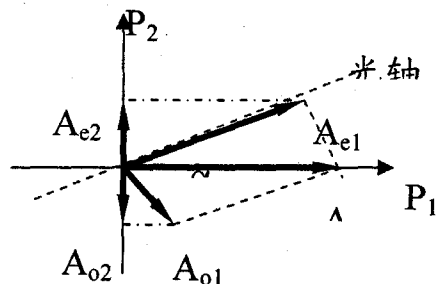
(3) 令 $I=I_0/2$, 得 $\sin^2 2\theta = 4$ 说明出射光强不可能为 $I_0/2$

(4) 通过第一片偏振片 P_1 的光振幅为 A_1 , 则射入 $1/4$ 波片的寻常光和非常光振幅分别为

$$A_{o1} = A_1 \sin \alpha = \frac{1}{2} A_1 \quad A_{e1} = A_1 \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} A_1$$

在第二片偏振片通光轴上的分量为 u

$$A_{o2} = A_{o1} \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{4} A_1 \quad A_{e2} = A_{e1} \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{4} A_1$$



通过 $1/4$ 波片后, o 光和 e 光有 $\pi/2$ 的相位差, 另外通过第二片偏振片 P_2 后, 产生附加相位差 α 则出射的 o 光和 e 光总的相位差为 $\frac{\pi}{2} + \alpha$

通过第二片偏振片通光轴上的 o 光和 e 光相干, 合成光强为

$$A_2^2 = A_{o2}^2 + A_{e2}^2 + 2A_{o2}A_{e2} \cos\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right)$$

整理得 $A_2^2 = \frac{3}{8} A_1^2$

由马吕斯定律可知 $A_1^2 = \frac{1}{2} I_0$

则出射光强为 $I = A_2^2 = \frac{3}{16} I_0$

4. (前三问每小问三分, 最后一问四分)

解 对无缺陷的光栅, 若缝数为 $2N$, 缝宽为 a , 光栅常数为 d , 则其强度分布为

$$I = I_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \left(\frac{\sin 2N\gamma}{\sin \gamma} \right)^2, \text{ 其中 } \beta = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta, \gamma = \frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta,$$

对于有缺陷的光栅, 可以看作两块缝数为 N 的光栅放在一起, 间距为 D , 将两光栅组合后, 现在屏幕上某点接收到的总振动, 是来自 $2N$ 个单缝的次波叠加的结果. 具体计算前, 可先作分析. 因 N 条缝的光栅完全相同, 可以将它们看作两个相同的衍射单元. 先将每块

光栅 N 缝发出的次波相叠加, 共得两个振动(它们各自代表一个衍射单元), 然后再把这两个振动叠加起来得到总振动. 第二步相当于求双光束干涉极大的条件, 这只要求出这两个振动方向的相位差, 它又等于两个单元中对应点发出的衍射线间的相位差. 可以求得光程差和相位差分别为

$$\Delta = [(N-1)d + l] \sin(\theta),$$

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} [(N-1)d + l] \sin(\theta) \cdots \cdots (1)$$

每个缝数为 N 的光栅的振幅分布为 $A_i = A_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right) \left(\frac{\sin N\gamma}{\sin \gamma} \right)$

相干叠加后, 合振幅的平方即总光强为

$$I = A^2 = 2A_i^2 (1 + \cos \delta) = 4I_0 \left(\cos \frac{\delta}{2} \right) \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \left(\frac{\sin N\gamma}{\sin \gamma} \right)^2;$$

有缺陷情况下与完美情况强度只相差一个双光束干涉因子 $\left(\cos^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) \right)^2$, 因干涉主极大满足 $d \sin(\theta) = k\lambda, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots; \cdots \cdots (2)$

所以若 D 是 d 的整数倍, 则 $\left(\cos^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) \right)^2 = 1$, 有缺陷光栅的主极大强度不受影响, 否则将受干涉因子调制。

(2), 由光栅方程 (2) 可知, 干涉主极大位置不受上述缺陷而受影响。

(3) 因两种光栅的干涉主极大位置和单缝衍射因子相同, 故他们具有相同的缺级情况, 但

有缺陷光栅的主极大还要受到 $\left(\cos \frac{\delta}{2} \right)^2$ 的调制, 可能会产生额外的缺级,

(4), 角色散率

$$D = \frac{k}{d \sin \theta} \text{ 不变;}$$

色分辨能力

有缺陷光栅的干涉主极大的半角宽为

$$\Delta \theta' = \frac{\lambda}{Nd \cos \theta}, \text{ 是完美光栅的两倍}$$

半角宽的增加导致色分辨本领降低一半。