安徽大学 2020-2021 学年第二学期光学期末考试试卷 (A 卷)

出卷人: 杨群

1. **简答题** (4小题×5分=20分)

1.1. 简述 Huygens-Fresnel 原理

解: 波前 Σ 上的每个面元 $d\Sigma$ 都可以被看作新的发出次波的振动中心. 空间某点 P 的振动是所有这些次波的相干叠加.

1.2. 简要说明双折射现象及形成原因

解: 双折射是光束入射到各向异性晶体中, 被分解为两束光而沿不同方向折射的现象. 形成原因是两束折射光在晶体内的传播速度不同.

1.3. 简述 Malus 定律

解: 强度为 I_0 的线偏振光通过检偏器后, 出射光的强度为 $I = I_0\cos^2\theta$, 其中 θ 是检偏器与偏振方向的夹角.

1.4. 如何区分圆偏振光和自然光

解: 在入射光前依次放置 $\dfrac{\lambda}{4}$ 波晶片和偏振片, 旋转偏振片一周. 若出射光有消光位置, 则该入射光为圆偏振光, 否则为自然光.

问: 如何区分入射光的五种偏振态?

解: 将偏振片放入光路并慢慢旋转一周. (1) 若出射光强变化且有消光位置, 则入射光是线偏振光.

(2) 若出射光强不变, 则入射光为自然光或圆偏振光. • 在入射光前依次放置 $\dfrac{\lambda}{4}$ 波晶片和偏振片, 旋转偏振片一周.

• 若出射光有消光位置, 则该入射光为圆偏振光, 否则为自然光.

(3) 若出射光强变化但无消光位置, 则入射光为部分偏振光或椭圆偏振光.

• 将偏振片旋至光强最强位置, 在偏振片后放置 $\dfrac{\lambda}{4}$ 波晶片, 将光轴旋至与偏振片透振方向平行.

• 将偏振片由前面移至后面, 旋转偏振片一周. • 若出射光有消光位置, 则入射光为椭圆偏振光, 否则为部分偏振光.

2. 一玻璃半球曲率半径为 R, 折射率 $n = 1.5$, 半球平面边镀银. 一物高 h, 置于曲面顶点前 $2R$ 处. 求此光具组所成的最后的像在何处. (10 分)

解: 在折射情况下有 $\dfrac{n'}{s'} + \dfrac{n}{s} = \dfrac{n'-n}{r}$, 横向放大率 $V = -\dfrac{ns'}{n's}$. 在反射情况下 $\dfrac{1}{s'} + \dfrac{1}{s} = -\dfrac{2}{r}$, 横向放大率 $V = -\dfrac{s'}{s}$.
其中 s', s, r 分别为像距, 物距和球面曲率半径,n', n 分别为像方和物方折射率.
第一次 (折射): 代入 $n' = 1.5, n = 1, s = 2R, r = R$, 得 $s' = \infty$, 即成无穷远处的正立实像;
第二次 (反射): 显然反射为反方向 (从玻璃向空气) 的平行正立实像;
第三次 (折射): 代入 $n = 1.5, n' = 1, s = \infty, r = -R$, 有 $s' = 2R$, 即映回原处的倒立等大实像.

3. 设平凸透镜和平板玻璃良好接触, 两者间空气间隙形成 Newton 环. 用波长 $\lambda = 589\text{nm}$ 的光照射, 测得从中心算起的第 k 个暗纹直径 $r_k = 0.70\text{mm}$, 第 $k+10$ 个 $r_{k+10} = 1.70\text{mm}$. 求:(1) 平凸透镜凸面的曲率半径 R;
(2) 若形成 Newton 环的空气间隙中充满折射率 $n = 1.33$ 的水, 则上述两暗纹直径各变为多大? (10 分)

解: $(1) R = \dfrac{r_{k+10}^2 - r_k^2}{10\lambda} = 407.47\text{mm}$; $(2) r_k' = \dfrac{r_k}{\sqrt{n}} = 1.47\text{mm}, r_{k+10}' = \dfrac{r_{k+10}}{\sqrt{n}} = 0.61\text{mm}$

4. 在 Fresnel 圆孔衍射实验中, 光源距圆孔 $R = 1.5\text{m}$, 波长 $\lambda = 630\text{nm}$, 接受屏距圆孔 $b = 6.0\text{m}$, 圆孔半径 ρ 从 0.5mm 开始扩大. 求最先两次出现亮斑和暗斑时圆孔的半径 ρ_{l1}, ρ_{l2} 和 ρ_{d1}, ρ_{d2}. (15 分)

解: $\rho_k = \sqrt{\dfrac{Rb}{R+b}k\lambda}$, k 为奇数时为亮斑, 为偶数时为暗斑. $\rho_1 = 0.870\text{mm} > \rho$, 因此 $\rho_{l1} = \rho_1 = 0.870\text{mm}$,
$\rho_{l2} = \rho_3 = 1.506\text{mm}, \rho_{d1} = \rho_2 = 1.230\text{mm}, \rho_{d2} = \rho_4 = 1.740\text{mm}$.

5. 单缝 Fraunhofer 衍射实验中, 垂直入射有波长$\lambda_1 = 400\text{nm}$和$\lambda_2 = 760\text{nm}$. 已知单缝宽$a = 1.0 \times 10^{-2}\text{cm}$, 透镜焦距 $f = 50\text{cm}$.(1) 求两种光的一级衍射明纹中心间距;(2) 若用光栅常数 $d = 1.0 \times 10^{-3}\text{cm}$ 的光栅替换单缝, 其他条件同上, 求两种光的一级主极大间距. (15 分)

解: (1) 一级衍射班的位置对应 $\alpha = \tan\alpha$ 的第一个根, 其中 $\alpha = \dfrac{\pi a}{\lambda}\sin\theta$, 解得 $\alpha = 1.43\pi, \theta = \arcsin(1.43\dfrac{\lambda}{a})$.
分别代入 $a = 1.0 \times 10^{-2}\text{cm}, \lambda_1 = 400\text{nm}, \lambda_2 = 760\text{nm}$, 即有 $\theta_1 = 0.0057, \theta_2 = 0.0109, l_1 = f\theta_1 = 2.86\text{mm}, l_2 = f\theta_2 = 5.43\text{mm}, \Delta l = 2.57\text{mm}$.
(2) 一级主极大的位置对应 $\beta = \pi$, 其中 $\beta = \dfrac{\pi d}{\lambda}\sin\theta$, 即对应 $\theta = \arcsin\dfrac{\lambda}{d}$.
分别代入 $d = 1.0 \times 10^{-3}\text{cm}, \lambda_1 = 400\text{nm}, \lambda_2 = 760\text{nm}$, 即有 $\theta_1 = 0.0400, \theta_2 = 0.0760, l_1 = f\theta_1 = 20.00\text{mm}, l_2 = f\theta_2 = 38.04\text{mm}, \Delta l = 18.03\text{mm}$.

6. 通过一理想偏振光片观察部分线偏振光 (由自然光和线偏振光混合而成) 的强度, 当从最大光强方位转过 30° 时, 光强变成 7/8. 求:(1) 此部分偏振光种线偏振光和自然光强之比;(2) 入射光的偏振度;(3) 旋转偏振片时最小透射光强和最大透射光强之比;(4) 当偏振光从最大光强方位转过 60° 时的透射光强和最大光强之比. (15 分)

解: (1) 由 Malus 定律, 设自然光强和线偏振光强分别为 I_1, I_2, 则有 $\dfrac{I_1}{2} + I_2\cos^2\dfrac{\pi}{6} = \dfrac{7}{8}(\dfrac{I_1}{2} + I_2)$, 解得 $\dfrac{I_1}{I_2} = 2$.
(2)$P = \dfrac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = \dfrac{1}{3}$. (3)$\dfrac{I_{\min}}{\max} = \dfrac{I_1/2}{I_1/2 + I_2} = \dfrac{1}{2}$. (4)$\dfrac{I_1/2 + I_2\cos^2\frac{\pi}{3}}{I_1/2 + I_2} = \dfrac{5}{8}$.

7. 在两块主截面夹角为 $\dfrac{\pi}{3}$ 的 Nicol 棱镜中插入一块主截面平分上述夹角的 $\dfrac{\lambda}{4}$ 波片, 光强为 I_0 的自然光入射之. 求 (1) 通过 $\dfrac{\lambda}{4}$ 波片后光的偏振态;(2) 通过第二个 Nicol 波片的光强. (15 分)

解: (1) 沿第一个 Nicol 棱镜透振方向振动的线偏振光.
(2)$I_2 = A_{e2}^2 + A_{o2}^2 + 2A_{e2}A_{o2}\cos\delta$. 代入$A_{e2} = A_1\cos\alpha\cos\beta, A_{o2} = A_1\sin\alpha\sin\beta, \delta = \pm\dfrac{\pi}{2}, A_1^2 = \dfrac{I_0}{2}$, 得 $I_2 = \dfrac{5}{8}A_1^2 = \dfrac{5}{16}I_0$.