

# 中国科学院安徽光学精密机械研究所

二〇〇三年硕士研究生入学《光学》试卷

(答案写在答题纸上)

## 一、完成下列各题: (共 40 分, 每题 8 分)

- 1、某样品气体的吸收系数  $\alpha = 0.1\text{cm}^{-1}$ , 一束强度为  $I_0$  的光通过该气体 40cm 长度后, 光强度变为多少?
- 2、写出爱因斯坦对光电效应解释的表示式, 说出各量的名称和单位。
- 3、一个两能级 ( $E_0$  和  $E_1$ ,  $E_1 > E_0$ ) 的原子系统中,  $E_1$  能级的寿命为  $\tau = 1 \times 10^{-6}\text{s}$ , 若始终维持  $E_1$  能级上有  $2 \times 10^{16}$  个粒子数, 则  $E_1$  向  $E_0$  能级在 1 秒钟内自发辐射多少个粒子数?
- 4、苯的喇曼散射中的一条谱线与入射光的波数差为  $992\text{cm}^{-1}$ , 今以氩离子激光 ( $\lambda = 4480\text{\AA}$ ) 入射, 计算其斯托克斯和反斯托克斯谱线的波长 (单位为  $\text{\AA}$ )。
- 5、单色 (波长  $\lambda$ ) 扩展面光源放在一个正透镜 A 的前焦面上, 其后放一个法布里-珀罗干涉仪 (FP), FP 后放焦距  $f'_B = 10\text{cm}$  的正透镜 B, 在其后焦面上观测环状干涉条纹。①、干涉条纹中某一点的光强度是来源于面光源上一个点还是来源于整个面光源的贡献? ②、若 FP 的间距由小逐渐变大时, 干涉场中央是吞没原有条纹还是涌出新条纹? ③、若  $f'_B$ ,  $\lambda$ ,  $\alpha$  为已知值, 写出第 K 级环状亮条纹的半径  $r_k$  的表达式。

二、在杨氏双缝干涉实验中, 双缝屏 A 上透光缝  $S_1$  和  $S_2$  相互平行, 它们宽度很窄, 间距为  $d = 0.1\text{mm}$ , 屏 A 左侧  $l = 40\text{cm}$  处放线状光源  $S_0$ ,  $S_0$  与  $S_1$ 、 $S_2$  平行, 且位于它们的中垂线上。线光源  $S_0$  的中心波长  $\lambda_0 = 6500\text{\AA}$ , 光谱宽度  $\Delta\lambda = 50\text{\AA}$ , 屏 A 右侧  $D = 80\text{cm}$  处置观测白屏 B。解题中可假定  $S_0$  的各谱线发光强度都为  $A_0$ 。①、干涉条纹间距  $\Delta X$  为多大? ②、推导出干涉条纹强度分布的表示式。③、屏 B 上第 11 个暗条纹与零级亮条纹光强度比值  $M$  为多大? ④、屏 B 上离中心多远处条纹第一次模糊消失? (共 40 分, 每题 10 分)



三、在光栅光谱仪中，所用光栅有 2000 条透光缝，每缝宽  $a = 0.5 \mu\text{m}$ ，光栅周期  $d = 3 \mu\text{m}$ ，所用准直透镜和会聚透镜的焦距  $f' = 50\text{cm}$ ，口径都足够大。已知缝光源中有两条谱线  $\lambda_1 = 6000\text{\AA}$  和  $\lambda_2 = 6010\text{\AA}$ 。①、画出光栅光谱仪的实验装置图（或者光路图）。②、当光源缝很窄时，该光谱仪能否分辨开这两条谱线？③、在每缝的零级衍射包络中，可观察到几个干涉级别  $\lambda_1$  的光谱线？④、当光源缝宽  $S = 0.2\text{mm}$  时，该光谱仪在 1 级光谱中能否分辨开这两条谱线？（共 36 分，各题 9 分）

四、在平行放置的两偏振片  $N_1$  和  $N_2$ （即它们允许透过光振动方向相平行）间放一块  $\lambda/4$  波片，一束波长  $\lambda = 0.6 \mu\text{m}$  的平面波垂直通过该系统。①、 $\lambda/4$  波片由石英晶体制成，其光轴平行于  $\lambda/4$  波片表面， $n_o = 1.557$ ， $n_e = 1.567$ ，则波片厚度  $d$  最小为多少？②、在  $\lambda/4$  波片后观察，当波片的快轴分别与  $N_1$  透振方向呈平行和夹  $45^\circ$  时，它们的光强度各为多大？（取  $N_1$  后的光振幅为  $A_0$ ）③、在  $N_2$  后观察，当  $\lambda/4$  波片的慢轴分别与  $N_1$  透振方向呈平行和  $45^\circ$  角时，它们的光强度各为多大？（共 27 分，各题 9 分）

五、一无限远物体对人眼张角  $\Delta\theta_0 = 0.5^\circ$ ，该物体的光束通过一台开普勒望远镜，光束从目镜射入，由物镜射出，物镜、目镜焦距分别为  $f_o = 40\text{cm}$ ， $f_e = 5\text{cm}$ ，两透镜口径足够大。由望远镜射出的光束的张角  $\Delta\theta$  为多大？（7 分）

（完）

# 光学试题 答案及评分 (评分可由阅卷人适度调整)

一. 1.  $I = I_0 e^{-\alpha l} = I_0 e^{-0.1 \times 40} = I_0 e^{-4}$   
 电子质量  $m_e$  光子初速,  $m/s$

2.  $W = \frac{1}{2} m v_0^2 + A = e V_0 + A$   
 逸出功, J. 电子电荷  $e$  遏止电位, V (伏特)

3.  $\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0} \pm \omega_j$ ,  $\lambda = 4654.7 \text{ \AA}$  反斯托克斯线  
 $\lambda = 5128.3 \text{ \AA}$  ... ..

4. 3.  $N = 2 \times 10^{16} / 1 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{22} \text{ g}$

1) 来自于一点, 12) 滴出新条级  
 5.  $\frac{2\pi}{\lambda} d \cos \theta_k = 2\pi k$ ,  $\cos \theta_k = \frac{k\lambda}{2d}$

$\theta_k = \cos^{-1} \frac{k\lambda}{2d}$   
 $t_k = f_B \tan \theta_k = f_B \tan \left( \cos^{-1} \frac{k\lambda}{2d} \right) = f_B \frac{\sqrt{1 - \left( \frac{k\lambda}{2d} \right)^2}}{\frac{k\lambda}{2d}}$

二. 1.  $\Delta x = \frac{\lambda D}{d} = \frac{0.65 \times 10^{-3} \times 800}{0.1} = 5.2 \text{ mm}$

2.  $dI = A_0^2 \left( 1 + \cos \frac{2\pi x d}{\lambda D} \right) d\lambda = A_0^2 \left( 1 + \cos \frac{k\lambda d}{D} \right) dk$

$I = \int_{k_0 - \frac{\Delta k}{2}}^{k_0 + \frac{\Delta k}{2}} A_0^2 \left( 1 + \cos \frac{k\lambda d}{D} \right) dk = A_0^2 \left[ k + \frac{\sin \frac{k\lambda d}{D}}{\frac{\lambda d}{D}} \cos \frac{2\pi x d}{\lambda_0 D} \right]$

$\Delta k = \Delta \left( \frac{2\pi}{\lambda} \right) = -\frac{2\pi \Delta \lambda}{\lambda_0^2}$

$I = A_0^2 \frac{2\pi \Delta \lambda}{\lambda_0^2} \left[ 1 + \frac{\sin \frac{\pi x d \Delta \lambda}{\lambda_0^2 D}}{\frac{\pi x d \Delta \lambda}{\lambda_0^2 D}} \cos \frac{2\pi x d}{\lambda_0 D} \right]$



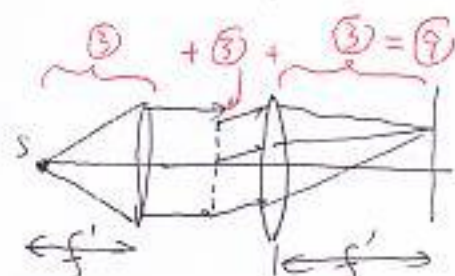
(3) 零级:  $\chi=0$ ,  $I_0 = 2A_0^2 \frac{\Delta\lambda 2\pi}{\lambda_0^2}$  ①

第11级时:  $\frac{2\pi \alpha d}{\lambda_0} = 21\pi$ ,  $\chi = \frac{21}{2} \frac{\lambda_0 D}{d}$  ③

$I_{21\pi} = A_0^2 \frac{\Delta\lambda 2\pi}{\lambda_0^2} \left[ 1 - \frac{\sin 10.5\pi}{10.5\pi} \right]$  ③

$\frac{I_{21\pi}}{I_0} = \left( 1 - \frac{\sin 10.5\pi}{10.5\pi} \right) / 2 \approx 0.021$  ⑤ = ⑩

(4)  $\frac{\pi d \chi \Delta\lambda}{D \lambda_0^2} = \pi$ ,  $\chi = \frac{D \lambda_0^2}{d \Delta\lambda} = \frac{800 \times (0.65 \times 10^{-3})^2}{0.1 \times 50 \times 10^{-7}} = 675 \text{ mm}$  ⑤ + ② = ⑦



三. (1)

(2)  $\delta = \frac{\lambda_0}{N} = \frac{6005 \text{ \AA}}{2000} = 3.0025 \text{ \AA} < 10 \text{ \AA}$ , 可分开. ⑤ + ② = ⑦

(3)  $\sin \theta = \frac{k\lambda}{d} = \frac{\lambda}{a}$ ,  $k = \frac{d}{a} = \frac{3}{0.5} = 6$  ④ + ② = ⑥

$k = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$  ⑥

⑤  $\lambda_2$  线重叠  
⑥ 重叠

⑥ 重叠处 = 0 会去

共 5 级  $\lambda_1$  线 ⑤ + ④ = ⑨

(4) 缝线重叠半角  $\Delta\theta_1 = \frac{\lambda}{a} = \frac{0.6}{2000 \times 3} \approx 1 \times 10^{-4} \text{ rad}$  ③

两线分开角  $\Delta\theta_2 = \frac{a\lambda}{c a b \cdot d} = \frac{10 \times 10^{-4}}{2 \times 0.9778} \approx 3.4 \times 10^{-4} \text{ rad}$  ③

允许光缝宽  $S_{\max} = [\Delta\theta_2 - \Delta\theta_1] f' = 0.121 \text{ mm} < 0.2 \text{ mm}$  ③

不可分开.

③ = ⑨

$$\text{W.11). } (n_e - n_o)d = \frac{\lambda}{4}, \quad d = \frac{\lambda}{4(n_e - n_o)} = \frac{0.6}{4(1.567 - 1.557)} = 15 \mu\text{m.}$$

$$12) \quad I_{||} = A_0^2 \quad I_{45} = \left(\frac{\sqrt{2}}{2} A_0\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{2} A_0\right)^2 = A_0^2$$

$$③ \quad I_{||} = A_0^2 \quad I_{45}^o = \left(\frac{\sqrt{2}}{2} A_0\right)^2 = \frac{1}{2} A_0^2$$

$$\text{3. } M = f_o' / f_e' = 40/5 = 8 \times$$

$$\Delta\theta = \Delta\theta_o / M = 0.5^\circ / 8 = 0.0625^\circ$$