

## 练习 9 光的衍射

一、选择题：将符合题意的答案前的字母填入下表中相应题号的空格内，并在题后空白处写出解题过程。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
答案	B	A	C	C	B	A	C	C	C	B	D	B	B	B	D

1. 在单缝夫琅禾费衍射实验中，当入射光波长变大时（其他条件不变），中央明纹的宽度将 (B)

(A) 变小

(B) 变大

(C) 不变

(D) 无法确定

$$a \sin \theta = k \lambda \quad k=1 \quad a \sin \theta = \lambda \quad \sin \theta = \frac{\lambda}{a}$$

$$\text{中央明纹宽度} \quad \Delta x = 2f \tan \theta \approx 2f \frac{\lambda}{a}$$

2. 在单缝夫琅禾费衍射实验中，如增大狭缝宽度（其他条件不变），中央明纹的宽度将 (A)

(A) 变小

(B) 变大

(C) 不变

(D) 无法确定

$$\Delta x = 2f \frac{\lambda}{a} \quad a \uparrow \quad \Delta x \downarrow$$

3. 波长为  $\lambda$  的单色平行光垂直入射到单缝上，若第一暗纹的位置对应的衍射角为  $30^\circ$ ，则狭缝宽度等于 (C)

(A)  $\lambda$

(B)  $1.5\lambda$

(C)  $2\lambda$

(D)  $3\lambda$

$$a \sin \theta = k \lambda \quad \theta = 30^\circ \quad k=1$$

$$a = 2\lambda$$

4. 在单缝夫琅禾费衍射实验中，单色平行光垂直入射到单缝上，屏上第二级暗纹对应单缝处的波阵面可分为半波带的个数为 (C)

(A) 2 个

(B) 3 个

(C) 4 个

(D) 5 个

$$a \sin \theta = k \lambda = 2\lambda = 4 \frac{\lambda}{2}$$



5. 波长为  $\lambda$  的单色平行光垂直入射到狭缝宽度为  $4\lambda$  的单缝上, 对应于衍射角为  $30^\circ$  的方向上, 出现第几级暗纹? (B)

- (A) 第一级  
(B) 第二级  
(C) 第三级  
(D) 第四级

$$a \sin \theta = k\lambda$$

$$k = \frac{4\lambda \cdot \frac{1}{2}}{\lambda} = 2$$

6. 在夫琅禾费单缝衍射实验中, 若将单缝沿平行于透镜光轴方向向透镜稍作平移, 屏幕上条纹间距将 (A)

- (A) 不动  
(B) 变小  
(C) 变大  
(D) 无法确定

7. 用波长  $400\text{nm} \sim 760\text{nm}$  的白光垂直照射光栅, 在它的衍射光谱中, 第二级和第三级发生重叠. 第二级光谱被重叠部分的波长范围是 (C)

- (A)  $506.6 \sim 760\text{nm}$   
(B)  $400 \sim 506.6\text{nm}$   
(C)  $600 \sim 760\text{nm}$   
(D)  $506.6 \sim 600\text{nm}$

由光栅方程  $d \sin \theta_1 = 2\lambda_1$ ,  $d \sin \theta_2 = 3\lambda_2$   
光谱重叠即  $\theta_1 = \theta_2$ ,  $\sin \theta_1 = \sin \theta_2$  则  $2\lambda_1 = 3\lambda_2$   
 $\lambda_1 = \frac{3}{2}\lambda_2$   $\lambda_1$  最大  $760\text{nm}$  最小  $400 \times \frac{3}{2} = 600\text{nm}$

8. 波长为  $600\text{nm}$  的单色光垂直入射到光栅常数为  $2.5 \times 10^{-3}\text{mm}$  的光栅上, 光栅缝宽度与不透明部分宽度相等, 能观察到的光谱线的最高级数为 (C)

- (A) 第一级  
(B) 第二级  
(C) 第三级  
(D) 第四级

$$d = a + b = 2.5 \times 10^{-3}\text{mm}$$

$$a + b = 2a$$

$$(a+b) \sin \theta = k\lambda \quad \theta = 90^\circ \text{ 时 } k = \frac{a+b}{\lambda} = \frac{2.5 \times 10^{-3}}{600 \times 10^{-9}} = 4.17$$

第 = . 四级缺级 .

9. 一束平行单色光垂直入射到光栅上, 此光栅透光狭缝宽度与不透明刻痕宽度相等, 衍射光谱中共出现了 5 条明纹, 在中央明纹一侧的第二条明纹是第几级 (C)

- (A) 第一级  
(B) 第二级  
(C) 第三级  
(D) 第四级

$$a + b = 2a$$

第 = . 四级缺级

10. 一束平行单色光垂直入射到衍射光栅上, 若  $k=3, 6, 9, \dots$  等级次的主极大均不出现, 则光栅常数  $a+b$  ( $a$  代表每条透光狭缝的宽度,  $b$  代表不透明部分宽度) 等于 (B)

- (A)  $2a$   
(B)  $3a$   
(C)  $4a$   
(D)  $5a$

$$a + b = 3a$$



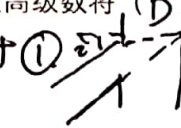

11. 一束白光垂直射到一光栅上, 在形成的同一级光栅光谱中, 衍射角最大的是 (D)

- (A) 紫光  
(B) 绿光  
(C) 黄光  
(D) 红光

$$a \sin \theta = k \lambda \quad \sin \theta = k \frac{\lambda}{a}$$

12. 设光栅平面和透镜均与屏幕平行。当平行单色光从垂直入射到光栅平面变为斜入射到光栅平面时, 观察到的光谱线的最高级数将 (B)

- (A) 变小  
(B) 变大  
(C) 不变  
(D) 改变无法确定

斜入射①  例如斜入射, 中央明纹上移, 最高级次对应  $\theta = -\frac{\pi}{2}$   
 $d(\sin \theta - \sin i) = k \lambda$   
 $k_{\max} = \frac{d(\sin \theta - \sin i)}{\lambda}$   
 ②  中央明纹下移, 最高级次对应  $\theta = \frac{\pi}{2}$   
 $d(\sin \theta + \sin i) = k \lambda$   
 $k_{\max} = \frac{d(\sin \theta + \sin i)}{\lambda}$

正入射时

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

$$k = \frac{d \sin \theta}{\lambda}$$

最高级次对应  $\theta = \frac{\pi}{2}$

$$k_{\max} = \frac{d}{\lambda}$$

13. 某一定波长的单色平行光垂直入射到光栅平面上, 屏幕上只能出现中央明纹和第一级明条纹, 欲使屏幕上出现更高级次的明条纹, 应该 (B)

- (A) 换一个光栅常数较小的光栅  
(B) 换一个光栅常数较大的光栅  
(C) 将光栅向靠近屏幕的方向移动  
(D) 将光栅向远离屏幕的方向移动

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

$$k_{\max} = \frac{d}{\lambda}$$

$$k_{\max} = \frac{d(\sin \theta + \sin i)}{\lambda}$$

$k_{\max} \uparrow \quad d \uparrow$

14. 在单缝夫琅禾费衍射实验中, 波长为  $\lambda$  的单色光垂直入射在宽度为  $a = 4 \lambda$  的单缝上, 对应于衍射角为  $30^\circ$  的方向, 单缝处波阵面可分成的半波带数目为

- (A) 2 个  
(B) 4 个  
(C) 6 个  
(D) 8 个

$$a \sin 30^\circ = 2 \lambda$$

[ B ]

15. 测量单色光的波长时, 下列方法中哪一种方法最为准确?

- (A) 双缝干涉  
(B) 牛顿环  
(C) 单缝衍射  
(D) 光栅衍射

[ D ]





## 二、填空题：将正确答案填入空格处，并在题后空白处写出计算过程。

1. 在单缝夫琅禾费衍射实验中，屏上第一级明纹对应单缝处的波阵面可分为 3 个半波带，屏上第一级暗纹对应单缝处的波阵面可分为 2 个半波带。

$$a \sin \theta = k\lambda = \lambda = 2 \cdot \frac{\lambda}{2}$$

2. 将单色平行光垂直入射到一平面光栅上，若减少入射光的波长，则明条纹的间距将 减小，若减少光栅常数，则明条纹的间距将 增大。（填减小、增大）

~~明纹间距~~  $\frac{\lambda}{N(a+b)}$  ~~中央明纹宽度~~  $\Delta x_0 = 2 \frac{f}{a} \lambda$  ~~其它明纹宽度~~  $\Delta x_k = \frac{f}{a} \lambda$

3. 将波长为 600nm 的单色平行光垂直入射到光栅常数为 2 微米的光栅上，可能观察到光谱线的最高级次为第 3 级。

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

$$k = \frac{(a+b) \sin \theta}{\lambda}$$

$$k_{\max} = \frac{a+b}{\lambda} = \frac{2 \times 10^{-6}}{600 \times 10^{-9}} = 3.33$$

4. 人眼睛瞳孔直径为 3mm，若以波长 550nm 计算，在明视距离 25cm 处，人眼能分辨的最近两个物点的距离为 0.056 mm。

最小分辨角  $\delta \theta = 1.22 \frac{\lambda}{D}$

$h = l_{\text{明视}} \cdot \tan \delta \theta \approx l_{\text{明视}} \delta \theta = 25 \times 10^{-2} \times 1.22 \times \frac{550 \times 10^{-9}}{3 \times 10^{-3}} = 0.056 \text{ mm}$

5. 波长  $\lambda = 500 \text{ nm}$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) 的单色光垂直照射到宽度  $a = 0.25 \text{ mm}$  的单缝上，

单缝后面放置一凸透镜，在凸透镜的焦平面上放置一屏幕，用以观测衍射条纹，今测得屏幕

上中央明条纹的宽度为  $d = 12 \text{ mm}$ ，则凸透镜的焦距  $f$  为 3m。

~~中央明纹宽度~~  $d = 2 \frac{f}{a} \lambda$   $f = \frac{da}{2\lambda} = \frac{12 \times 10^{-3} \times 0.25 \times 10^{-3}}{500 \times 10^{-9}} = 3 \text{ (m)}$

6. 在单缝夫琅禾费衍射实验中，设第一级暗纹的衍射角很小，若钠黄光 ( $\lambda_1 \approx 589 \text{ nm}$ )

中央明纹宽度为  $4.0 \text{ mm}$ ，则  $\lambda_2 \approx 442 \text{ nm}$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) 的蓝紫色光的中央明纹宽度为

3.0 mm

$$d_1 = 2 \frac{f}{a} \lambda_1$$

$$d_2 = 2 \frac{f}{a} \lambda_2$$

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$d_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} d_1$$

$$= \frac{442}{589} \times 4 \text{ mm} = 3 \text{ mm}$$



### 三、计算题：要规范答题，写出必要的文字说明，方程和

#### 演算步骤。

1. 在一单缝夫琅禾费衍射实验中，单缝宽度为 0.10mm，缝后透镜焦距为 50cm，垂直入射的平行单色光波长为 500nm，求：(1) 中央明纹的宽度；(2) 第一级明纹的宽度。

解：(1)  $\Delta x = 2f \frac{\lambda}{a} = 2 \times 50 \times 10^{-2} \times \frac{500 \times 10^{-9}}{0.1 \times 10^{-3}} = 5 \times 10^{-3} (m)$

(2) 解法1：第一级明纹的宽度等于 -1 级暗纹到 1 级暗纹中心的距离。

$$a \sin \theta_1 = \lambda \quad x_1 = f \tan \theta_1 \approx f \sin \theta_1 = f \frac{\lambda}{a}$$

$$a \sin \theta_2 = 2\lambda \quad x_2 = f \tan \theta_2 \approx f \sin \theta_2 = 2f \frac{\lambda}{a}$$

$$\Delta x = x_2 - x_1 = f \frac{\lambda}{a} = 50 \times 10^{-2} \times \frac{500 \times 10^{-9}}{0.1 \times 10^{-3}} = 2.5 \times 10^{-3} (m)$$

解法2：第一级明纹宽度是中央明纹宽度的一半， $\Delta x = 2.5 \times 10^{-3} (m)$

2. 单缝的宽度  $a$  为 0.40mm，缝后透镜的焦距  $f$  为 1.0m，屏在透镜的焦平面处，以波长为 589nm 的单色平行光垂直照射单缝，求：(1) 第一级暗纹距中心的距离；(2) 第二级明纹距中心的距离。

解：(1) 第一级暗纹中心距离  $x_{1暗} = f \tan \theta_1$  ( $\theta_1$  为 -1 级暗纹衍射角)

$$a \sin \theta_1 = \lambda \quad \sin \theta_1 = \frac{\lambda}{a}$$

$$x_{1暗} = f \tan \theta_1 \approx f \sin \theta_1 = f \frac{\lambda}{a} = 1 \times \frac{589.3 \times 10^{-9}}{0.4 \times 10^{-3}} = 1.47 \times 10^{-3} (m)$$

(2) 解法1：第二级明纹距中心距离  $x_{2明} = f \tan \theta_2$  ( $\theta_2$  为 2 级明纹衍射角)

$$a \sin \theta_2 = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad k=2$$

$$\sin \theta_2 = \frac{5}{2} \frac{\lambda}{a}$$

$$x_{2明} = f \tan \theta_2 \approx f \sin \theta_2 = \frac{5}{2} f \frac{\lambda}{a} = \frac{5}{2} \times 1.47 \times 10^{-3} = 3.68 \times 10^{-3} (m)$$

解法2：由条纹接点和第二级暗纹距中心距离是其它级次条纹宽度的 2.5 倍。

---  $\frac{3}{2}$  级明纹

--- 1 ---  
--- 2 ---  
--- 3

练习 9



3. 用波长为  $632.8\text{nm}$  的单色平行光垂直照射光栅，测得第一级明条纹对应的衍射角为  $38^\circ$ ，求 (1) 光栅的光栅常数。 (2) 能不能观察到第二级明条纹？为什么？

解：(1) 光栅方程  $d \sin \theta = k\lambda$  已知  $k=1$   $\sin \theta_1 = 38^\circ$

$$d = \frac{\lambda}{\sin \theta} = \frac{632.8 \times 10^{-9}}{\sin 38^\circ} = 1.028 \times 10^{-6} (\text{m})$$

(2)  $d \sin \theta = k\lambda$

能观察到的条纹级次为  $k = \frac{d \sin \theta}{\lambda}$   $\theta = \frac{\pi}{2}$  时 <sup>观察到</sup> 最高级次

$$k_{\max} = \frac{d}{\lambda} = \frac{1.028 \times 10^{-6}}{632.8 \times 10^{-9}} = 1.62$$

观察不到第二次明纹。

4. 在某个单缝衍射实验中，光源发出的光含有两种波长  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$ ，垂直入射于单缝上。假如  $\lambda_1$  的第一级衍射极小与  $\lambda_2$  的第二级衍射极小相重合，试问：(1) 这两种波长之间有何关系？(2) 在这两种波长的光所形成的衍射图样中，是否还有其它极小相重合？

解：(1)  $a \sin \theta_1 = \lambda_1$  重合，即  $\theta_1 = \theta_2$  即  $\sin \theta_1 = \sin \theta_2$

$$a \sin \theta_2 = 2\lambda_2$$

得  $\lambda_1 = 2\lambda_2$

(2)  $a \sin \theta_1 = k_1 \lambda_1 = 2k_1 \lambda_2$   $k_1 = 1, 2, \dots$

$$a \sin \theta_2 = k_2 \lambda_2$$

$$k_2 = 1, 2, \dots$$

若  $k_2 = 2k_1$  其它极小重合

即  $\lambda_1$  的任一  $k_1$  级，都有  $\lambda_2$  的  $2k_1$  级与之重合。



班级\_\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_\_ 学号\_\_\_\_\_

5. 在单缝的夫琅禾费衍射中, 缝宽  $a = 0.100 \text{ mm}$ , 平行光垂直如射在单缝上, 波长  $\lambda = 500 \text{ nm}$ , 会聚透镜的焦距  $f = 1.00 \text{ m}$ . 求中央亮纹旁的第一个亮纹的宽度  $\Delta x$ .

解: 中央亮纹旁第一个亮纹的宽度是 第一级暗纹中心到第二级暗纹中心的距离.

$$a \sin \theta_1 = \lambda \quad x_1 = f \tan \theta_1 \approx f \sin \theta_1 = f \frac{\lambda}{a}$$

$$a \sin \theta_2 = 2\lambda \quad x_2 = f \tan \theta_2 \approx f \sin \theta_2 = 2f \frac{\lambda}{a}$$

$$\begin{aligned} \Delta x &= x_2 - x_1 = f \frac{\lambda}{a} \\ &= 1 \times \frac{500 \times 10^{-9}}{0.1 \times 10^{-3}} = 5.00 \times 10^{-3} (\text{m}) \end{aligned}$$

