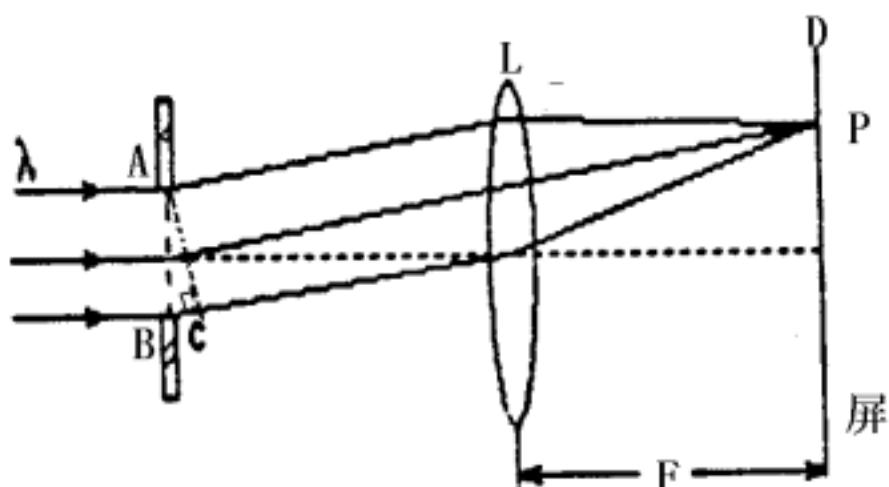


大学物理练习题 十一

一、 选择题

1. 一束波长为 λ 的平行单色光垂直入射到一单缝 **AB** 上,装置如图,在屏幕 **D** 上形成衍射图样,如果 **P** 是中央亮纹一侧第一个暗纹所在的位置,则 \overline{BC} 的长度



为 [**A**]

- (A) λ (B) $\lambda/2$
(C) $3\lambda/2$ (D) 2λ

解: **P** 是中央亮纹一侧第一个暗纹所在的位置, $\overline{BC} = a \sin \theta = k\lambda$ ($k=1$)

2. 单缝夫琅和费衍射实验中,波长为 λ 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° 的方向,单缝处波阵面可分成的半波带数目为

[**B**]

- (A) 2 个 (B) 4 个
(C) 6 个 (D) 8 个

解: $a \sin \theta = k\lambda$
 $a = 4\lambda$
 $\theta = 30^\circ$ 可得 $k=2$, 可分成的半波带数目为 4 个.

3. 根据惠更斯—菲涅耳原理,若已知光在某时刻的波阵面为 **S**,则 **S** 的前方某

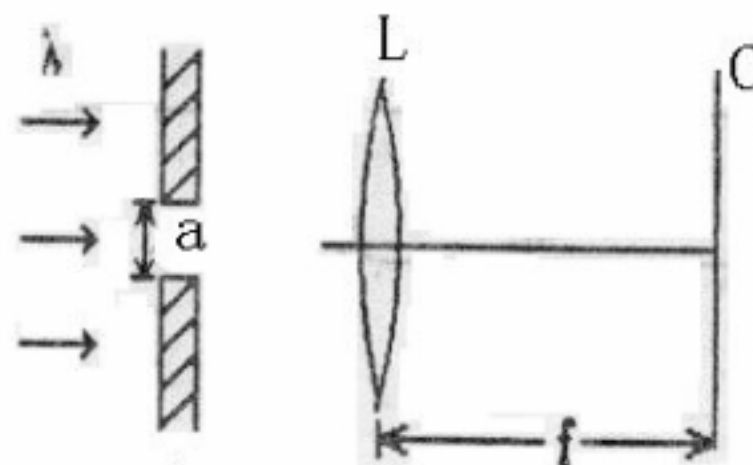
点 **P** 的光强度决定于波阵面 **S** 上所有面积元发出的子波各自传到 **P** 点的 [**D**]

- (A) 振动振幅之和。
(B) 光强之和。
(C) 振动振幅之和的平方。
(D) 振动的相干叠加。

解: 所有面积元发出的子波各自传到 **P** 点的振动的相干叠加。

4. 在如图所示的单缝夫琅和费衍射装置中，设中央明纹的衍射角范围很

小。若使单缝宽度 a 变为原来的 $\frac{3}{2}$ ，同时使入射的单色光的波长 λ 变为原来的 $\frac{3}{4}$ ，则屏幕 C 上单缝衍射条纹中央明纹的宽度 Δx 将变为原来的



[D]

- (A) $\frac{3}{4}$ 倍. (B) $\frac{2}{3}$ 倍.
(C) $\frac{9}{8}$ 倍. (D) $\frac{1}{2}$ 倍.
(E) 2 倍.

解: $\Delta x = 2f \frac{\lambda}{a}$

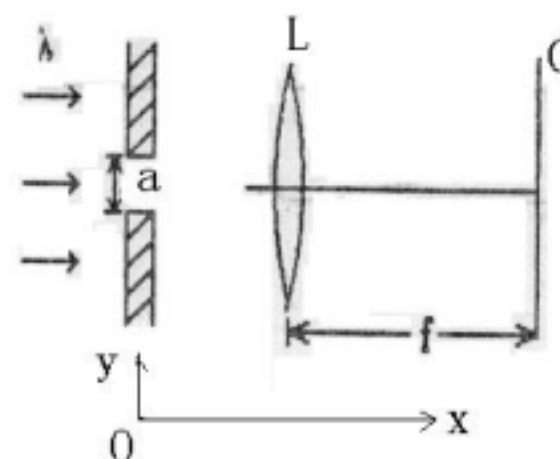
$$\Delta x' = 2f \frac{\frac{3\lambda}{4}}{\frac{3a}{2}} = \frac{\Delta x}{2}$$

5. 在如图所示的单缝夫琅和费衍射装置中，将单缝宽度 a 稍稍变宽，同时使单缝沿 y 轴正方向作微小位移，则屏幕 C 上的中央衍射条纹将

纹将

[C]

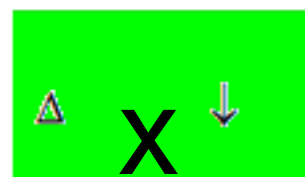
- (A) 变窄，同时向上移；
(B) 变窄，同时向下移；
(C) 变窄，不移动；
(D) 变宽，同时向上移；
(E) 变宽，不移动。



解:

$$\Delta x \propto \frac{1}{a}$$

a



6. 某元素的特征光谱中含有波长分别为 $\lambda_1=450\text{nm}$ 和 $\lambda_2=750\text{nm}$ ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$) 的光谱线。在光栅光谱中，这两种波长的谱线有重叠现象，重叠处 λ_2 的谱线的级数将是

的级数将是

[D]

- (A) 2,3,4,5.....
(B) 2,5,8,11.....
(C) 2,4,6,8.....
(D) 3,6, 9,12.....

解:

$$d \sin \theta = k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2$$

$$k_1 = 5, k_2 = 3$$

$$k_1 = 10, k_2 = 6 \quad \text{当} \quad k_2 = 3n \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

7. 设星光的有效波长为 5500 \AA ，用一台物镜直径为 1.20 m 的望远镜观察双星时，能分辨的双星的最小角间隔 $\delta\theta$ 是 **[D]**

(A) $3.2 \times 10^{-3} \text{ rad}$ (B) $5.4 \times 10^{-5} \text{ rad}$

(C) $1.8 \times 10^{-5} \text{ rad}$ (D) $5.6 \times 10^{-7} \text{ rad}$

解: $\delta\theta = 1.22 \frac{\lambda}{D} = 5.59 \times 10^{-7} \text{ rad}$

8. 孔径相同的微波望远镜和光学望远镜相比较，前者的分辨本领较小的原因是

(A) 星体发出的微波能量比可见光能量小。 **[D]**

(B) 微波更易被大气所吸收。

(C) 大气对微波的折射率较小。

(D) 微波波长比可见光波长长。

解: 分辨本领

$$\propto \frac{1}{\theta} \propto \frac{1}{\lambda}$$

9. X 射线射到晶体上，对于间隔为 d 的平行点阵平面，能产生衍射主极大的最大波长为 **[D]**

(A) $d/4$

(B) $d/2$

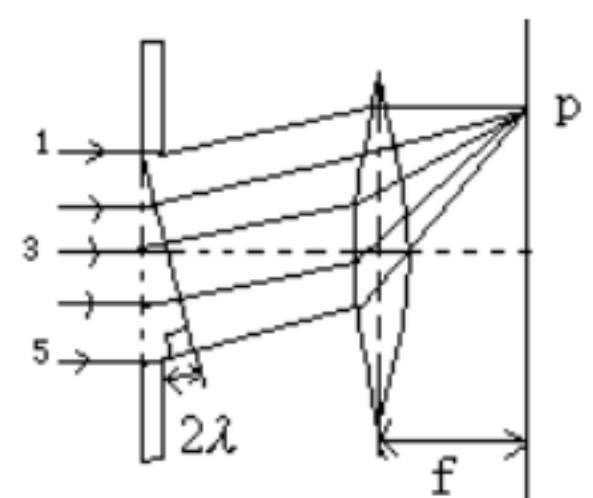
(C) d .

(D) $2d$.

解: $2d \sin \theta = k\lambda$ $\lambda_{\max} = \frac{2d \sin \theta}{1} = 2d$

二、填空题：

1. 在单缝夫琅和费衍射示意图中，所画出的各条正入射光线间距相等，那么光线 1 与 3 在屏幕上 P 点相遇时的位相差为 _____，P 点应为 _____ 点(填“亮”或“暗”)。



解: 2π ($\Delta = \lambda$); 暗

(可分成的半波带数目为 4 个.)

2. 若光栅的光栅常数 d 、缝宽 a 和入射光波长 λ 都保持不变, 而使其缝数 N 增加, 则光栅光谱的同级光谱线将变得 _____。

解: 更窄更亮。

3. 一束平行单色光垂直入射在光栅上, 若光栅的透明缝宽度 a 与不透明部分宽度 b 相等, 则可能看到的衍射光谱的级次为 _____。

解: $0, \pm 1, \pm 3, \pm 5, \dots$ (因为 $a = b$)

4. 一束单色光垂直入射在光栅上, 衍射光谱中共出现 5 条明纹。若已知此光栅缝宽度与不透明部分相等, 那么在中央明纹一侧的两条明纹分别是第 _____ 级和第 _____ 级谱线。

解: 一; 三

5. 汽车两盏前灯相距 l , 与观察者相距 $S = 10 \text{ km}$ 。夜间人眼瞳孔直径 $d = 5.0 \text{ mm}$ 。人眼敏感波长为 $\lambda = 550 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), 若只考虑人眼的圆孔衍射, 则人眼可分辨出汽车两前灯的最小间距 $l = \text{_____ m}$ 。

解: $\delta_{\theta} = 1.22 \frac{\lambda}{D} = 1.22 \times 550 \times 10^{-9} / 5 \times 10^{-3} = 1.34 \times 10^{-4} \text{ rad}$

最小间距 $l = S \delta_{\theta} = 10 \times 10^3 \times 1.34 \times 10^{-4} = 1.34 \text{ m}$

三、计算题:

1. (1) 在单缝夫琅和费衍射实验中, 垂直入射的光有两种波长, $\lambda_1 = 4000 \text{ \AA}$, $\lambda_2 = 7600 \text{ \AA}$ 。已知单缝宽度为 $a = 1.0 \times 10^{-2} \text{ cm}$, 透镜焦距 $f = 50 \text{ cm}$ 。求两种光第一级衍射明纹中心之间的距离。

(2) 若用光栅常数 $d = 1.0 \times 10^{-3} \text{ cm}$ 的光栅替换单缝, 其它条件和上一问相同, 求两种光第一级主极大之间的距离。

解: $a \sin \varphi_1 = \frac{1}{2} (2k + 1) \lambda_1 = \frac{3}{2} \lambda_1$

$$a \sin \varphi_2 = \frac{1}{2} (2k + 1) \lambda_2 = \frac{3}{2} \lambda_2$$

$$x_1 = f \tan \varphi_1 \approx f \sin \varphi_1 = \frac{3f\lambda_1}{2a}$$

$$x_2 = f \tan \varphi_2 \approx f \sin \varphi_2 = \frac{3f\lambda_2}{2a}$$

$$\Delta x = x_2 - x_1 = \frac{3f}{2a}(\lambda_2 - \lambda_1) = 0.27\text{cm}$$

$$(2) \quad d \sin \varphi_1 = k\lambda_1 = \lambda_1 \quad d \sin \varphi_2 = k\lambda_2 = \lambda_2$$

$$\begin{aligned} \Delta x &= x_2 - x_1 = f(\tan \varphi_2 - \tan \varphi_1) \approx f(\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1) \\ &= \frac{f}{d}(\lambda_2 - \lambda_1) = 1.8\text{cm} \end{aligned}$$

2. 波长 $\lambda = 6000 \text{ \AA}$ 的单色光垂直入射到一光栅上，测得第二级主极大的衍射角为 30° ，且第三级是缺级。

- (1) 光栅常数 d 等于多少？
- (2) 透光缝的宽度 a 等于多少？
- (3) 在选定了上述 d 和 a 之后，求在屏幕上可能呈现的全部主极大的级次。

解：

(1) 由光栅方程得：

$$d = a + b = \frac{k\lambda}{\sin \varphi} = \frac{2 \times 6 \times 10^{-7}}{\sin 30^\circ} = 2.4 \times 10^{-6} \text{m}$$

(2) 由缺级条件知：
$$a = \frac{d}{3} = 0.8 \times 10^{-6} \text{m}$$

(3) 由光栅方程知可能看到的最大级次为：

$$k_{\max} \leq \frac{d}{\lambda} = 4 ; \text{ 又由缺级条件知 } k=3, 6, \dots \text{ 缺级 ,}$$

所以实际呈现 $k = 0, \pm 1, \pm 2$ 级明纹

($k = \pm 4$ 在 $\pm \frac{\pi}{2}$ 处看不到)。

3. 设光栅平面和透镜都与屏幕平行，在平面透射光栅上每厘米有 **5000** 条刻线，用它来观察钠黄光 ($\lambda = 589\text{nm}$) 的光谱线。

(1) 当光线垂直入射到光栅上时，能看到的光谱线的最高级数 k_m 是多少？

(2) 当光线以 30° 的入射角（入射线与光栅平面的法线的夹角）斜入射到光栅上时，能看到的光谱线的最高级数 k'_m 是多少？ ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$)

解：

光栅常数：
$$d = \frac{1\text{cm}}{5000} = 2 \times 10^{-4} \text{cm} = 2 \times 10^{-6} \text{m}$$

(1) 由 $d \sin \varphi = k\lambda$ 得：

$$k_m \leq \frac{d}{\lambda} = \frac{2 \times 10^{-6}}{5.89 \times 10^{-7}} = 3.39$$

$$\therefore k_m = 3$$

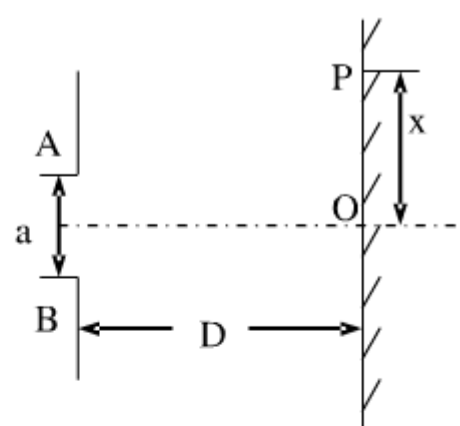
(2) 由 $d(\sin \theta + \sin \varphi) = k\lambda$ 得：

$$k'_m \leq \frac{d}{\lambda}(\sin 30^\circ + 1) = \frac{3d}{2\lambda} = 5.09$$

$$\therefore k'_m = 5$$

4、在宽度 $a=0.6\text{mm}$ 的狭缝后 $D=40\text{cm}$ 处有一与狭缝平行的屏，如图所示。如以平行单色光自左垂直照射狭缝，在屏上形成衍射条纹，若在离 O 点为 $x=1.4\text{mm}$ 的 P 点看到的是明条纹，试求：

- (1) 该入射光的波长；
- (2) P 点条纹的级数；
- (3) 从 P 点来看，该光波在狭缝处的波阵面可作几个半波带？



4、解：由明条纹 $a \sin \varphi = a \frac{x}{D} = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$ 得

$$\lambda = \frac{2ax}{D(2k+1)} = \frac{2 \times 0.6 \times 1.4}{40 \times 10} \frac{1}{2k+1} = 4.2 \times 10^{-3} \frac{1}{2k+1} (\text{mm})$$

$$k=1 \quad \lambda_1 = 1400\text{nm}$$

$$k=2 \quad \lambda_2 = 840\text{nm}$$

$$k=3 \quad \lambda_3 = 600\text{nm}$$

$$k=4 \quad \lambda_4 = 466.7\text{nm}$$

$$k=5 \quad \lambda_5 = 381.8\text{nm}$$

在可见光 $400\text{nm} \sim 760\text{nm}$ 范围取 $k=3$ 或 $k=4$

当 $k=3$, $\lambda_3 = 600\text{nm}$, 对应半波带为 $2k+1=7$ 个

当 $k=4$, $\lambda_4 = 466.7\text{nm}$, 对应半波带为 $2k+1=9$ 个