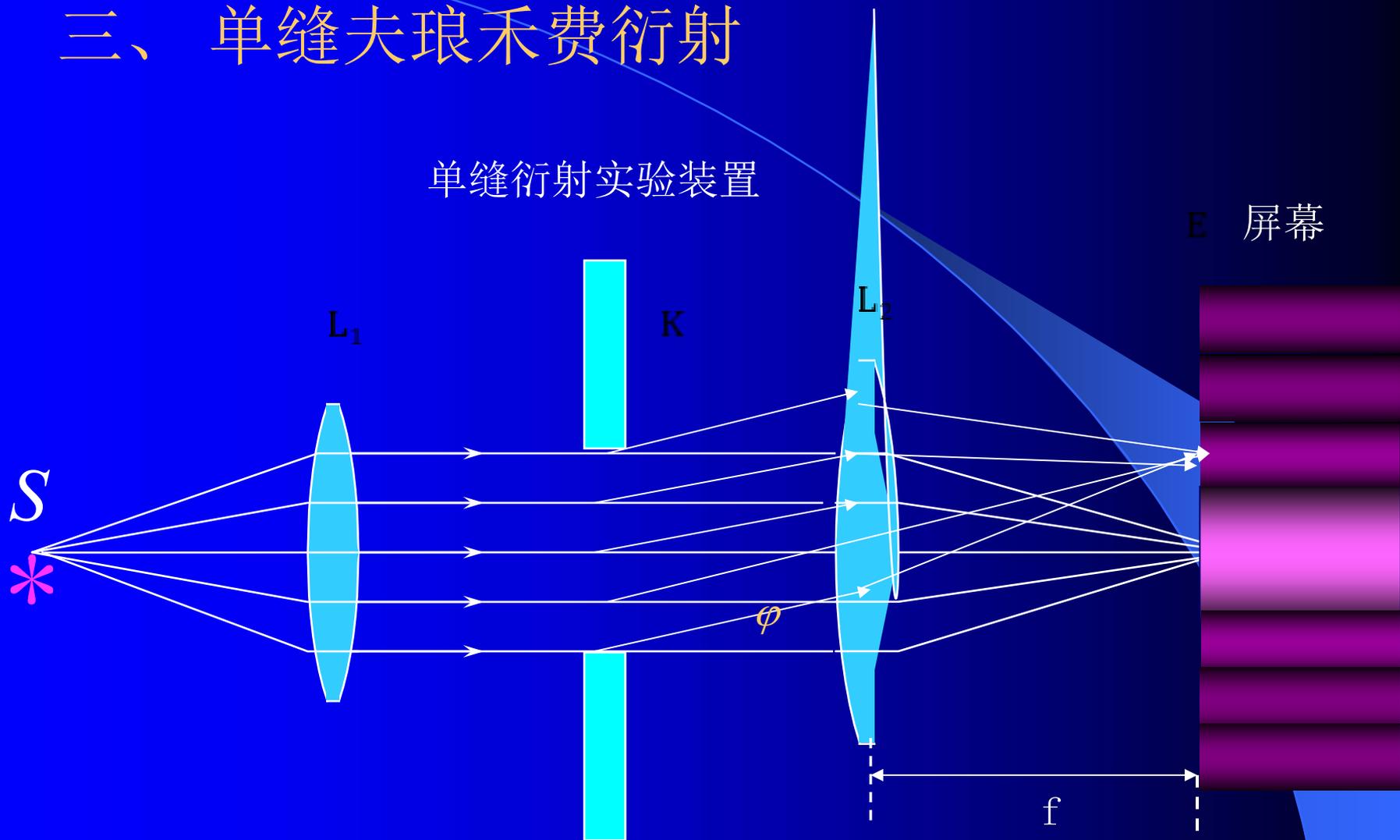


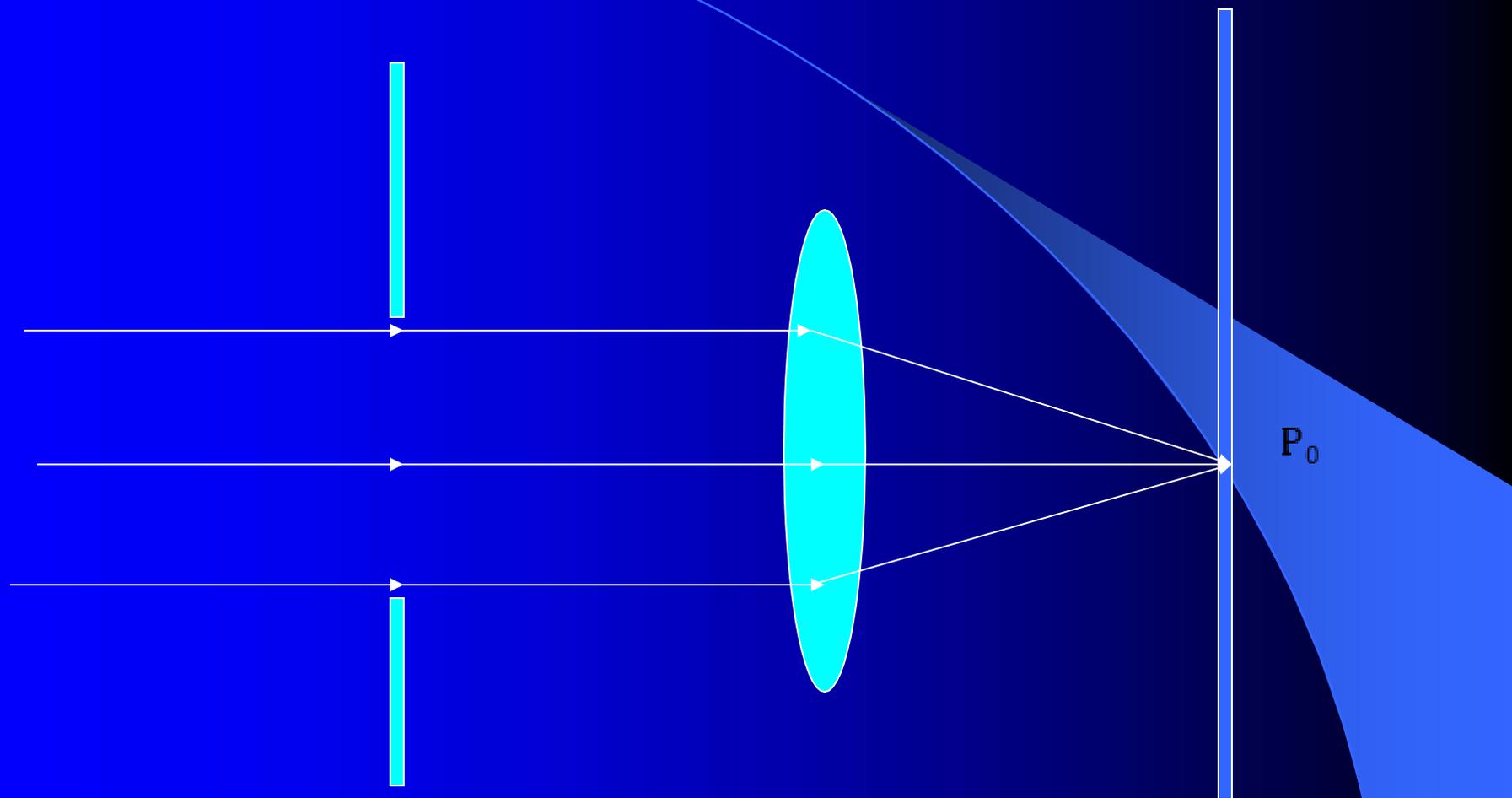
### 三、单缝夫琅禾费衍射

单缝衍射实验装置



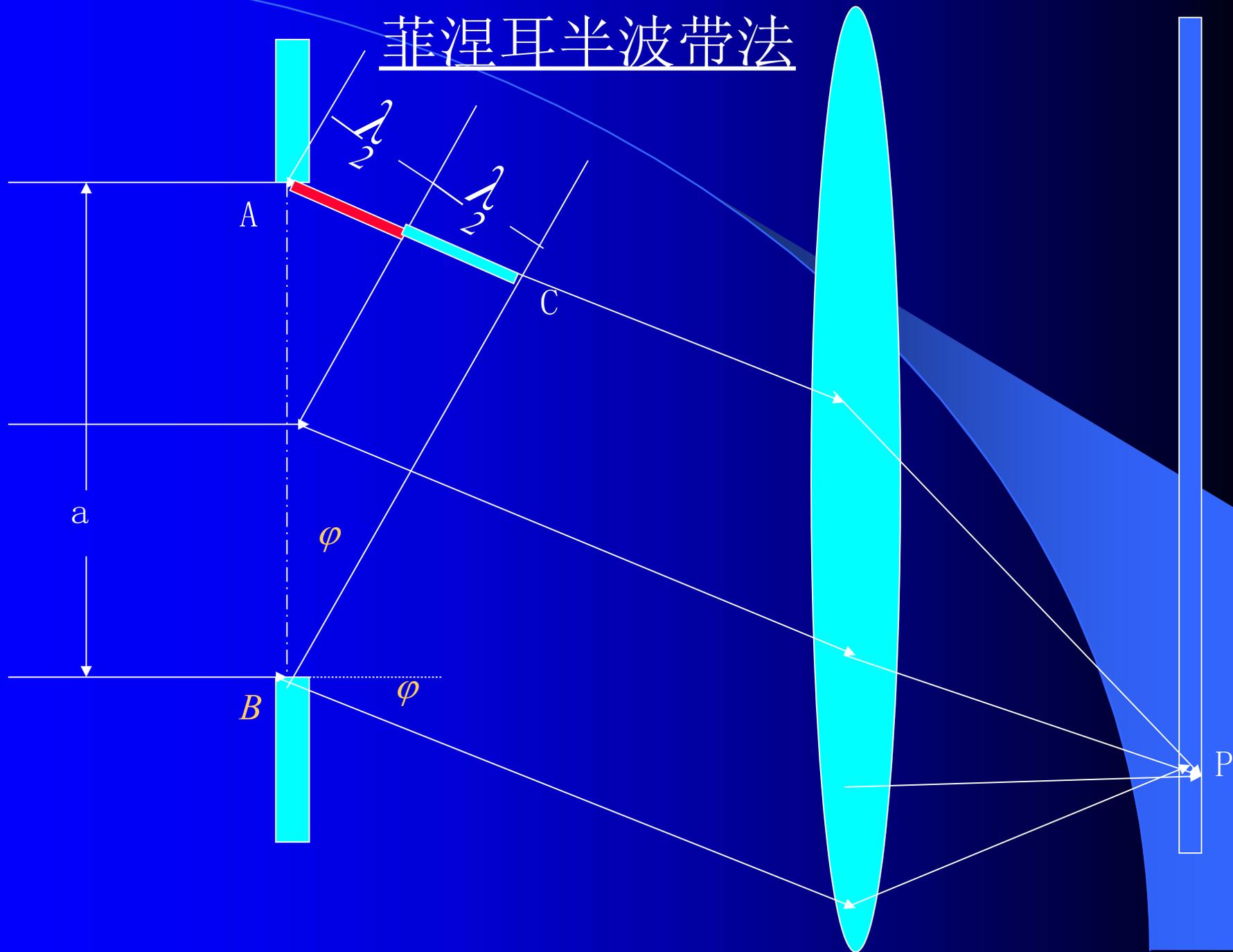
用菲涅耳半波带法解释单缝衍射现象

首先看中央明纹



通过单缝后方向不变得光线光程相等形成中央明纹

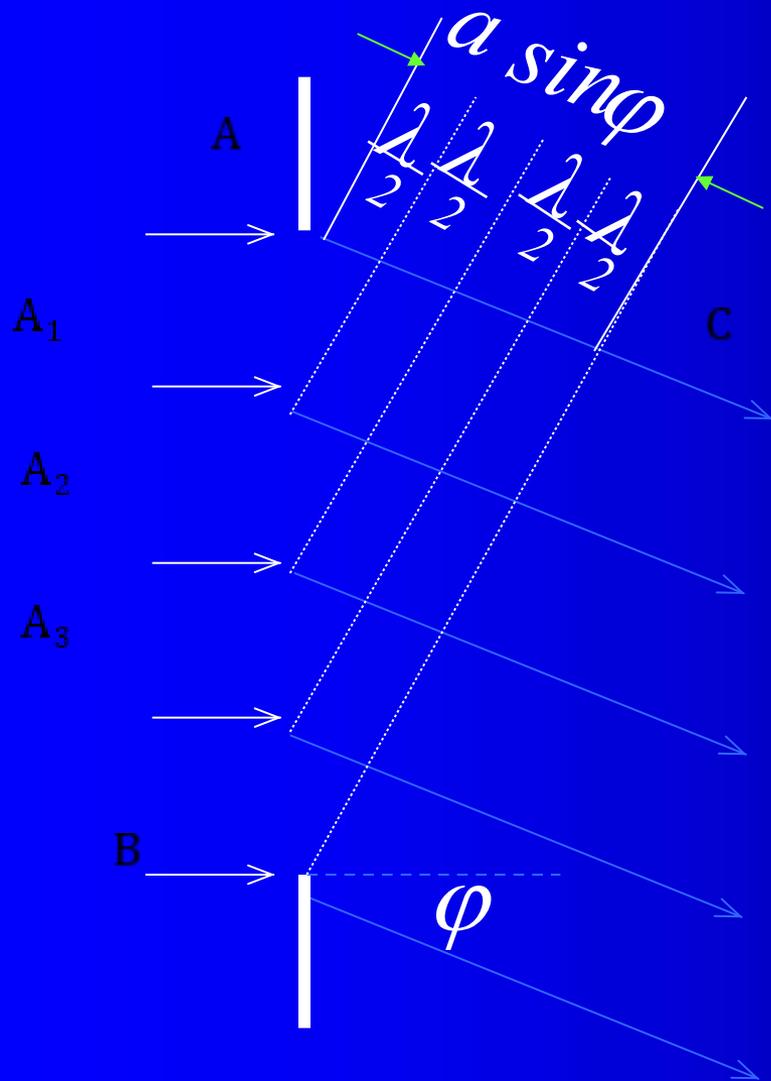
# 菲涅耳半波带法





# 菲涅耳半波带法

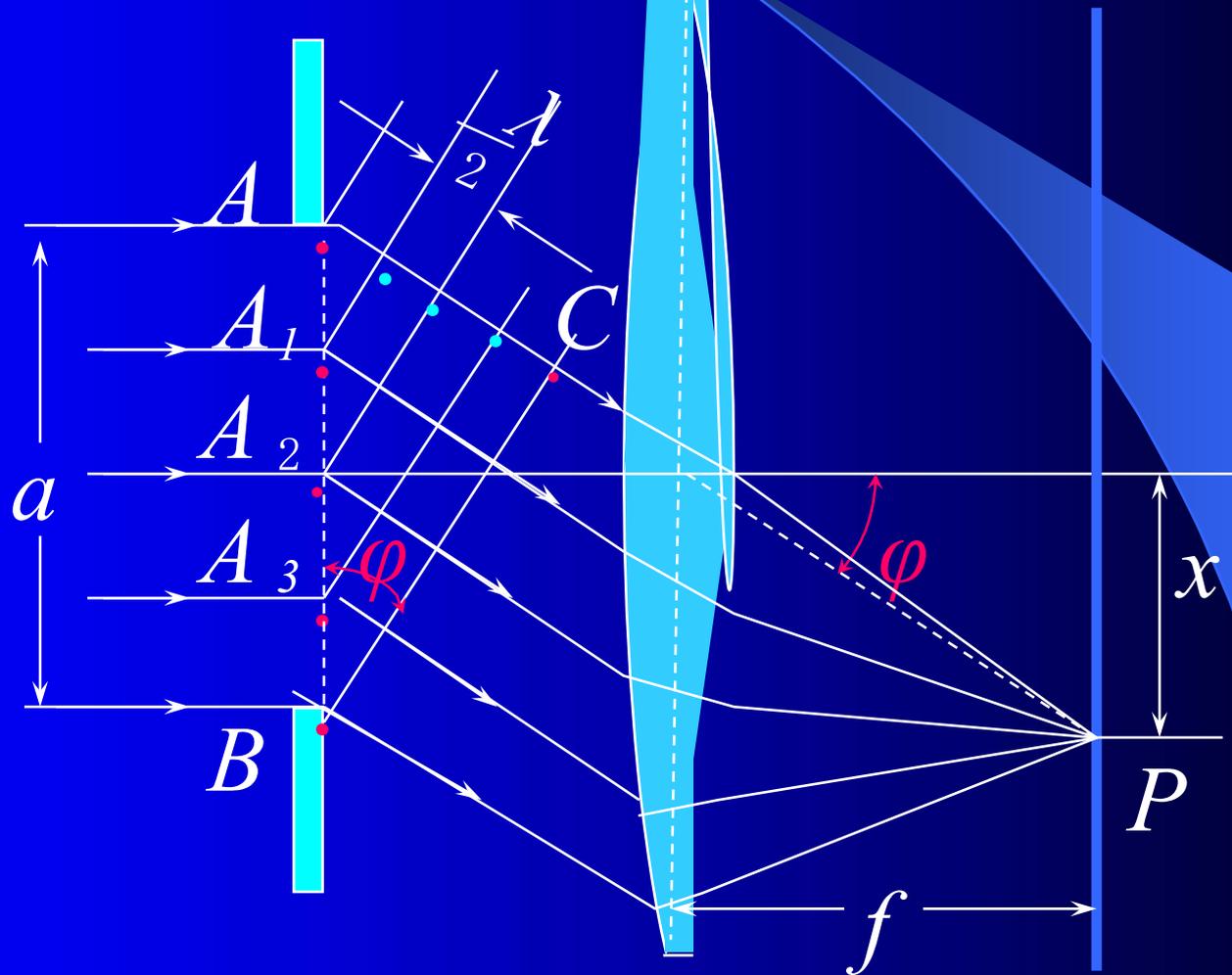
相邻平面间的距离是入射单色光的半波长



任何两个相邻波带上对应点所发出的光线到达BC平面的光程差均为半波长（即位相差为 $\pi$ ），在会聚时将一一抵消。

AB面分成偶数个半波带，出现暗纹

$$AC = a \sin \phi = 4 \cdot \frac{\lambda}{2}$$





结论：分成偶数半波带为暗纹。

分成奇数半波带为明纹。

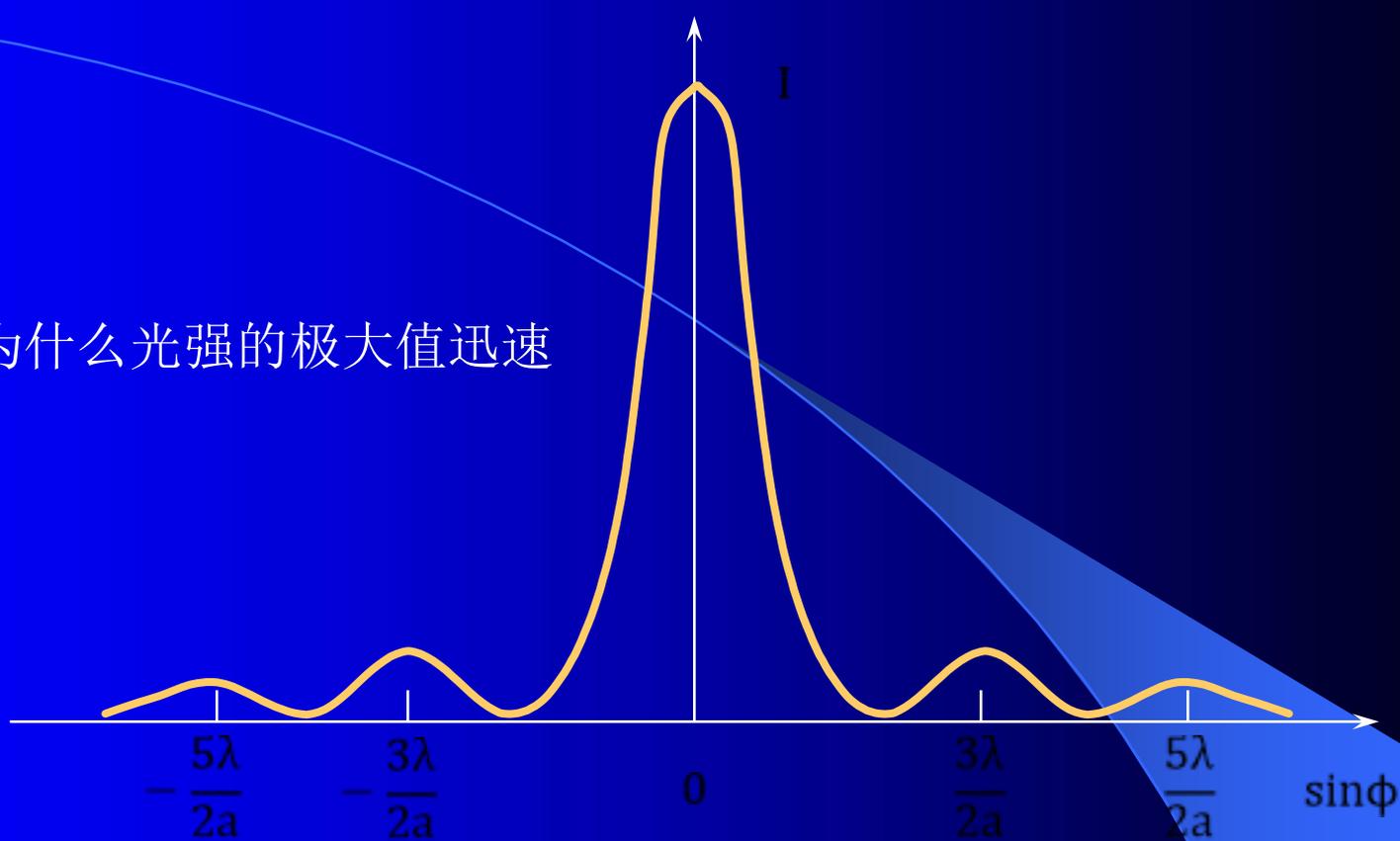
正、负号表示衍射条纹对称分布于中央明纹的两侧

对于任意衍射角，单缝不能分成整数个半波带，在屏幕上光强介于最明与最暗之间。

## 讨论

### 1. 光强分布

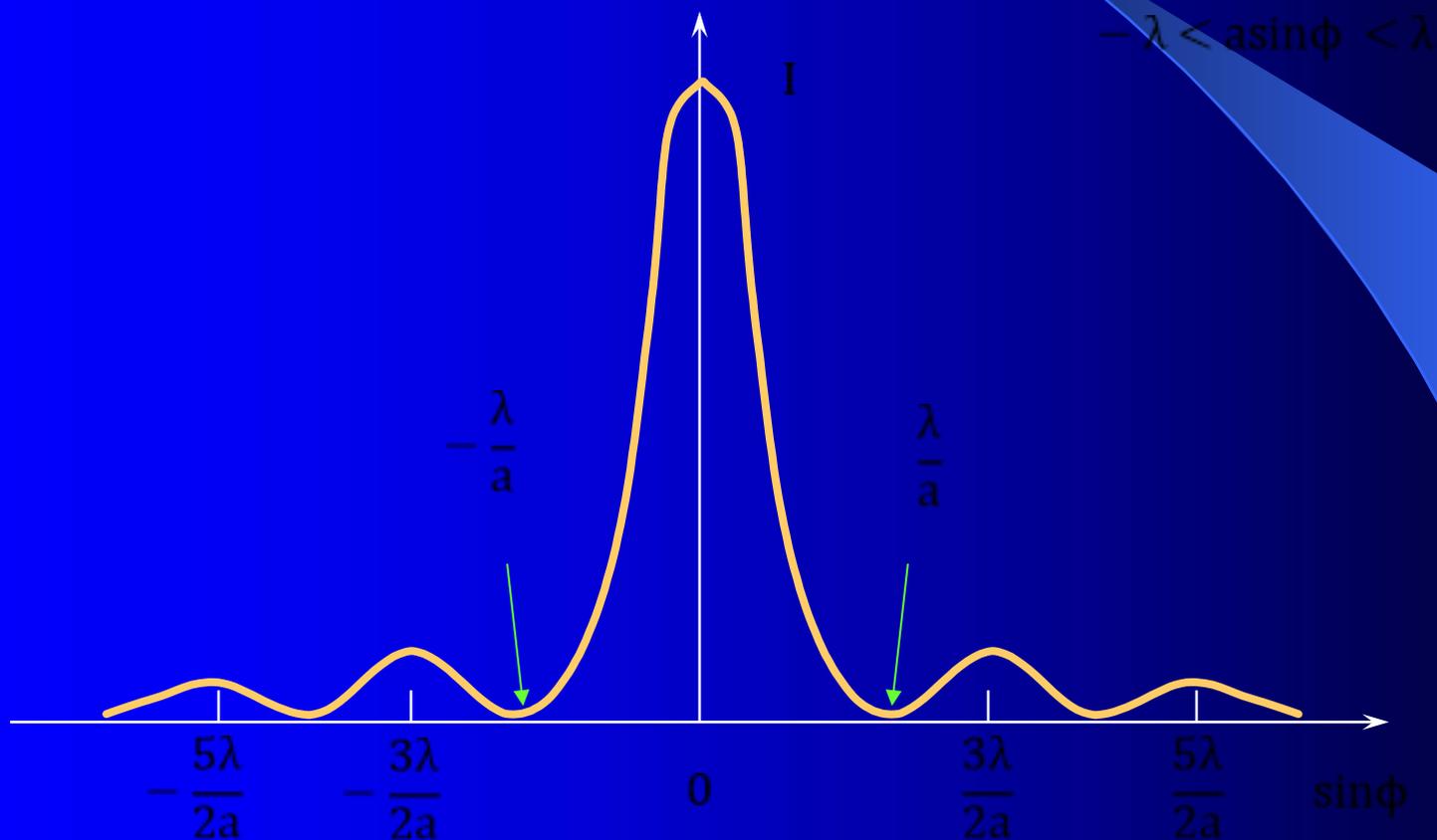
当  $\varphi$  增加时, 为什么光强的极大值迅速衰减?



当  $\varphi$  角增加时, 半波带数增加, 未被抵消的半波带面积占总的单缝面积减少, 所以光强变小;

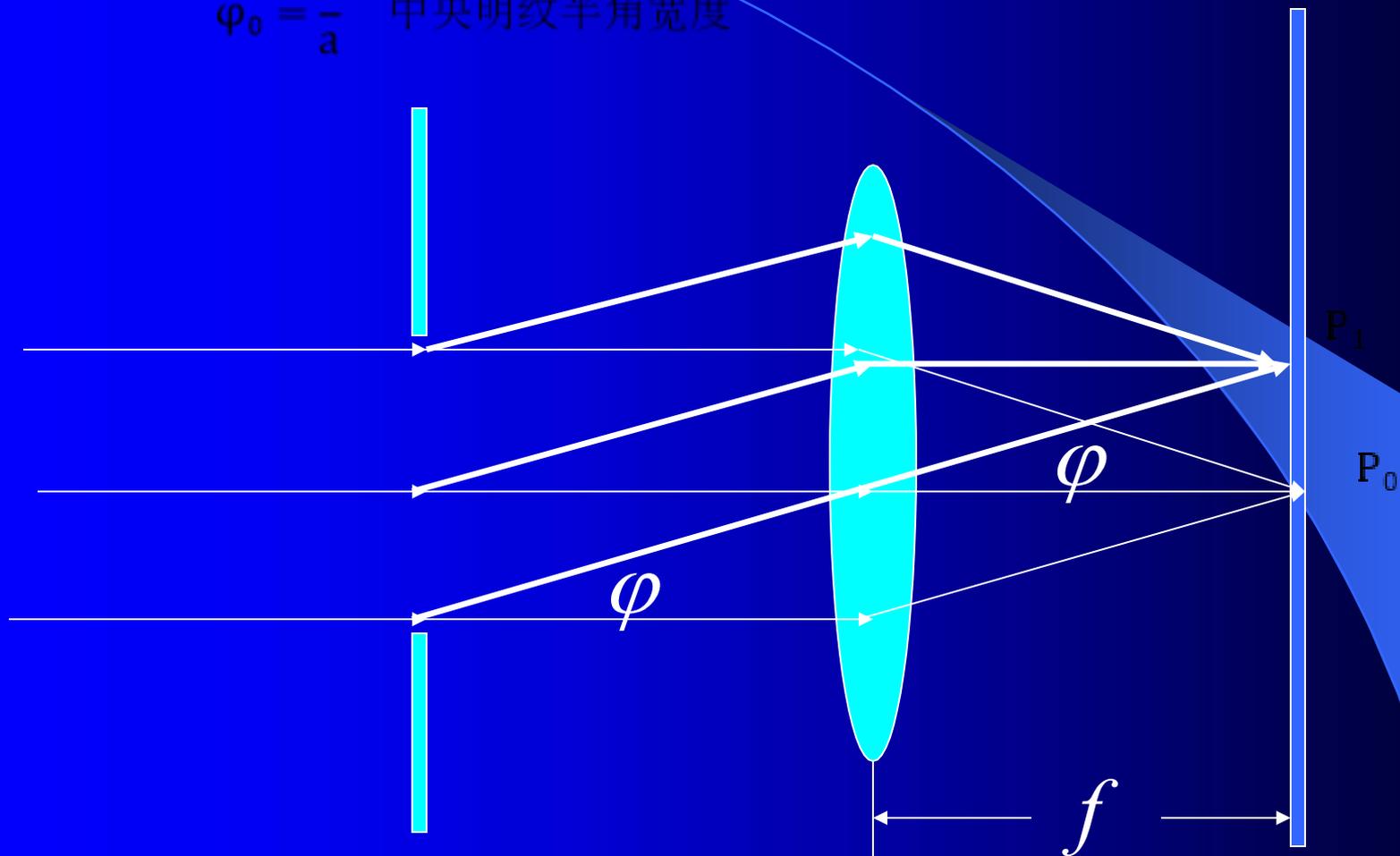
## 2. 中央亮纹宽度

中央两侧第一级暗条纹之间的区域，称做零极（或中央）明条纹，它满足条件：



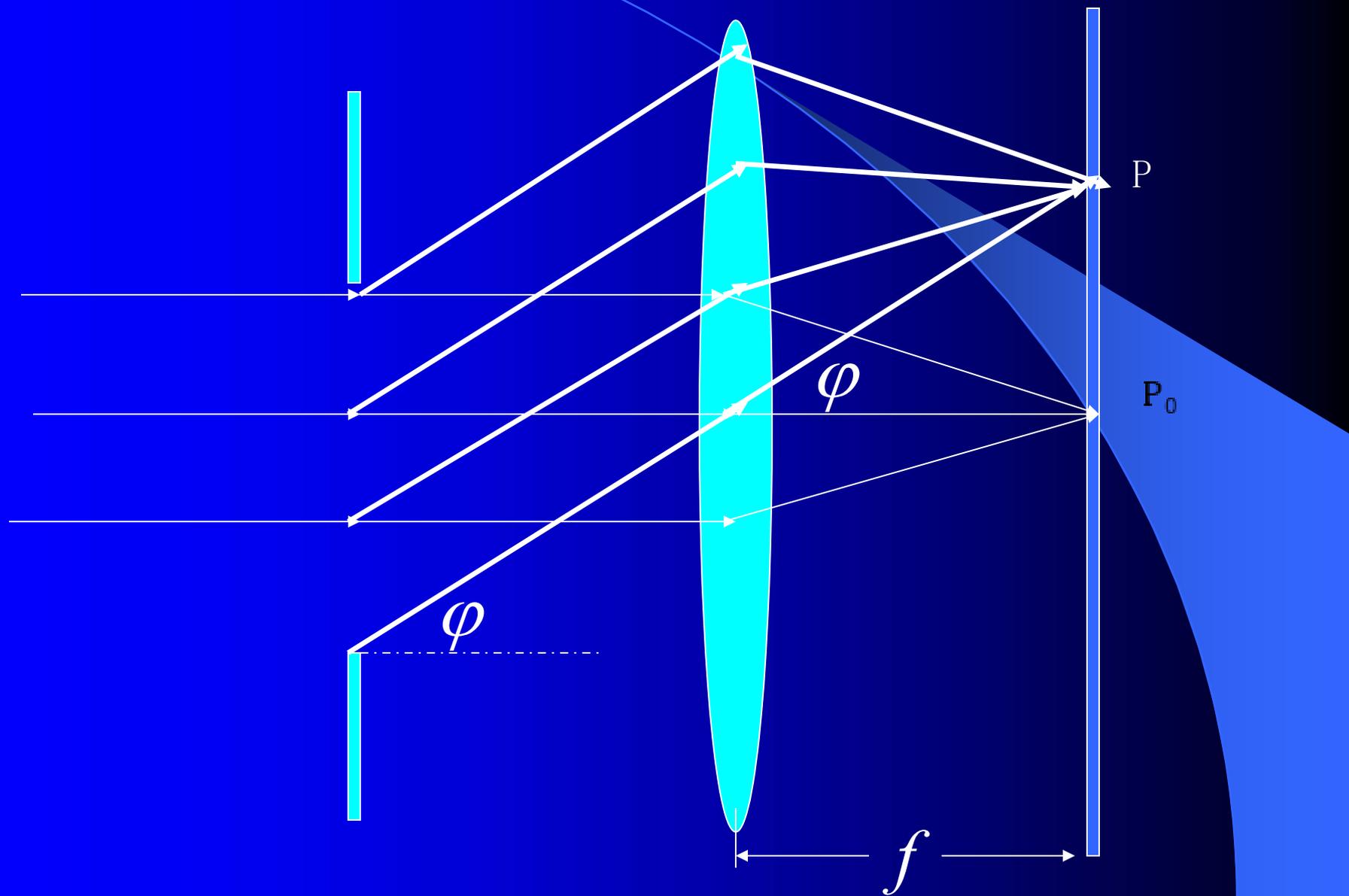
中央明纹的宽度计算：

$$\varphi_0 = \frac{\lambda}{a} \quad \text{中央明纹半角宽度}$$



$$\Delta x_0 = 2f \tan \varphi_0 = \frac{2f\lambda}{a} \quad \text{中央明纹宽度}$$

### 3. 各级明、暗条纹的位置以及相邻两衍射条纹间距



### 3. 相邻两衍射条纹间距

条纹在接收  
屏上的位置

$$x = \pm k\lambda \cdot f/a$$



暗纹中心

$$x = \pm(2k+1)\lambda \cdot f/2a$$



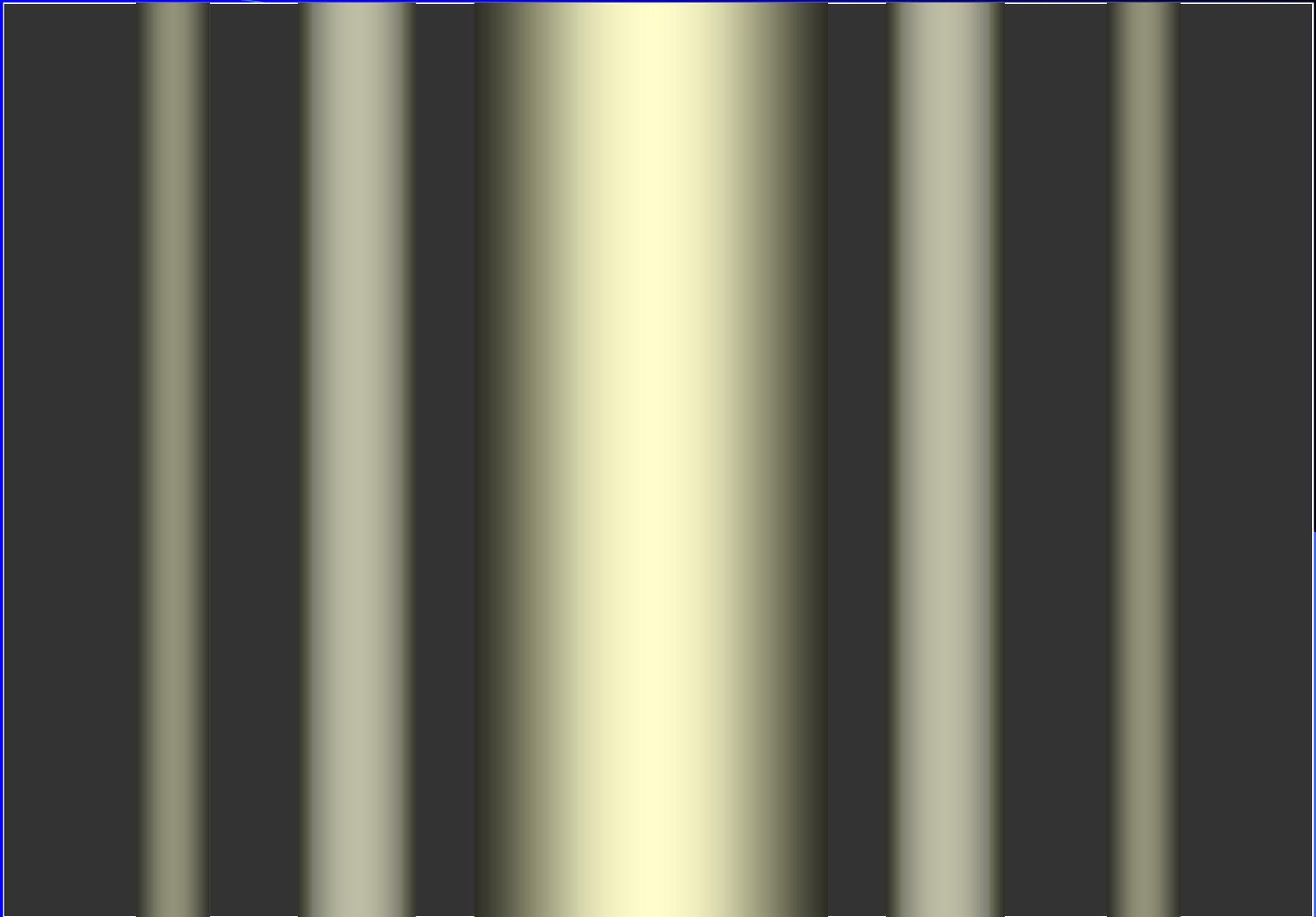
明纹中心

$$k = 1, 2 \dots$$

$$x_k = \frac{kf\lambda}{a} \quad x_{k+1} = \frac{(k+1)f\lambda}{a}$$

$$\Delta x = x_{k+1} - x_k = \frac{f\lambda}{a}$$

其它各级明条纹的宽度均为中央明条纹宽度的一半。



$$x = (2k + 1)\lambda \cdot f/2a$$

## 明纹中心

当缝宽 $a$ 一定时，对同一级衍射条纹，波长 $\lambda$ 越大，则衍射角 $\varphi$ 越大，条纹的位置离中央明纹越远。如果用白光照射，则中央明纹为白色，其两侧将出现一系列由紫到红的彩色条纹，称为衍射光谱。

对于波长一定的单色光，缝宽 $a$ 越小，对应于各级明纹的衍射角 $\varphi$ 就越大，衍射越明显；缝宽 $a$ 越大，对应于各级明纹的衍射角 $\varphi$ 就越小，条纹就越集中于中央明纹附近，衍射越不明显。

当缝宽 $a$ 很大时，几乎所有的条纹都集中于中央明纹将形成单一的明条纹，这显示了光的直线传播的性质。

例、在单缝夫琅和费衍射中，波长为 $\lambda$ 的单色光垂直入射到宽度为 $a=4\lambda$ 的单缝上，对应于衍射角为 $30^\circ$ 的方向，单缝处的波面可以分为几个半波带？

例、在单缝夫琅和费衍射中，设中央明纹的衍射角范围很小，若使单缝的宽度 $a$ 变为原来的 $3/2$ 倍，同时使入射的单色光波长 $\lambda$ 变为原来的 $3/4$ 倍，屏幕上单缝衍射中央明纹的宽度 $\Delta x$ 变为原来的多少倍？

例、平行单色光垂直入射到单缝上，观察夫琅和费衍射，若屏上P点处为第二级暗纹，则从该位置看单缝处的波面相应地可分为\_\_\_\_\_个半波带；若将单缝的宽度缩小一半，P点将是第\_\_\_级\_\_\_\_\_纹。

例、在单缝夫琅和费衍射实验装置中，若将单缝沿透镜光轴方向作微小的平移，则屏幕上的衍射条纹将：【           】

- (A) 条纹间距变小；
- (B) 条纹间距变大；
- (C) 条纹间距不变，但明暗条纹的位置交替变化。
- (D) 不发生变化。

例、在单缝夫琅和费衍射实验装置中，若将单缝沿垂直于透镜光轴方向作微小的平移，则屏幕上的衍射条纹将：【           】

- (A) 条纹间距变小；
- (B) 条纹间距变大；
- (C) 条纹间距不变，但明暗条纹的位置交替变化。
- (D) 不发生变化。

例、在单缝夫琅和费衍射实验中，若将整个装置放置于折射率为 $n$ 的透明介质中，则屏幕上的中央明纹将：【                   】

- (A) 中央明纹的宽度变小；
- (B) 中央明纹的宽度变大；
- (C) 中央明纹的宽度不变；
- (D) 宽度不变，但条纹发生平移。

例、一束波长为 $\lambda = 5000\text{\AA}$ 的平行光垂直照射在一个单缝上。已知单缝衍射的第一暗纹的衍射角 $\varphi_1 = 30^\circ$ ，求该单缝的宽度 $a = ?$

解：(1) 
$$a \sin \phi = \pm k \lambda \quad (k = 1, 2, 3 \dots)$$

第一级暗纹  $k=1, \varphi_1 = 30^\circ$

$$a = \frac{\lambda}{\sin \phi_1} = 0.5 \times 2 = 1.0 \mu\text{m}$$

例、一束波长为 $\lambda = 6000\text{\AA}$ 的平行单色光垂直照射在一个单缝上。单缝的宽度为 $a = 0.2\text{mm}$ ，缝后用焦距为 $f = 50\text{cm}$ 的薄透镜将衍射光会聚于屏上，求：  
(a) 中央明条纹的半角宽度和线宽度； (b) 第一级明纹的位置以及从这个位置看过去单缝处波面可以分为几个半波带 (c) 第一级明纹的宽度；

例、一束波长为 $\lambda = 5000\text{\AA}$ 的平行光垂直照射在一个单缝上。  $a=0.5\text{mm}$ ,  $f=1\text{m}$  , 如果在屏幕上离中央亮纹中心为 $x=3.5\text{mm}$ 处的 $P$ 点为一亮纹, 试求 (a) $P$ 处亮纹的级数; (b)从 $P$ 处看, 对该光波而言, 狭缝处的波阵面可分割成几个半波带?

$$(a) a \sin \phi = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \text{ 亮纹}$$

$$\sin \phi \approx \text{tg} \phi \approx \phi = \frac{x}{f}$$

$$k = \frac{ax}{\lambda f} - \frac{1}{2} = 3$$

(b)当 $k=3$ 时, 光程差

$$a \sin \phi = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} = 7 \cdot \frac{\lambda}{2}$$

狭缝处波阵面可分成7个半波带。

例、一单色平行光垂直照射单缝，若其第三级明纹的位置恰好与 $6000 \text{ \AA}$ 单色平行光的第二级明纹位置重合，求此单色平行光的波长。

例、用波长为 $\lambda_1=4000\text{\AA}$ 和波长为 $\lambda_2=7000\text{\AA}$ 的混合光垂直照射单缝，在衍射图样中， $\lambda_1$ 的第 $k_1$ 级明纹中心位置与 $\lambda_2$ 的第 $k_2$ 级暗纹中心重合，求 $k_1$ 和 $k_2$

例、利用单缝衍射原理可以测量微小的位移和与微小位移相联系的物理量，如热膨胀、形变等。先将需要测量位移的对象和一标准直边相连，再同一标准的固定直边构成一单缝，通过单缝的宽度变化反映待测物位移的大小，如果测得中央明纹两侧正、负第K级暗纹之间的距离变化为 $dx_k$ ，证明：

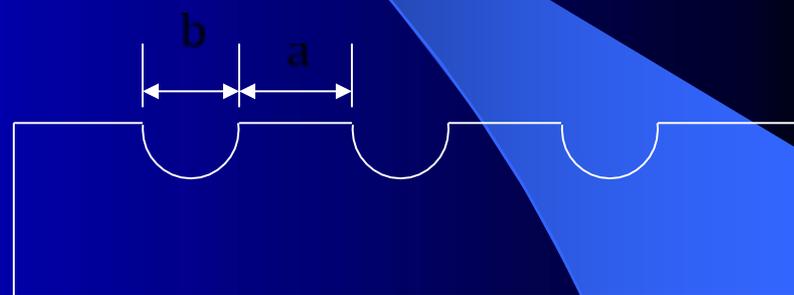
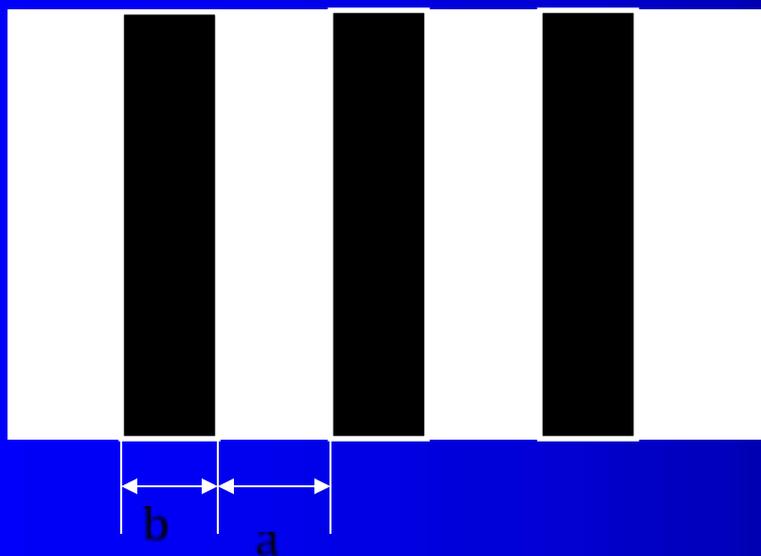
$$dx_k = - (2k\lambda f/a^2) da$$

其中的 $f$ 为透镜的焦距， $a$ 单缝的宽度， $da$ 为单缝宽度的变化（ $da \ll a$ ）。

# 光栅衍射

## 一、光栅

衍射光栅：由大量等间距、等宽度的平行狭缝所组成的光学元件。



光栅常数： $a+b$

数量级为 $10^{-5} \sim 10^{-6}m$

如果每厘米有 $N$ 条缝，则 $a+b=1/N$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/065101124343011221>