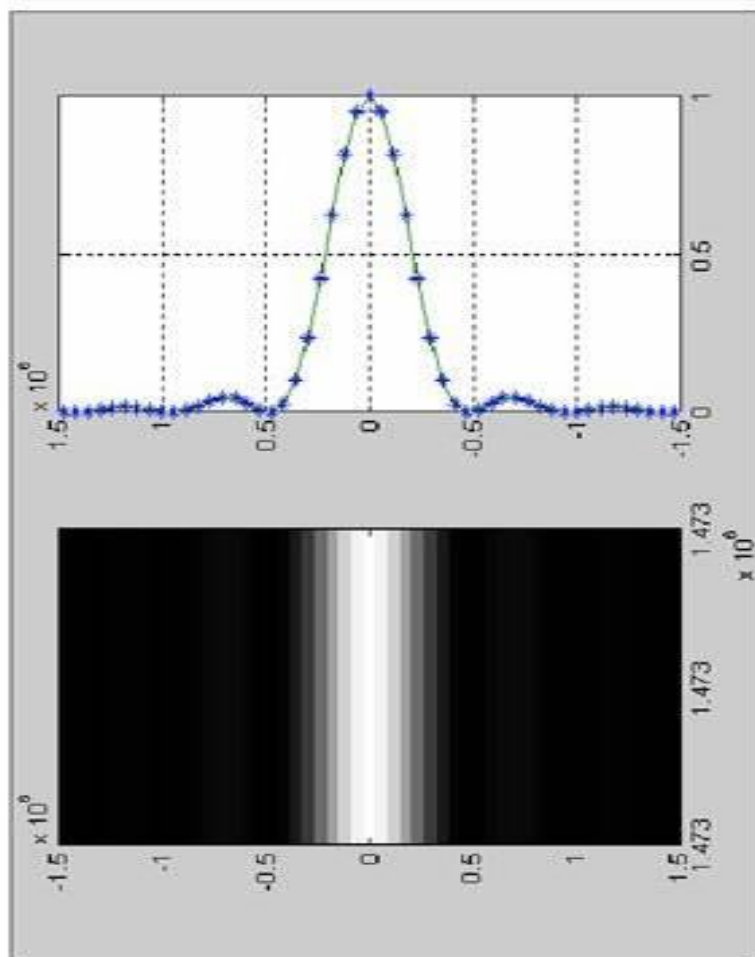


引入新课

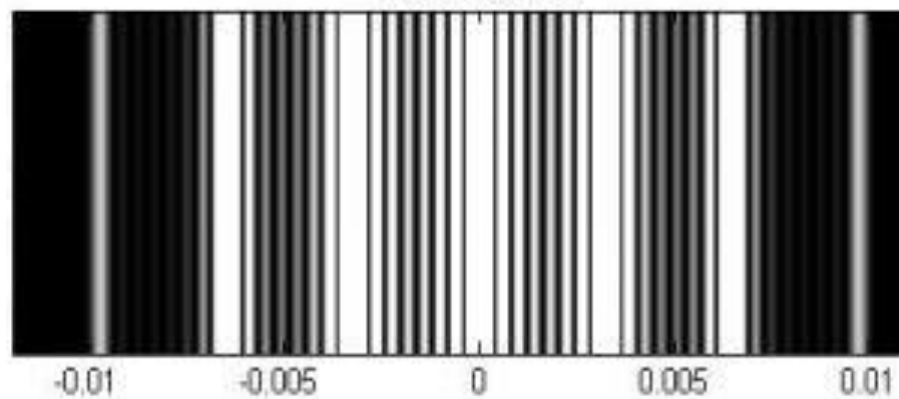


战斗机驾驶员有了全息衍射平显，
视野就会变成这样。

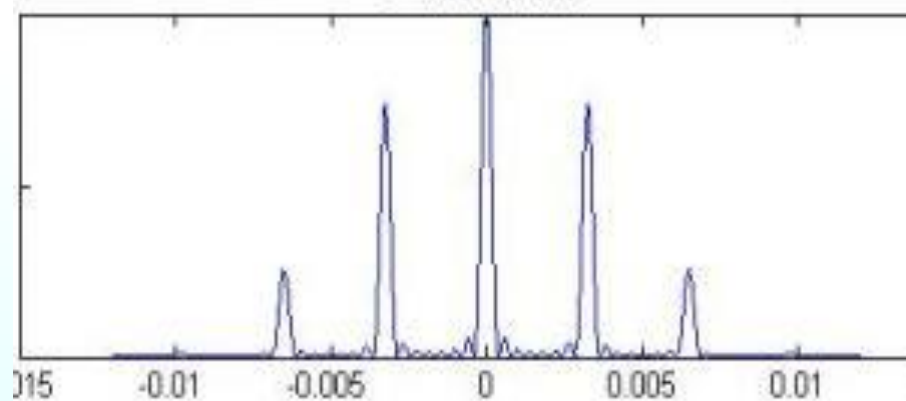
科幻影片中的黑科技离我们还远吗？



多缝衍射 $N=8$



多缝衍射强度



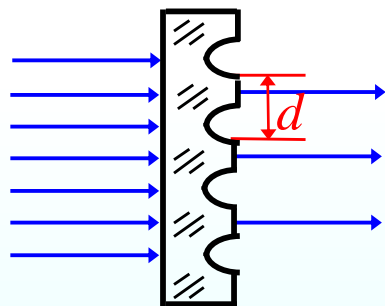
§ 12-10 光栅衍射

一、光栅衍射现象

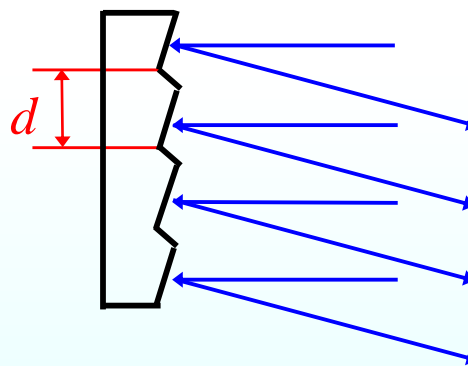
- 光栅——大量等宽等间距的平行狭缝(或反射面)构成的光学元件

- 种类:

透射光栅



反射光栅



- 光栅常数

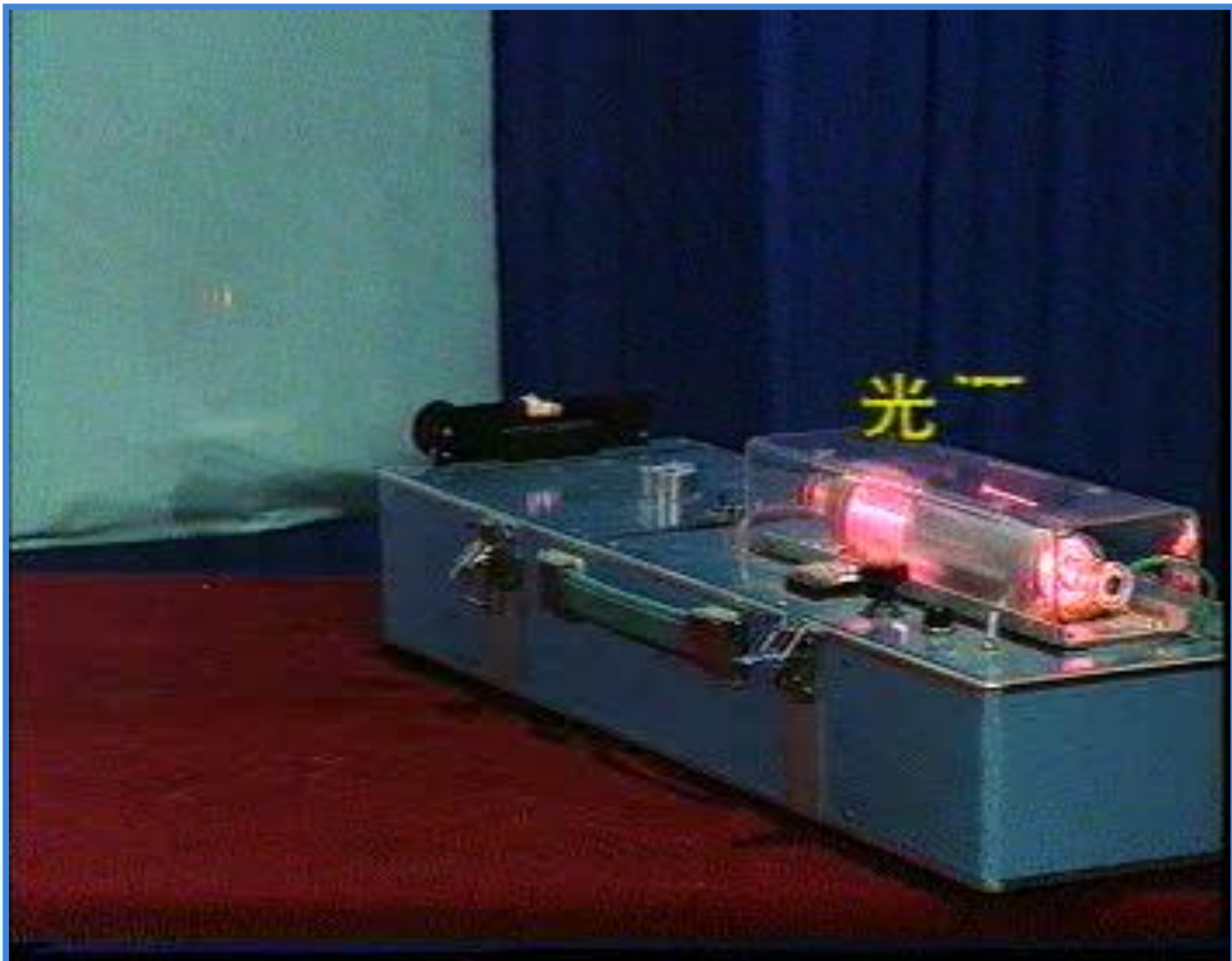
a 是透光 (或反光) 部分的宽度

b 是不透光 (或不反光) 部分的宽度

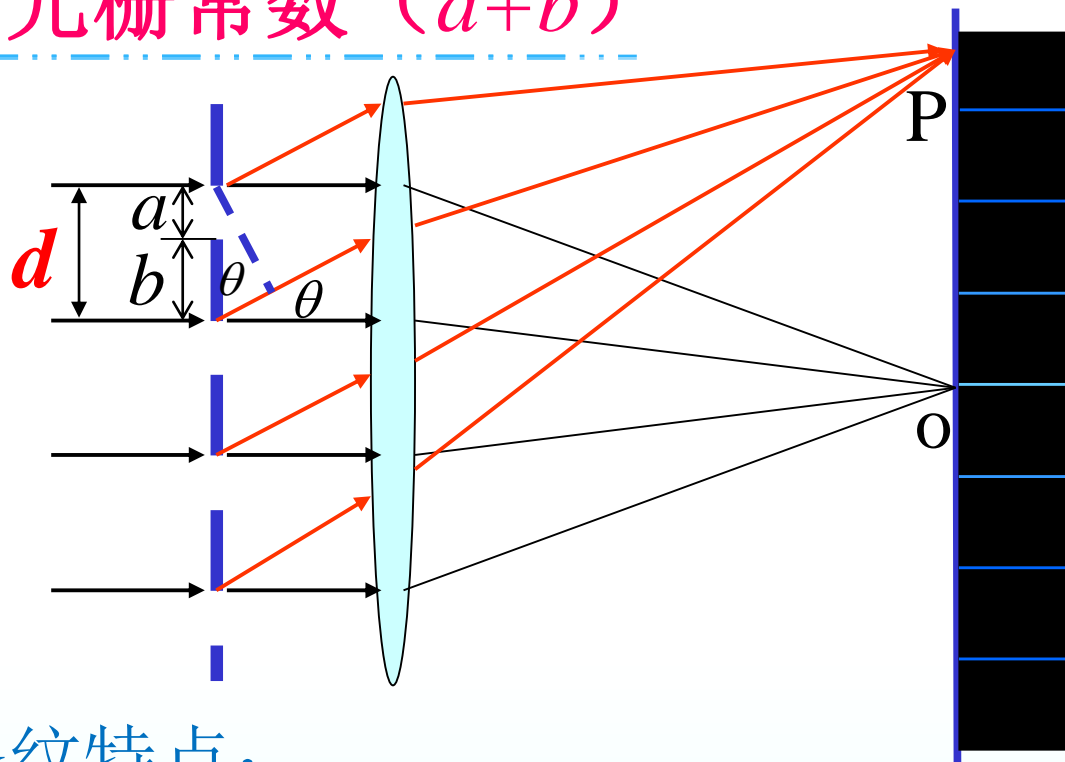
$$d = a + b$$

—— 光栅常数

光栅衍射演示



光栅常数 $(a+b)$



相邻两缝光线的光程差：

$$(a+b)\sin\theta$$

条纹特点：

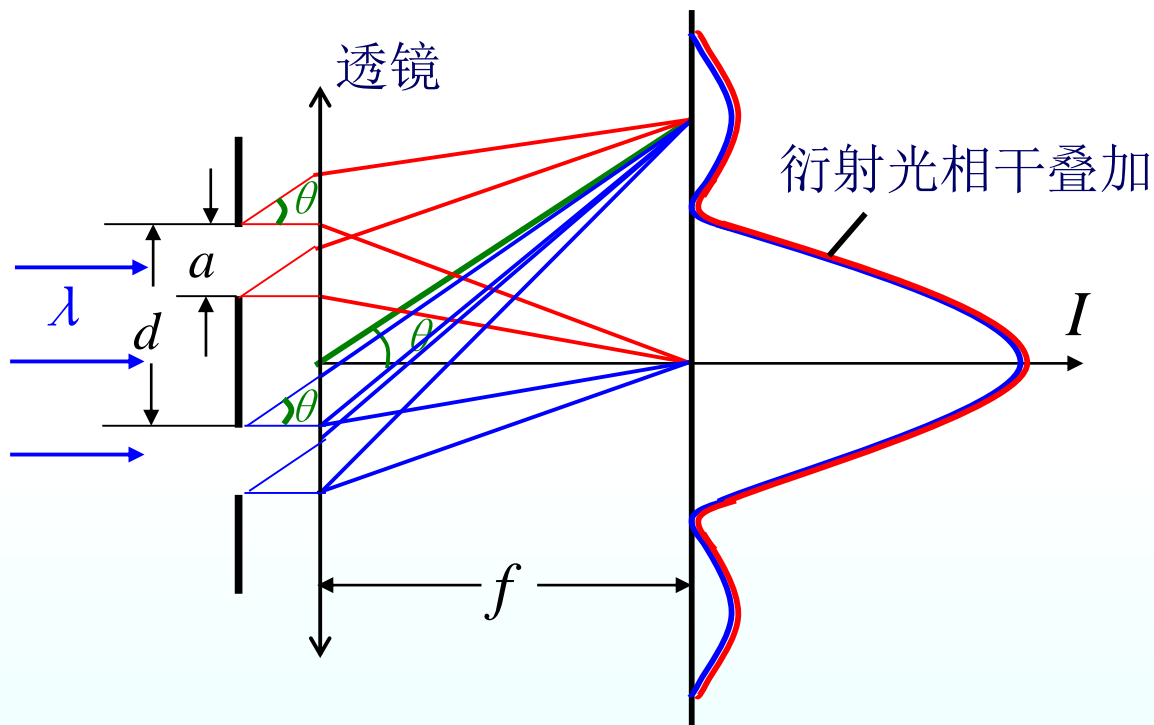
- 明暗相间的光栅衍射条纹平行于狭缝
- 明条纹很亮很窄，相邻明纹间的暗区很宽，衍射图样十分清晰。

理论和实验证明：

- 光栅的狭缝条数越多，条纹越明亮；
- 光栅常数越小，条纹间距越大，条纹越细。

二、光栅衍射条纹的成因

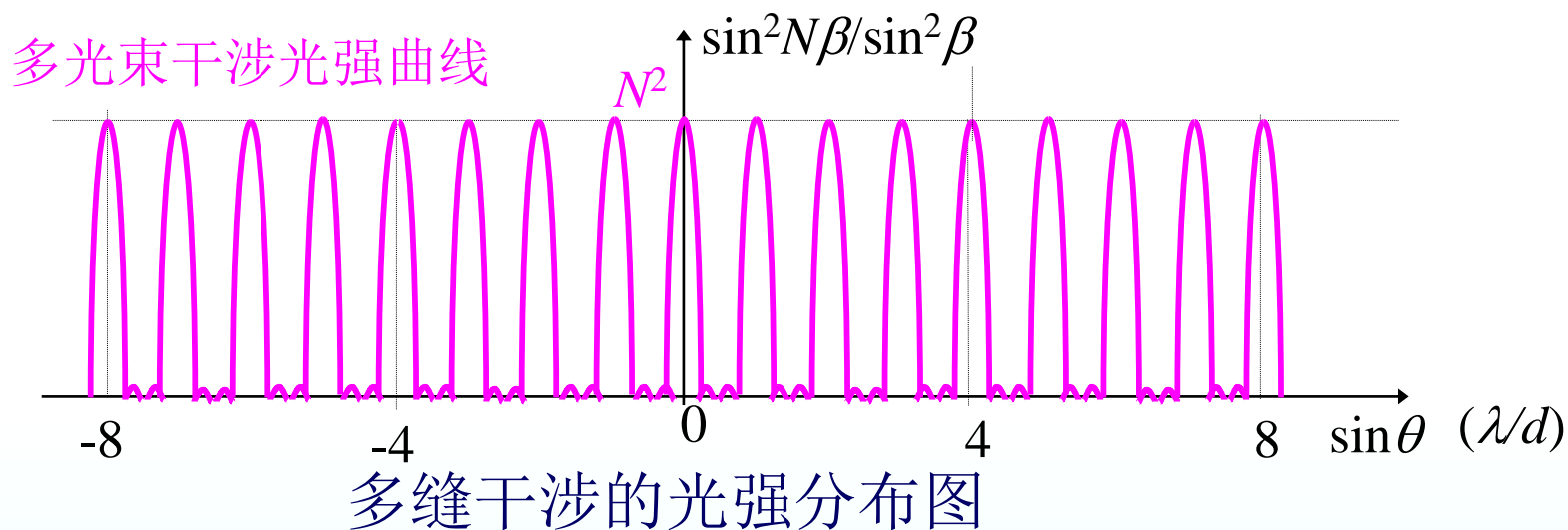
设光栅的每个缝宽均为 a



- 光栅每个缝形成各自的单缝衍射图样

每个缝的衍射图样位置是重叠的

- 不考虑衍射时,光栅缝与缝之间形成多缝干涉图样

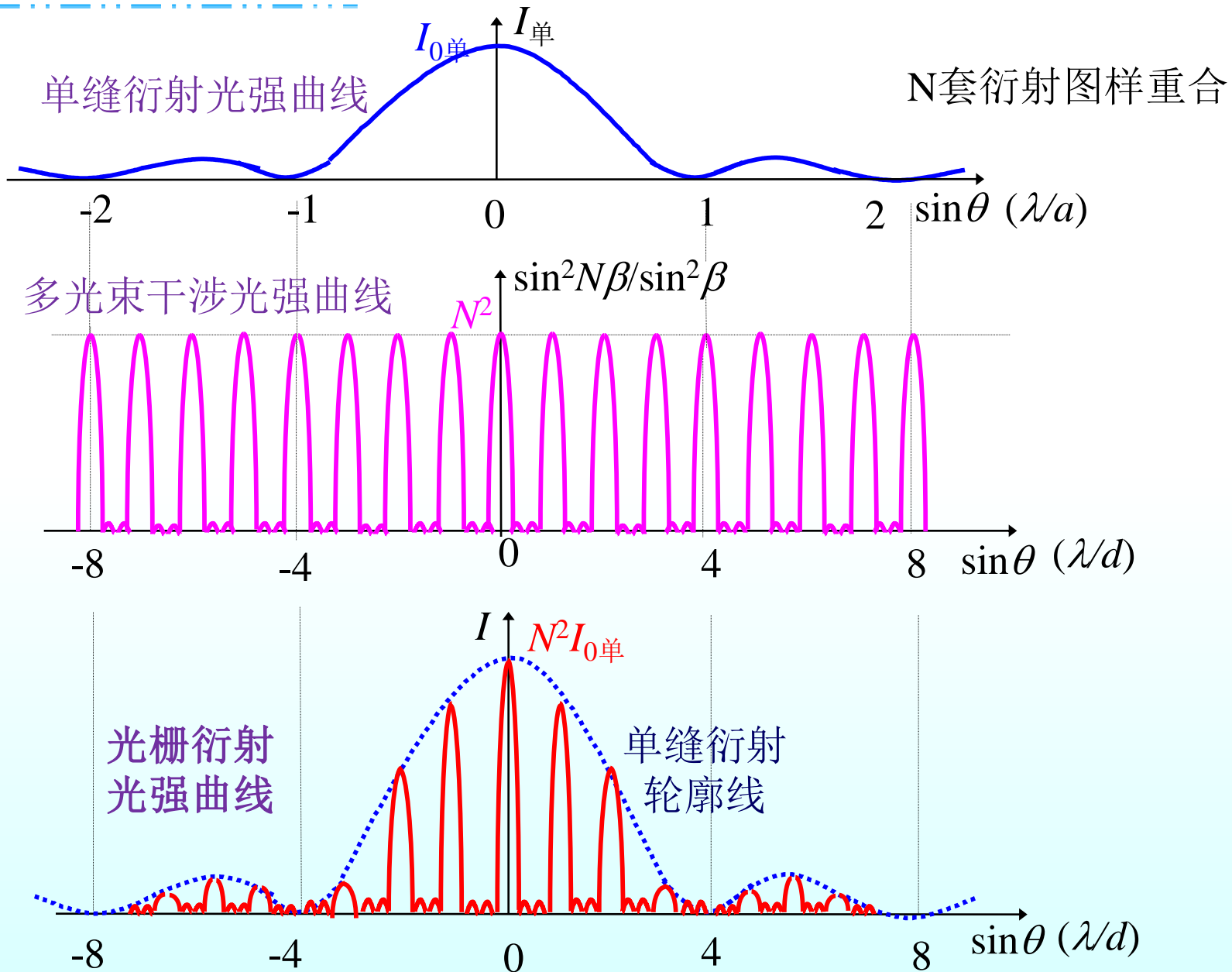


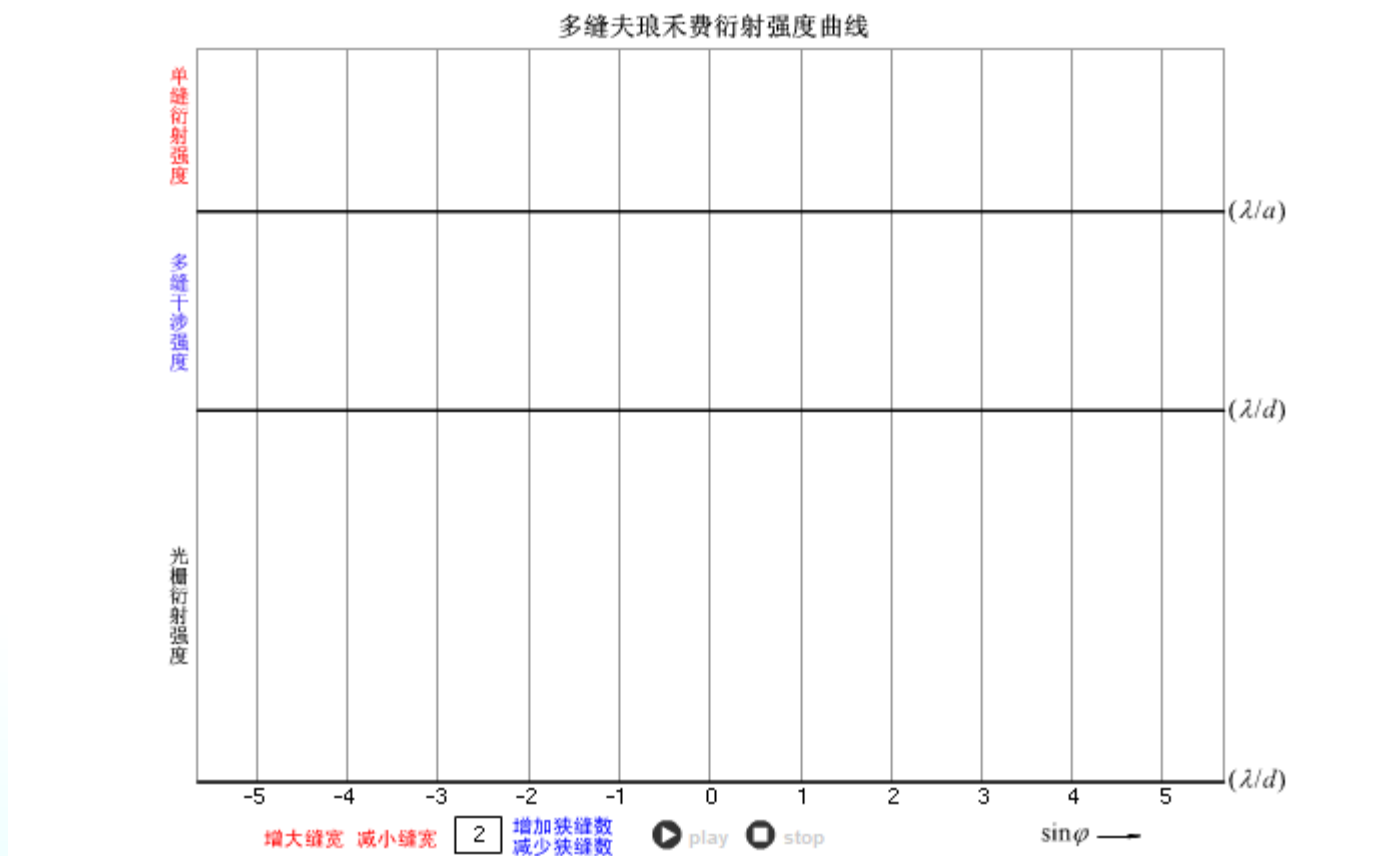
- 单缝对光强分布的影响

光栅衍射条纹是单缝衍射与缝间干涉的总效果，明纹的位置取决于缝间光线干涉的结果。

光栅的衍射图样

$$N = 4,$$
$$d = 4a$$





- ✓ 单缝衍射只影响各主极大的强度分布,不改变主极大,极小的位置。
- ✓ 多缝干涉条纹各级主极大的强度不再相等,而是受到衍射的调制,主极大的位置没有变化。

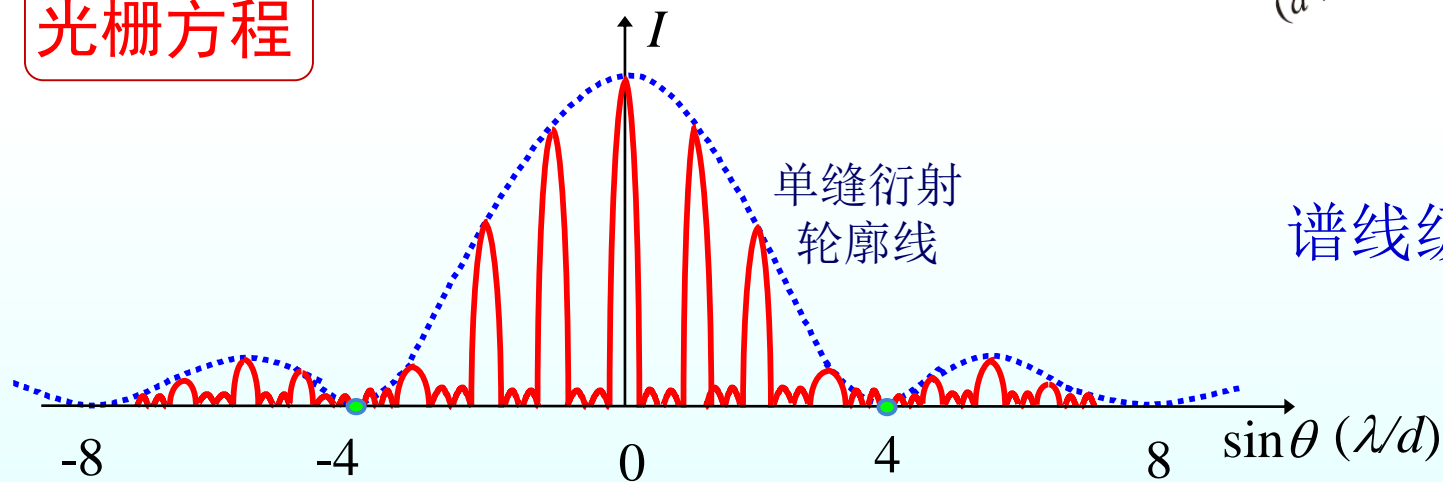
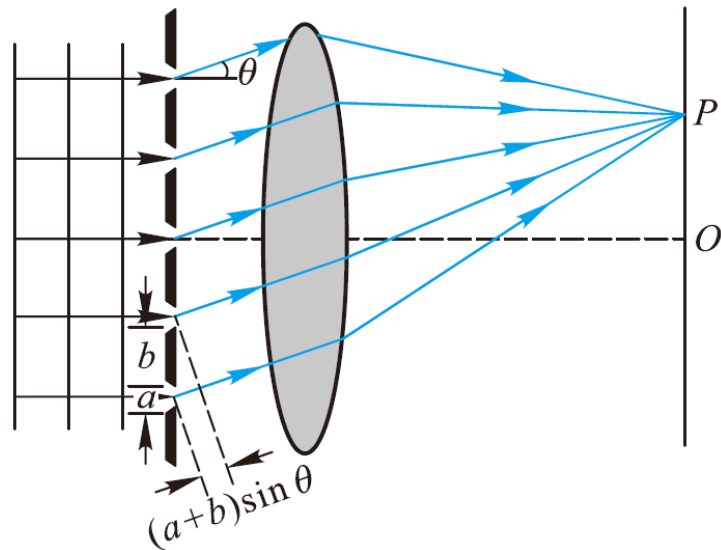
三、光栅方程

1、主极大

单色光垂直照射时：

$$(a + b) \sin \theta = \pm k \lambda \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

光栅方程



谱线级数：

$$k < \frac{d}{\lambda}$$

✓ 主级大明纹的位置：

与缝数N无关，对称地分布在中央明纹两侧，中央明纹光强最大；

2、暗纹条件

暗条纹是由各缝射出的衍射光干涉相消形成的

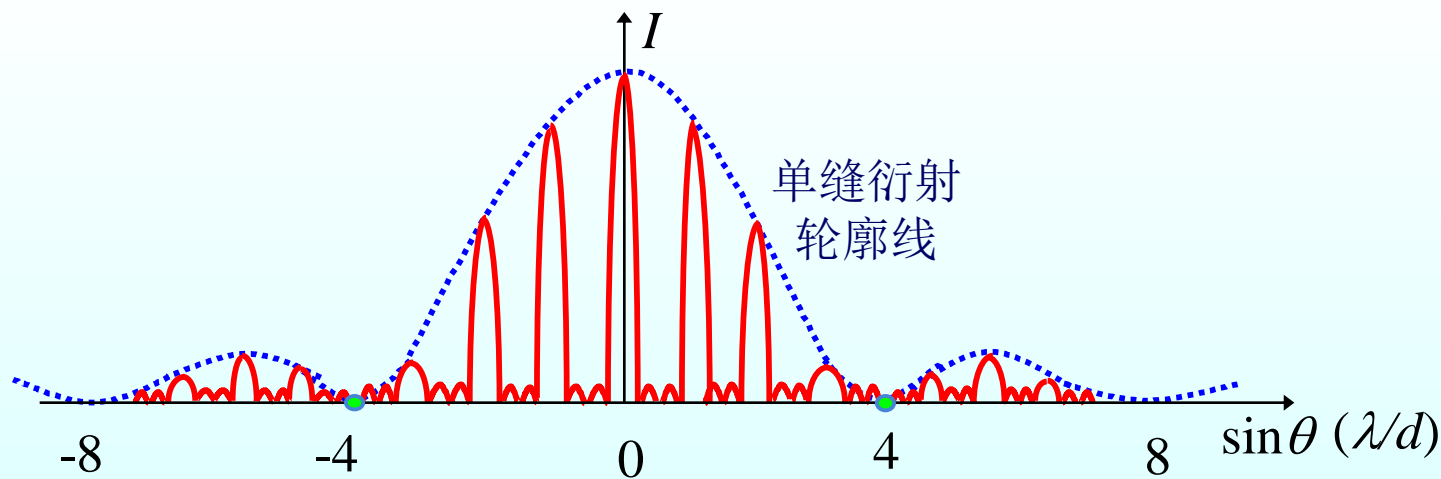
光栅暗纹：

$$(a+b)\sin\theta = \frac{k'}{N}\lambda = \left(k + \frac{n}{N}\right)\lambda$$

N—光栅缝总数
 $n=1,2,\dots,N-1$

$$k' = \pm 1, \pm 2, \dots, \pm(N-1), \pm(N+1), \pm(N+2), \dots, \pm(2N-1), \pm(2N+1), \dots$$

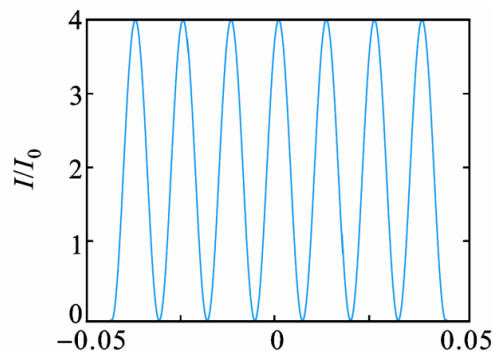
$$\text{当: } k' = N, 2N, 3N, \dots \rightarrow k = \frac{k'}{N} = 1, 2, \dots (\text{主极大数})$$



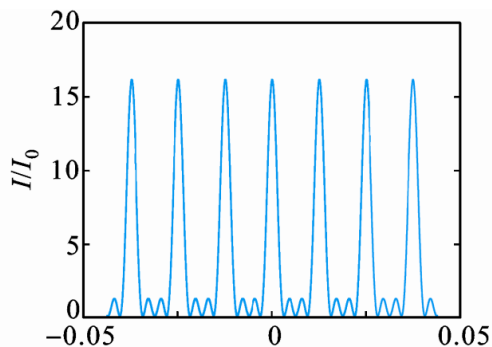
✓ 在两个相邻主极大之间，分布着N-1条暗纹和N-2条次级明纹。

3、次极大

- 次极大亮度 \ll 主极大亮度

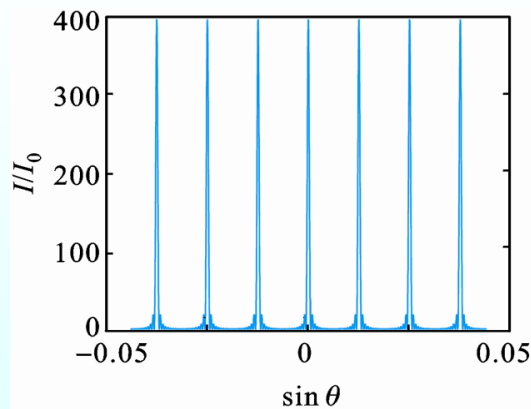


(a) $N=2$

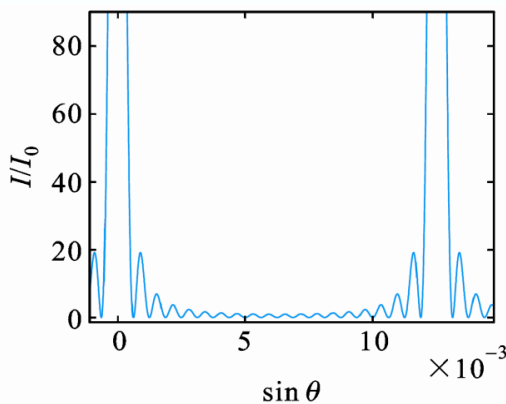


(b) $N=4$

✓ 若 N 很大，实际上在相邻的主极大之间形成一片暗区，次极大完全观察不到。

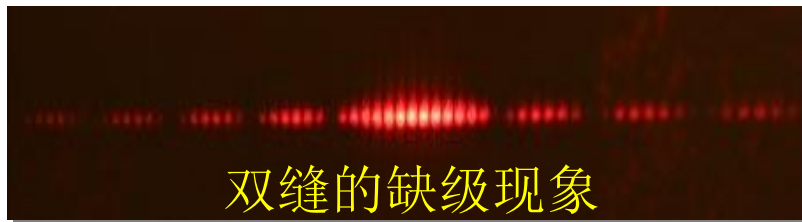


(d) $N=20$ (右图为左图底部放大图)



4、缺级

因单缝衍射的影响，在该出现明纹的地方出现暗纹的现象。



光栅明纹： $(a+b)\sin\theta = k\lambda$

单缝衍射暗纹： $a\sin\theta = k'\lambda$

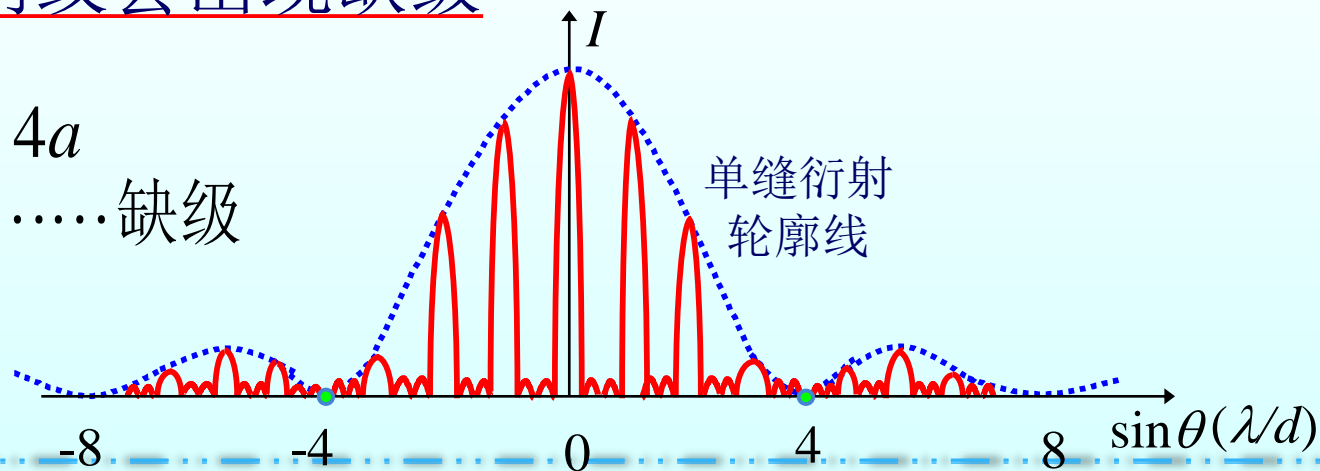
$$k = \frac{a+b}{a} k' \quad \text{缺级}$$

$$k' = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$$

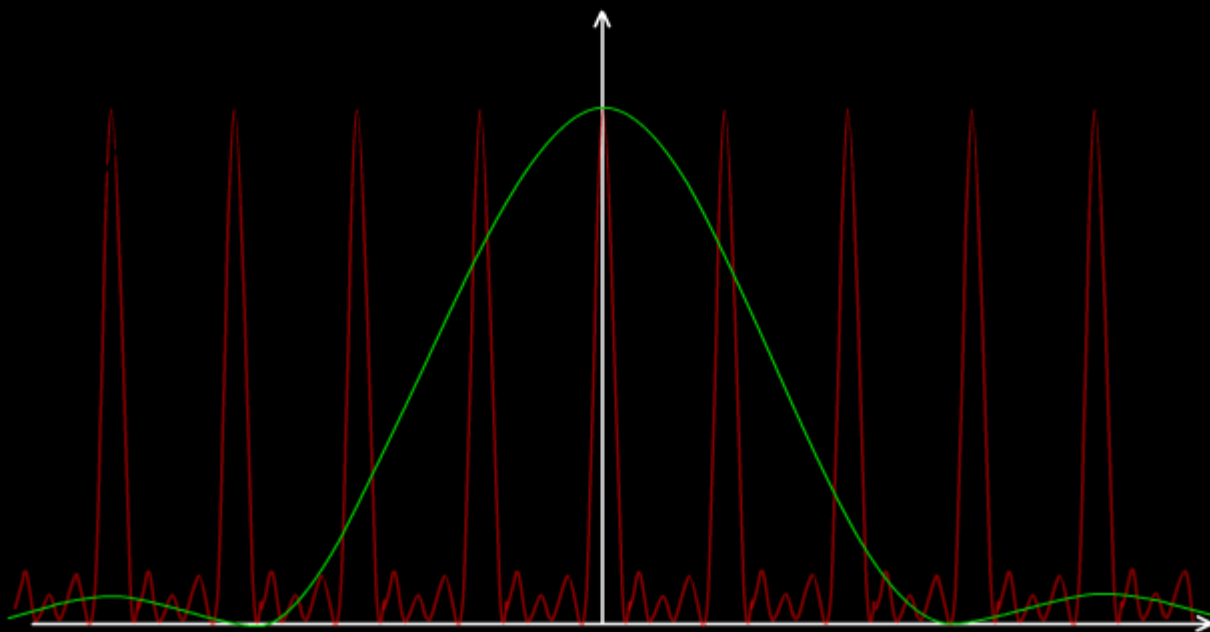
$\frac{b}{a}$ 为整数比时，明纹会出现缺级

如： $(a+b) = 4a$

$\therefore k = \pm 4, \pm 8 \dots$ 缺级



光栅(多缝)衍射光强分布曲线

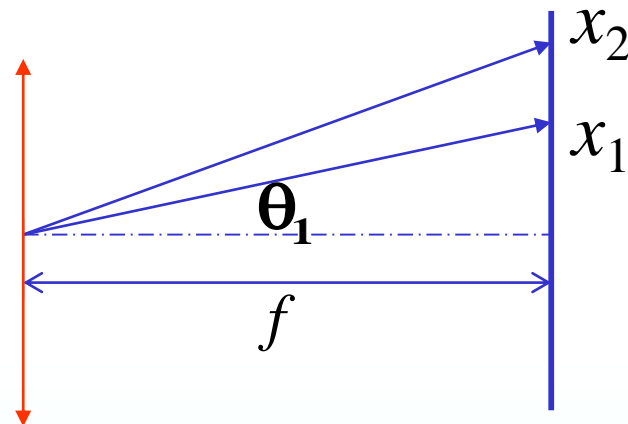


例、 波长为5000Å和5200Å的两种单色光同时垂直入射在光栅常数为0.002cm的光栅上，紧靠光栅后用焦距为2米的透镜把光线聚焦在屏幕上。求这两束光的第三级谱线之间的距离。

解： 根据光栅方程：

$$(a + b) \sin \theta = k\lambda \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\sin \theta_1 = \frac{3\lambda_1}{a + b} \quad \sin \theta_2 = \frac{3\lambda_2}{a + b}$$



$$x_1 = f \cdot \tan \theta_1 \quad x_2 = f \cdot \tan \theta_2 \quad \sin \theta \approx \tan \theta$$

$$\Delta x = f (\tan \theta_2 - \tan \theta_1) = f \left(\frac{3\lambda_2}{a + b} - \frac{3\lambda_1}{a + b} \right) = 0.006 \text{ m}$$

例、 波长 600 (nm) 的单色光垂直入射在一光栅上，相邻的两条明条纹分别出现在 $\sin\theta=0.20$ 与 $\sin\theta=0.30$ 处，第四级缺级。

求： (1) 光栅上相邻两缝的间距有多大？

(2) 光栅上狭缝的最小宽度有多大？

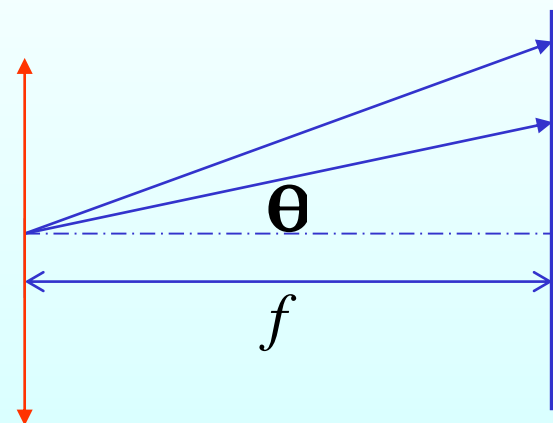
(3) 列举出光屏上实际呈现的全部级数。

解： (1) 由光栅衍射明条纹公式 $d \sin \theta = k\lambda$ 得

$$\begin{cases} 0.20d = k\lambda \\ 0.30d = (k+1)\lambda \end{cases} \Rightarrow k = 2$$

得

$$d = \frac{2\lambda}{\sin \theta_k} = \frac{2 \times 6000 \times 10^{-10}}{0.20} = 6 \times 10^{-6} (m)$$



(2)
$$\begin{cases} d \sin \varphi = k\lambda \\ a \sin \varphi = k'\lambda \end{cases} \Rightarrow \frac{d}{a} = \frac{k}{k'} = 4$$

狭缝最小宽度为:
$$a = \frac{d}{4} = \frac{6 \times 10^{-6}}{4} = 1.5 \times 10^{-6} (m)$$

(3) 因为 $k = 4k' \quad k' = \pm 1, \pm 2, \dots$

所以缺级 $k = \pm 4, \pm 8, \pm 12, \dots$

取 $\sin \theta = 1$, 则 $k = \frac{d}{\lambda} = \frac{6 \times 10^{-6}}{6000 \times 10^{-10}} = 10$

实际屏幕上呈现的全部级数为

$$k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 5, \pm 6, \pm 7, \pm 9$$