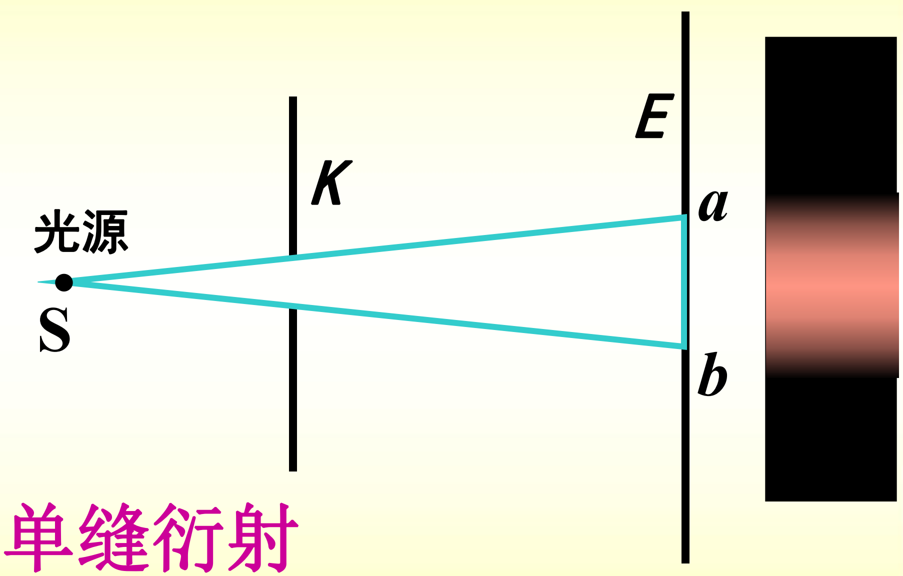
第14章 光的衍射

定义——光在传播过程中遇到障碍物时偏离直线传播的现象，即光能绕过障碍物的边缘继续前进.

13.1 光的衍射　惠更斯—菲涅耳原理

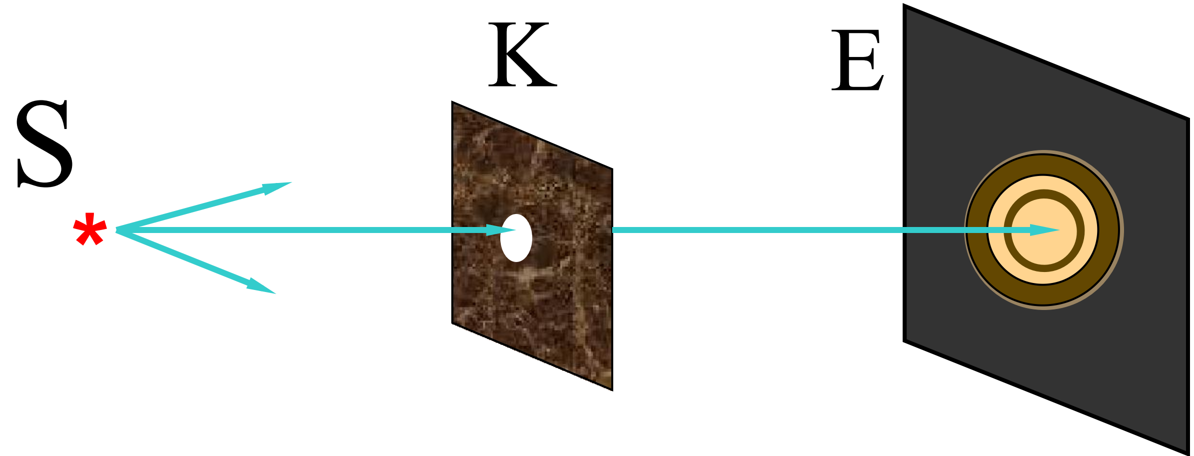
一、光的衍射现象及分类

波在传播中遇到障碍物，使波面受到限制时，能够绕过障碍物继续前进的现象。



单缝衍射

圆孔衍射

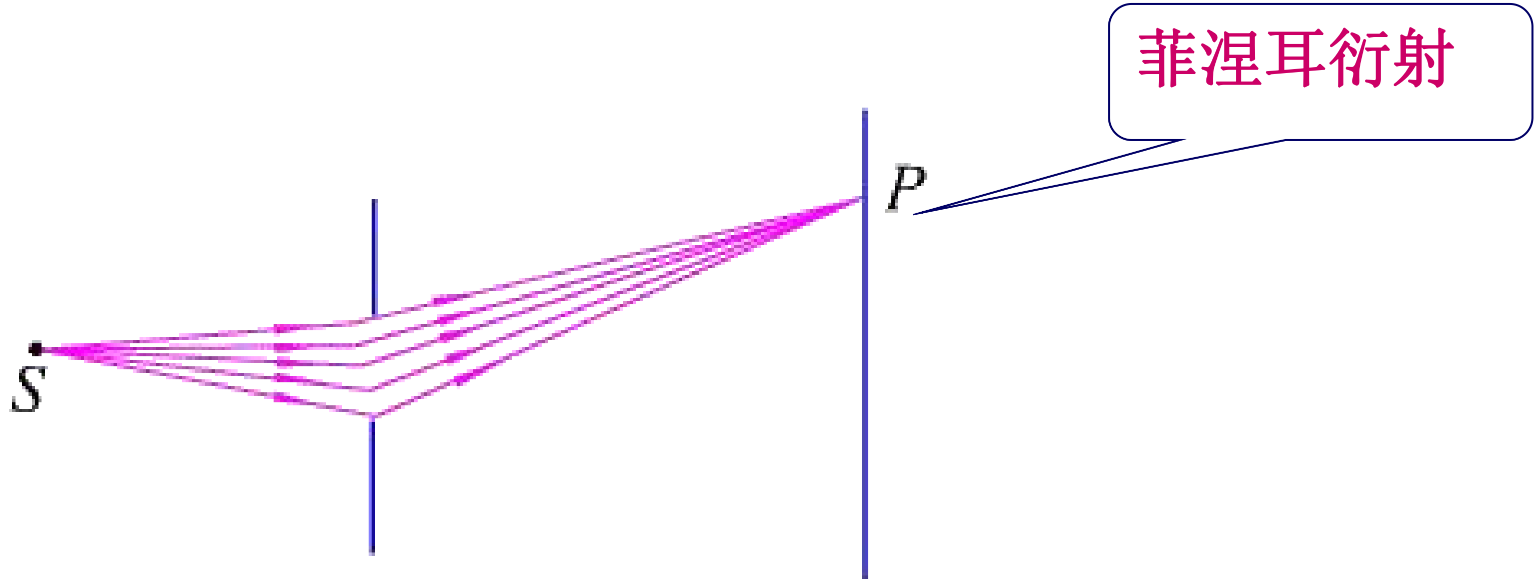


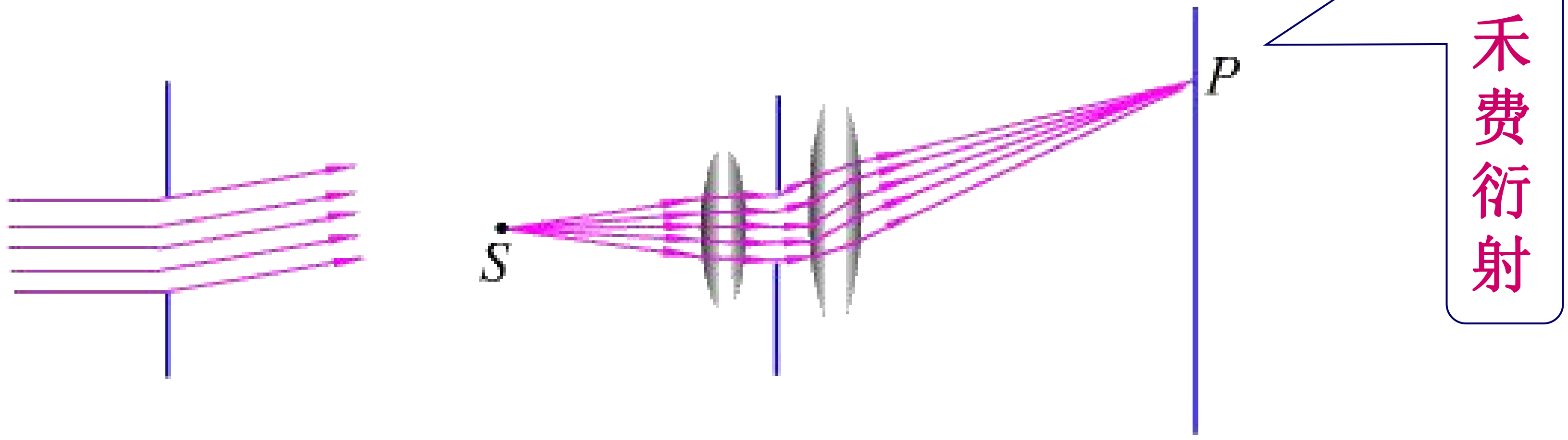
衍射系统的组成：光源、衍射屏、接收屏

衍射的分类

菲涅耳衍射： 光源和接收屏(或其一)与衍射屏间距离有限远

夫琅禾费衍射： 光源和接收屏与衍射屏间距离都无限远

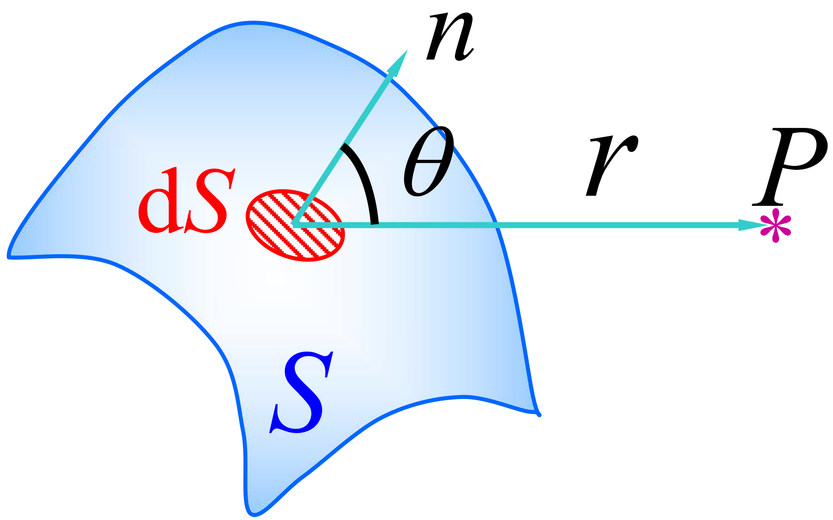




光线平行相当于在无限远处相交

也称平行光衍射

二、惠更斯—菲涅耳原理



S：t 时刻波阵面

$\mathrm{d}S$：波阵面上面元

（子波波源）

惠更斯—菲涅耳原理：从同一波阵面上各点发出的子波，在传播过程中相遇时，也能相互叠加而产生干涉现象，空间各点波的强度，由各子波在该点的相干叠加所决定.

$\mathrm{d}S$ 在 P 点引起的光振动

$$\mathrm{d}E = C\frac{K(\theta)}{r}\cos 2\pi(\frac{t}{T}-\frac{r}{\lambda})\mathrm{d}S$$

倾斜因子 $K(\theta)$

✓当 $\theta=0$ 时，$K(\theta)$ 为最大

✓当 $\theta\geq\frac{\pi}{2}$ 时，$K(\theta)=0$

所有dS面元发出的子波在P点引起的合振动

$$E=\int\mathrm{d}E=\int C\frac{K(\theta)}{r}\cos 2\pi(\frac{t}{T}-\frac{r}{\lambda})\mathrm{d}S$$

研究衍射问题的理论基础！

但是，由菲涅耳积分计算观察屏上的强度分布通常很复杂。

明暗纹条件——菲涅耳半波带法

干涉和衍射的联系与区别

干涉和衍射本质都是波的相干叠加

- 干涉是有限多个分立的光的相干叠加
- 衍射是波面上无限多个连续子波的相干叠加

二者常出现在同一现象中。

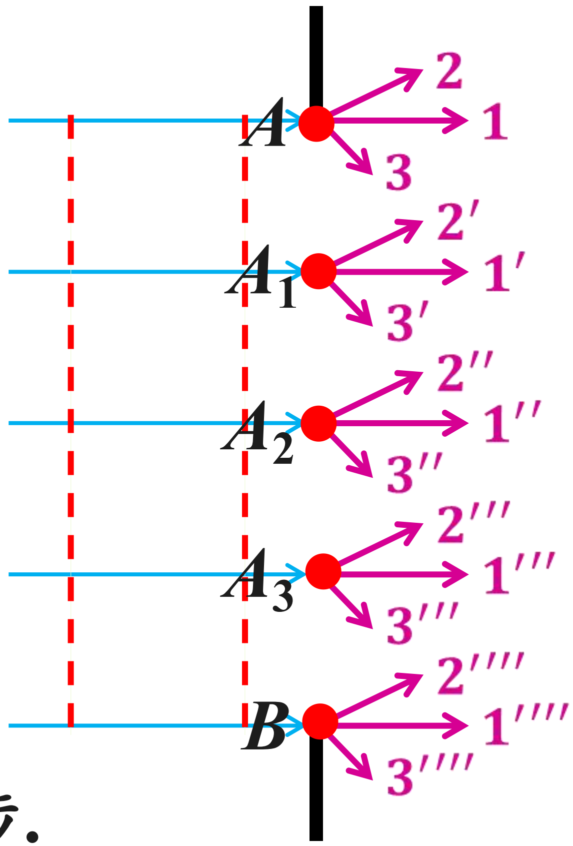
14.2 单缝夫琅禾费衍射

——利用菲涅耳半波带法分析产生明暗纹的条件

波阵面上的每点可视为子波源.

子波源发射向前的各方向衍射光.

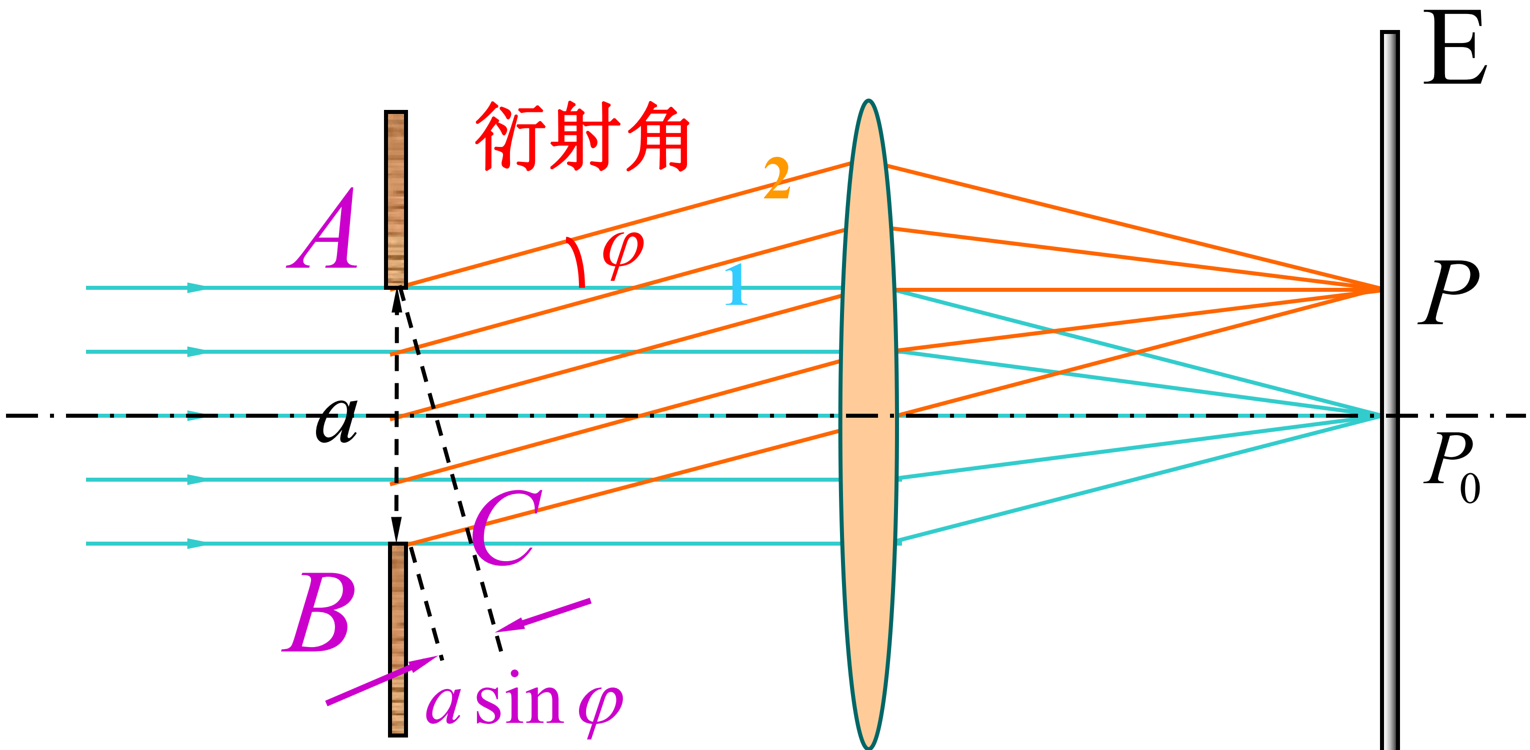
各方向的衍射光用衍射角φ表示.



相互平行的衍射光在无穷远处发生干涉.

相互平行的衍射光经过凸透镜后在焦平面汇聚.

单缝夫琅禾费衍射



（衍射角 φ ：向上为正，向下为负.）

成 φ 角的衍射光的最大光程差

$$\delta_{\max} = BC = a\sin\varphi$$

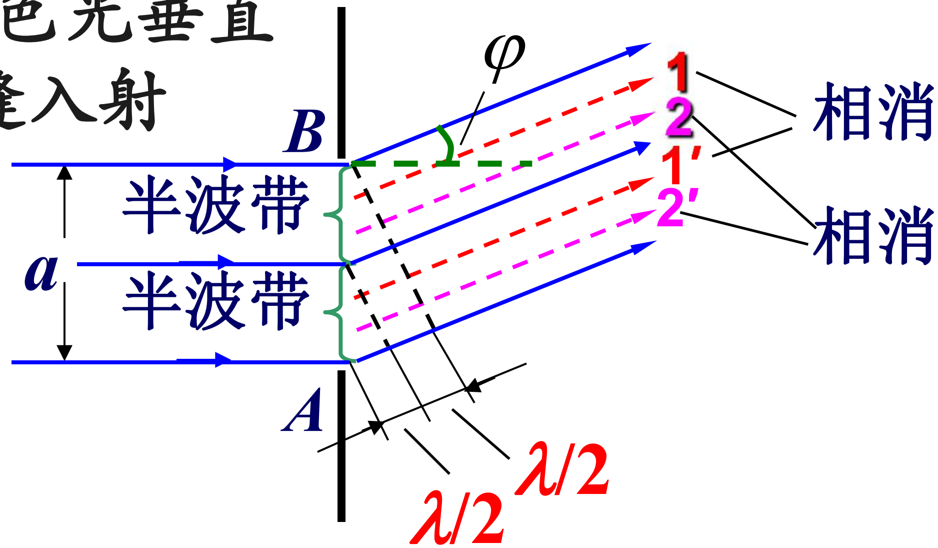
一、菲涅耳半波带法——明暗条纹分布

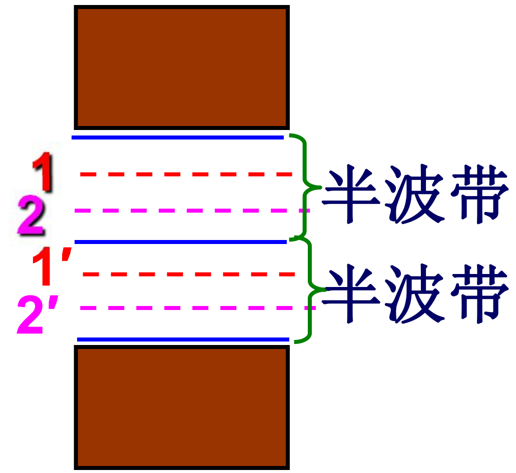
$\delta_{max} = a\sin\varphi$

$\varphi = 0, \Rightarrow \delta = 0$—— 中央明纹（中心）

1) 当 $a\sin\varphi = \lambda$ 时，可将缝分为两个“半波带”

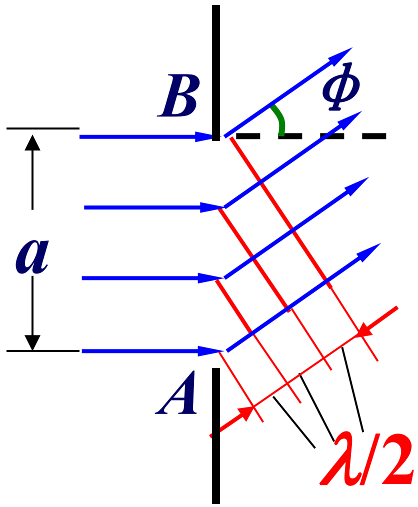
平行单色光垂直单缝入射





两个半波带发的光，在 P 点干涉相消形成暗纹。

2）当 $a\sin\varphi = \frac{3}{2}\lambda$ 时，可将缝分成三个半波带，



其中两相邻半波带的衍射光相消，余下一个半波带的衍射光不被抵消

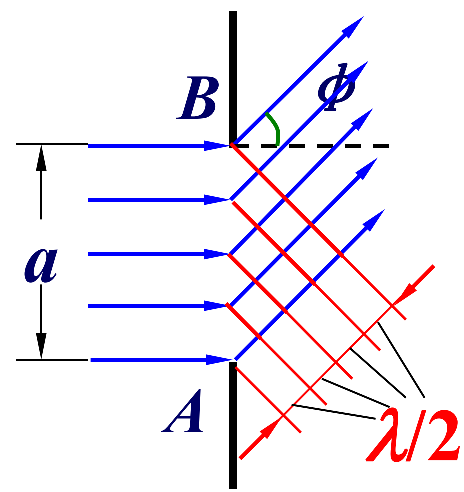
— 在 *P* 点形成明纹（中心）

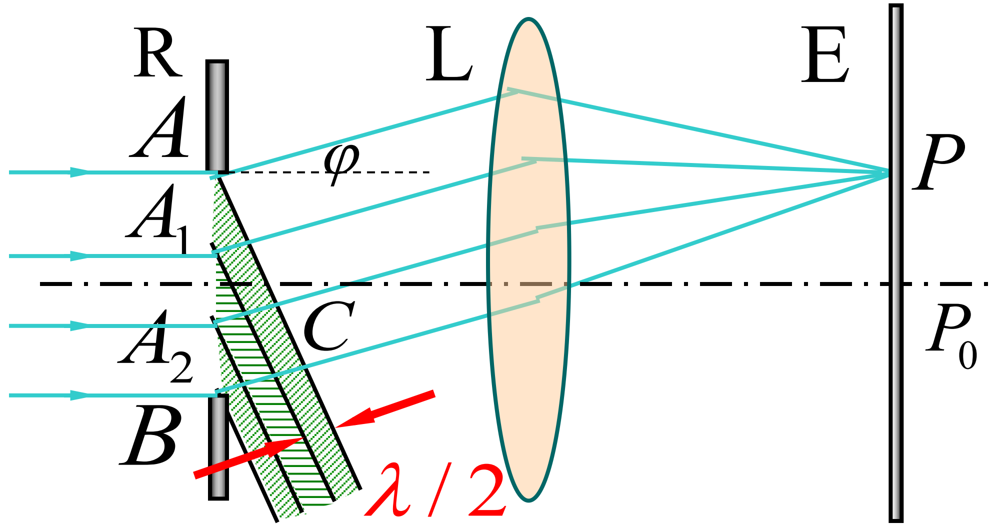
3）当 $a\sin\varphi = 2\lambda$ 时，

可将缝分成四个半波带，

两相邻半波带的衍射光相消

*P*点形成暗纹。





$$BC = a\sin\varphi = \pm k\frac{\lambda}{2}$$

（ k 个半波带）

$$a\sin\varphi \begin{cases} = 0 & \text{中央明纹中心} \\ = \pm k\lambda & \text{暗条纹} \\ = \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{明条纹} \\ \neq k\dfrac{\lambda}{2} & \text{（介于明暗之间）} \end{cases}$$

偶数个半波带

奇数个半波带

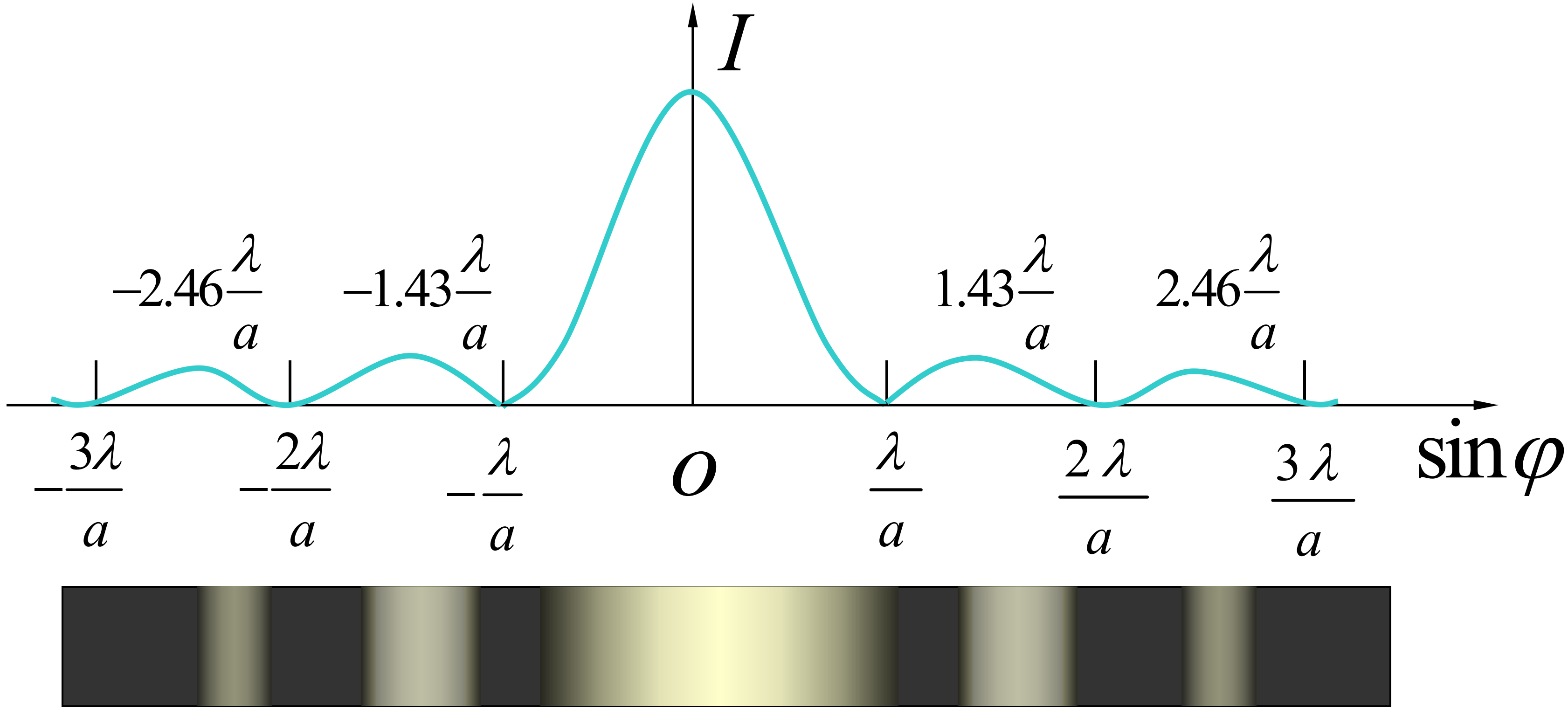
$k = 1, 2, 3,$

二、光强分布

$$\begin{cases} a\sin\varphi = \pm k\lambda & \text{暗条纹} \\ a\sin\varphi = \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{明条纹} \end{cases}$$

$$\sin\varphi = \pm k\frac{\lambda}{a}$$

$$\sin\varphi = \pm\left(k+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{a}$$



讨论

$$\begin{cases} a\sin\varphi = \pm k\lambda & \text{暗条纹} \\ a\sin\varphi = \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{明条纹} \end{cases}$$

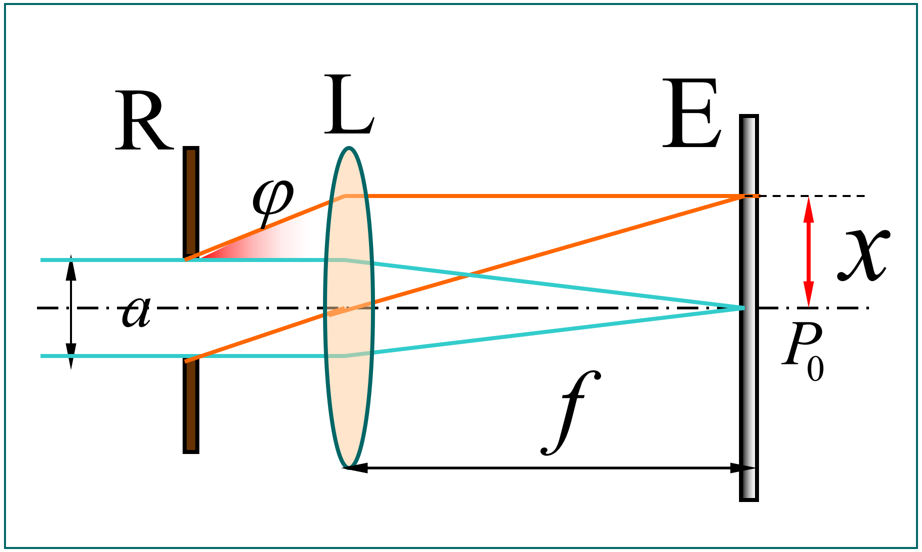
$$\sin\varphi \approx \varphi, \quad x = \varphi f, \quad a\sin\varphi \approx a\frac{x}{f}$$

（1）第一暗纹距中心的距离

$$\boxed{x_1 = \varphi f = \frac{\lambda}{a} f}$$

第一暗纹的衍射角

$$\boxed{\varphi_1 = \arcsin\frac{\lambda}{a}}$$



第一暗纹的衍射角 $\varphi_1 = \arcsin\dfrac{\lambda}{a}$

✓ λ 一定 $\begin{cases} a\text{增大}, \varphi_1\text{减小} \; \dfrac{\lambda}{a} \Rightarrow 0,\ \varphi_1 \Rightarrow 0 \\ a\text{减小}, \varphi_1\text{增大} \; a \Rightarrow \lambda,\ \varphi_1 \Rightarrow \dfrac{\pi}{2} \end{cases}$

光直线传播

衍射最大

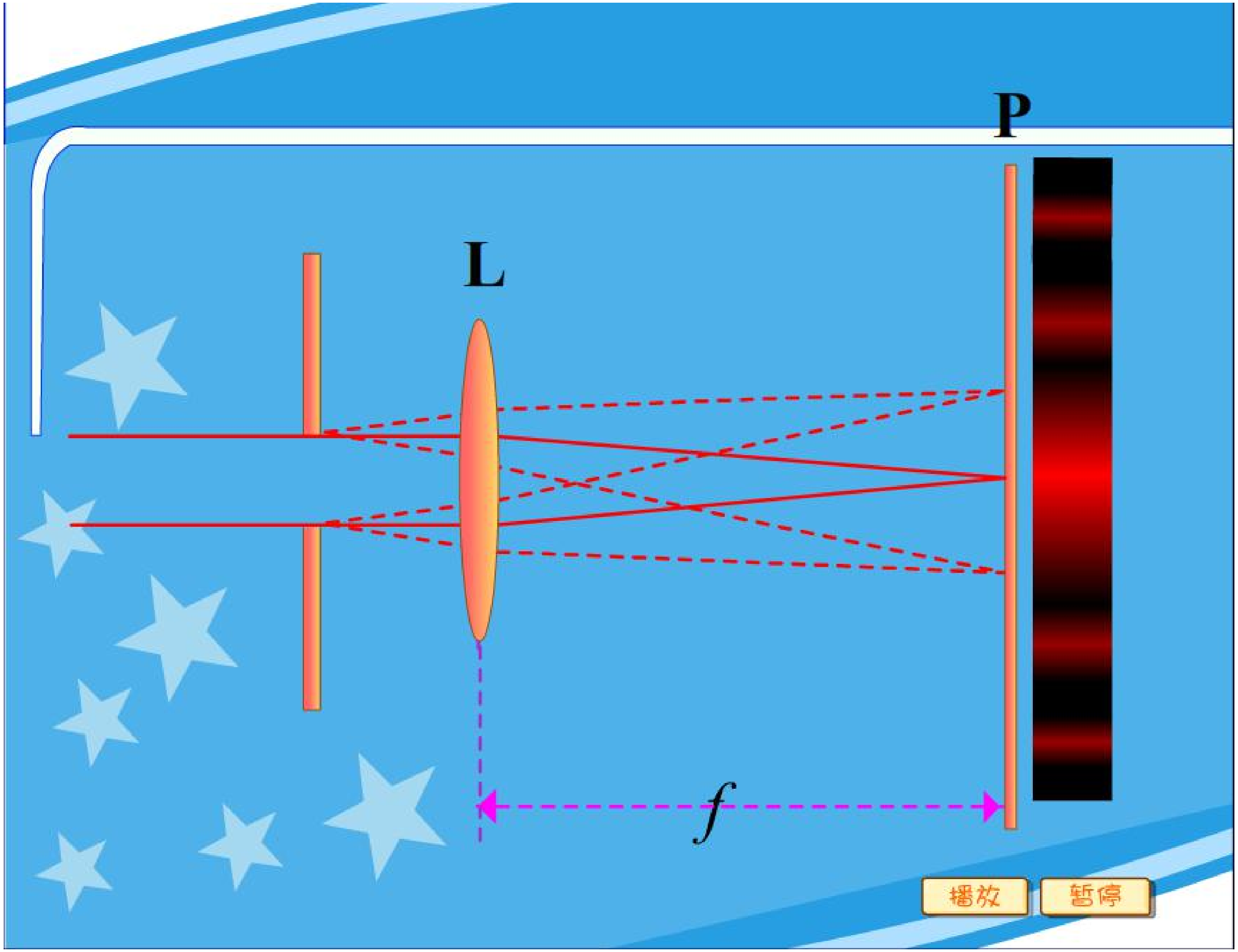
✓ a 一定，λ 越大， φ_1 越大，衍射效应越明显.

（2）中央明纹　（$k=1$ 的两暗纹间）

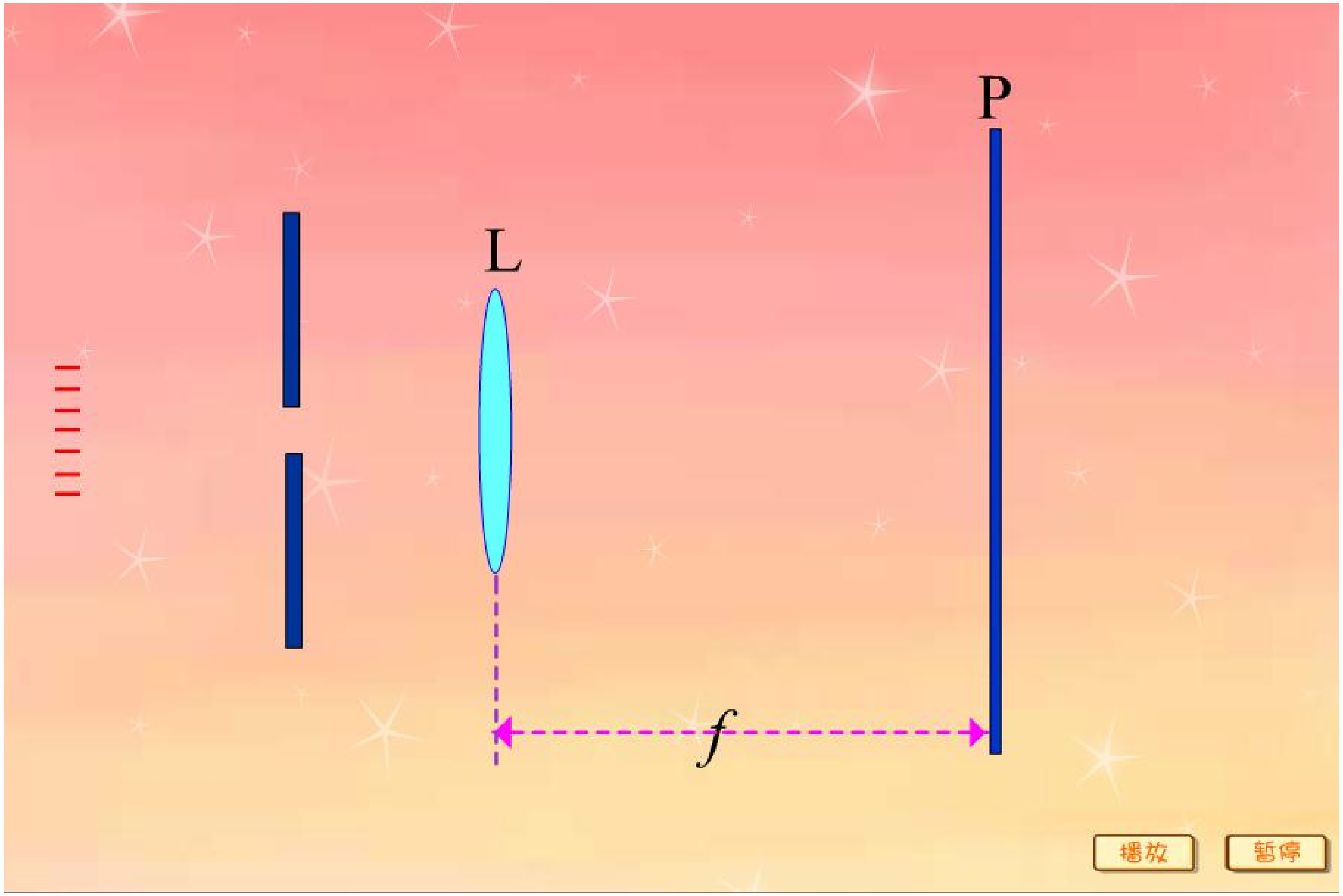
角范围 $-\dfrac{\lambda}{a} < \sin\varphi < \dfrac{\lambda}{a}$　线范围 $-\dfrac{\lambda}{a} f < x < \dfrac{\lambda}{a} f$

中央明纹的宽度 $\Delta x_0 = 2x_1 \approx 2\dfrac{\lambda}{a} f$

✓ 单缝宽度变化，中央明纹宽度变化情况：



✓ 入射波长变化，衍射效应变化情况：



λ越大，φ_1越大，衍射效应越明显.

（3）条纹宽度（相邻条纹间距）

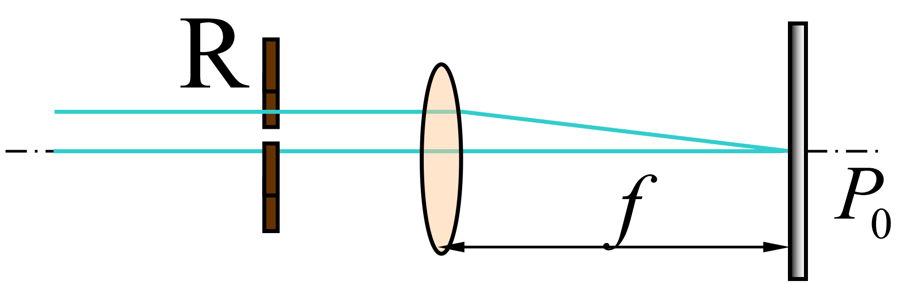
$$\begin{cases} a\sin\varphi = \pm k\lambda & \text{暗条纹} \\ a\sin\varphi = \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{明条纹} \end{cases}$$

$$\Delta x = \frac{\lambda}{a} f$$

除了中央明纹外的其它明纹、暗纹的宽度

问：单缝上下微小移动时，衍射图是否变化？

答：根据透镜成像原理衍射图不变.



单缝上移，零级明纹中心仍在透镜光轴上.

例14.1 用波长为λ的单色光照射狭缝，得到单缝的夫琅禾费衍射图案，第3级暗纹位于屏上P处，问：

(1) 若将狭缝宽度缩小一半，那么P处是明纹还是暗纹?

(2) 若用波长为1.5λ的单色光照射，P处是明纹还是暗纹?

解：假设狭缝宽度为a，汇聚于P处的衍射光的夹角为φ，则

$$a\sin\varphi = 2k\cdot\frac{\lambda}{2} = 2\times 3\times\frac{\lambda}{2}$$

(1) 狭缝宽度缩小时，汇聚于P处的衍射光的夹角不变

$$\frac{a}{2}\sin\varphi = \frac{3\lambda}{2} = (2\times 1+1)\times\frac{\lambda}{2}$$

奇数个半波带，对应于第1级明纹.

(2) 波长改变，其它量不变

$$a\sin\varphi = 6\cdot\frac{\lambda}{2}$$

$$a\sin\varphi = k'\frac{\lambda'}{2} = k'\frac{1.5\lambda}{2}$$

$$k'\frac{1.5\lambda}{2} = 6\times\frac{\lambda}{2} \Rightarrow k' = 4 = 2\times 2$$

偶数个半波带，对应于第2级暗纹.

例14.2 波长 λ =600nm的单色光垂直入射到缝宽a=0.2 mm的单缝上，缝后用焦距f=50 cm的会聚透镜将衍射光会聚于屏幕上.求：(1)中央明条纹的角宽度、线宽度；(2)第1级明条纹的位置以及单缝处波面可分为几个半波带？(3)第1级明条纹宽度.

解 (1)第1级暗条纹对应的衍射角 φ_0为

$$\sin\varphi_0=\frac{\lambda}{a}=\frac{6\times10^{-7}}{2\times10^{-4}}=3\times10^{-3}$$

因 $\sin\varphi_0$ 很小，可知中央明条纹的角宽度为

$$2\varphi_0\approx2\sin\varphi_0=6\times10^{-3}\ \text{rad}$$

第1级暗条纹到中央明条纹中心O的距离为

$$x_1 = f\tan\varphi_0 \approx f\varphi_0 = 0.5\times3\times10^{-3} = 1.5\times10^{-3}\ \text{m} = 1.5\ \text{mm}$$

中央明条纹的线宽度为 $\Delta x_0 = 2x_1 = 2\times1.5 = 3\ \text{mm}$

(2)第1级明条纹对应的衍射角φ满足

$$\sin\varphi = (2k+1)\frac{\lambda}{2a} = \frac{3\times6\times10^{-7}}{2\times2\times10^{-4}} = 4.5\times10^{-3}$$

第1级明条纹中心到中央明条纹中心的距离为

$$x = f\tan\varphi \approx f\sin\varphi = 0.5\times4.5\times10^{-3} = 2.25\times10^{-3}\ \text{m} = 2.25\ \text{mm}$$

对应于该 φ 值，单缝处波面可分的半波带数为

$$2k+1=3\text{个}$$

(3)设第2级暗条纹到中央明条纹中心*O*的距离为 x_2，对应的衍射角为 φ_2，故第1级明条纹的线宽度为

$$\Delta x = x_2 - x_1 = f\tan\varphi_2 - f\tan\varphi_1 \approx f\left(\frac{2\lambda}{a}-\frac{\lambda}{a}\right)=\frac{\lambda}{a}f$$

$$=\frac{6\times10^{-7}\times0.5}{2\times10^{-4}}=1.5\times10^{-3}\ \mathrm{m}=1.5\ \mathrm{mm}$$

第1级明条纹的宽度约为中央明纹宽度的一半.

例14.附加 在夫琅禾费单缝衍射中，已知缝宽 a =0.4 mm，衍射透镜的焦距 f=50 cm。今用含有λ_1 和 λ_2两种波长的光照射狭缝，发现λ_1的第二级暗纹中心刚好与λ_2 的第三级暗纹中心重合。若已知$\lambda_1 = 600\ \text{nm}$，求：

（1） λ_2 =?;

（2） λ_1和 λ_2第二级明纹中心的距离；

（3） 比较λ_1 和λ_2 零级极大的宽度。

解：对暗纹，满足$a\sin\varphi = 2k\cdot\frac{\lambda}{2}$

(1) $$2\times 2\times\frac{\lambda_1}{2} = a\sin\varphi' = 2\times 3\times\frac{\lambda_2}{2}$$

$$\lambda_2 = \frac{2}{3}\lambda_1 = 400\ \text{nm}$$

(2) 对明纹满足$a\sin\varphi = (2k+1)\cdot\frac{\lambda}{2}$

λ_1的第二级明纹中心的夹角φ_1

$$\sin\varphi_{21} = (2\times 2+1)\times\frac{\lambda_1}{2a}$$

λ_2的第二级明纹中心的夹角φ_2

$$\sin\varphi_{22} = (2\times 2+1)\times\frac{\lambda_2}{2a}$$

$$\Delta x = x_{21} - x_{22} = f\varphi_{21} - f\varphi_{22} = f(2\times 2+1)\times\frac{\lambda_1 - \lambda_1}{2a}$$

$$= 0.625\ \mathrm{mm}$$

（3）比较λ_1和λ_2零级极大的宽度

$$\Delta x_0 = 2f\frac{\lambda}{a}$$

$$\Delta x_{01} = 2f\frac{\lambda_1}{a} = 2\times 50\ \text{cm}\times\frac{600\ \text{nm}}{0.4\ \text{mm}} = 1.5\ \text{mm}$$

$$\Delta x_{02} = 2f\frac{\lambda_2}{a} = 1.0\ \text{mm}$$

作业：

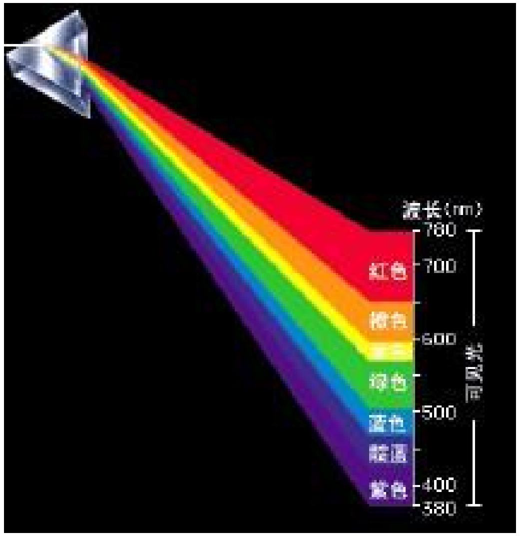
14.12

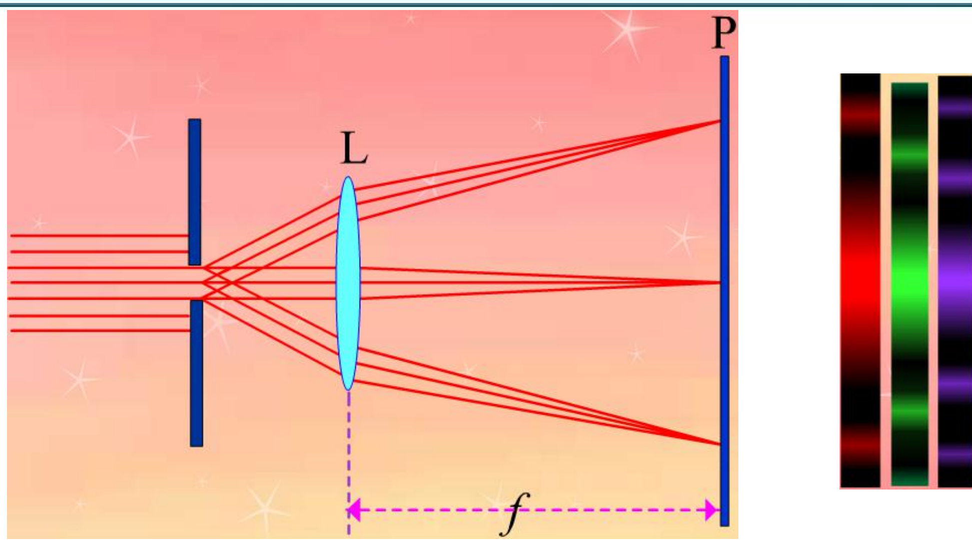
14.3 衍射光栅

光的干涉、衍射在现代科学技术中的应用

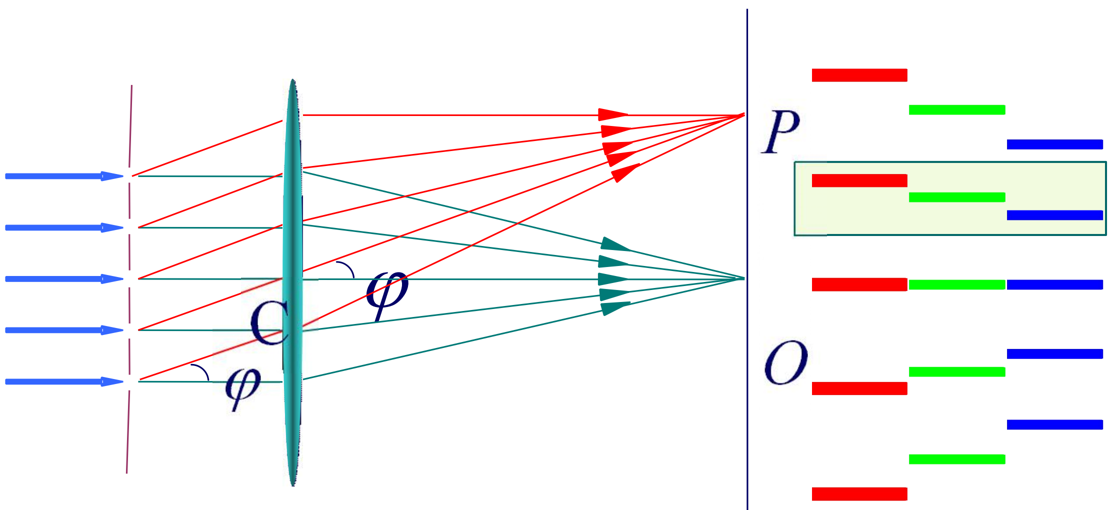
光谱学的测量与分析

光谱测量的要求：相邻波长的光分开间距大，条纹细且亮





单缝衍射



多光束干涉

条纹细且亮

多光束干涉

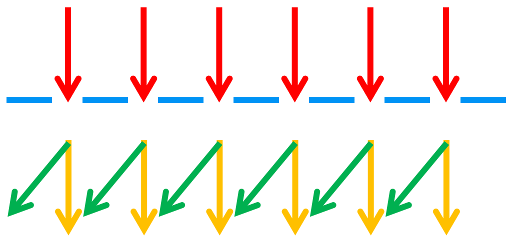
+

单缝衍射

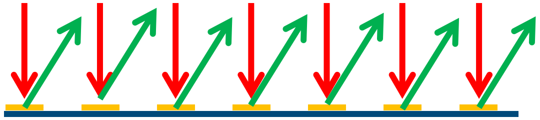
调整光强分布

光栅：由大量等宽、等间距的平行狭缝或反射条所组成的光学元件

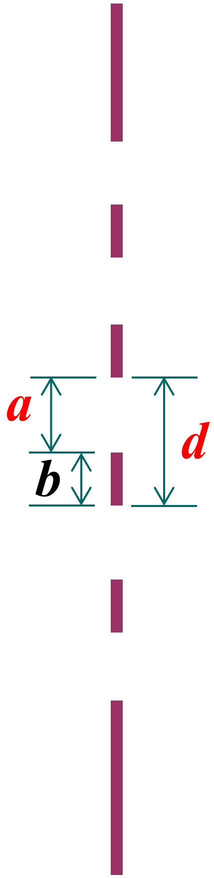
分类：透射光栅、反射光栅



透射式



反射式

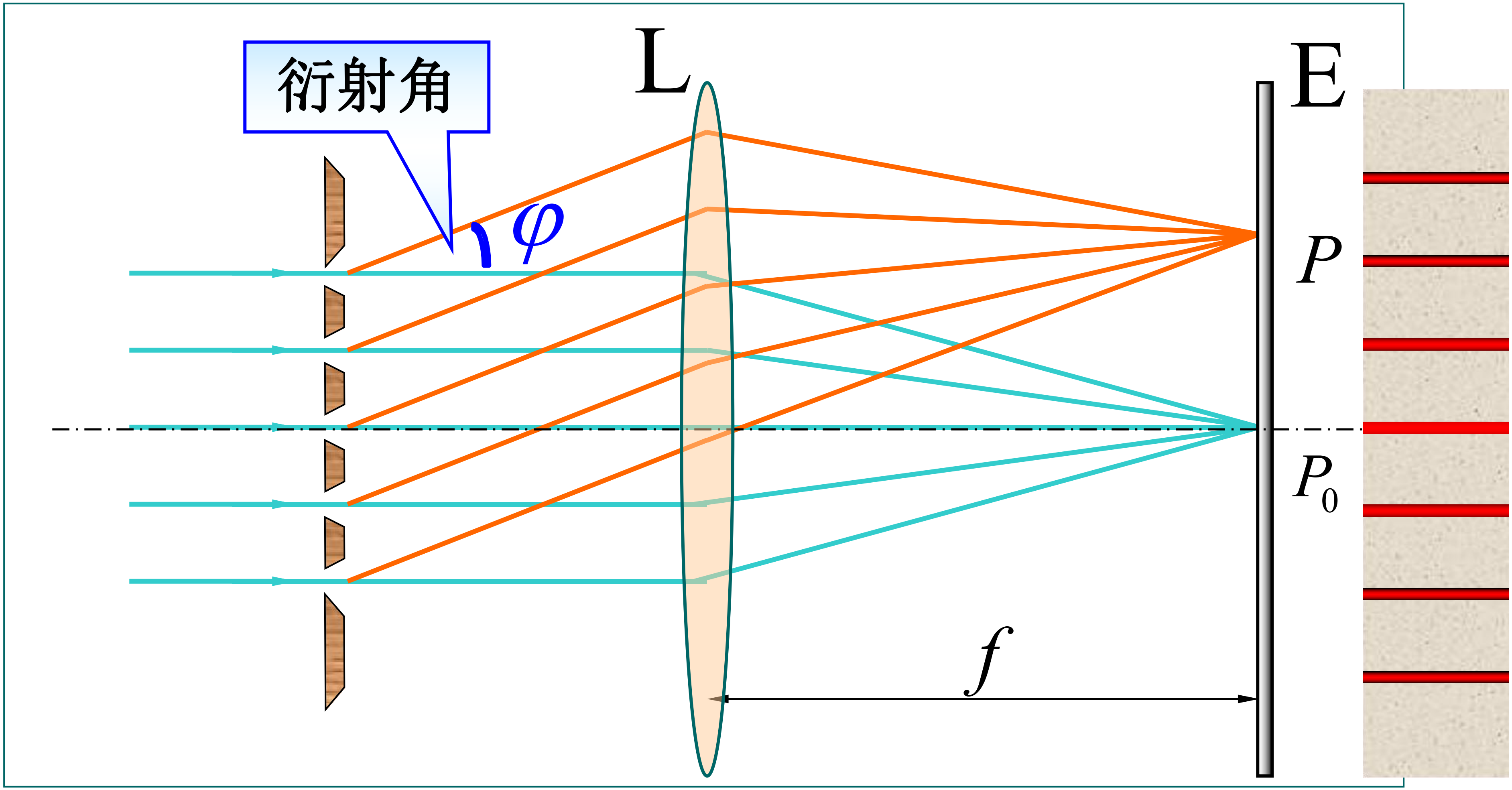


光栅参数：缝宽：a

光栅常数: $d=a+b$ （~1-10 μm）

总缝数：N （$\sim 10^4$）

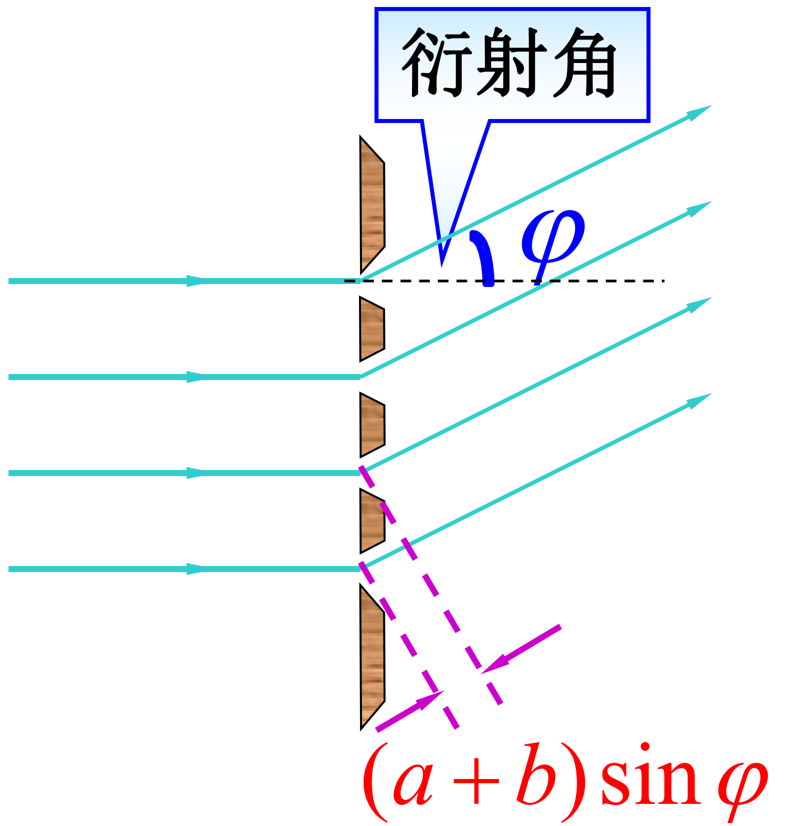
一、光栅衍射现象



二、光栅衍射规律

光栅的衍射条纹是单缝衍射和多缝干涉的总效果.

光栅常数：$10^{-5} \sim 10^{-6}\,\mathrm{m}$



1. 光栅公式

相邻两缝间的光程差：

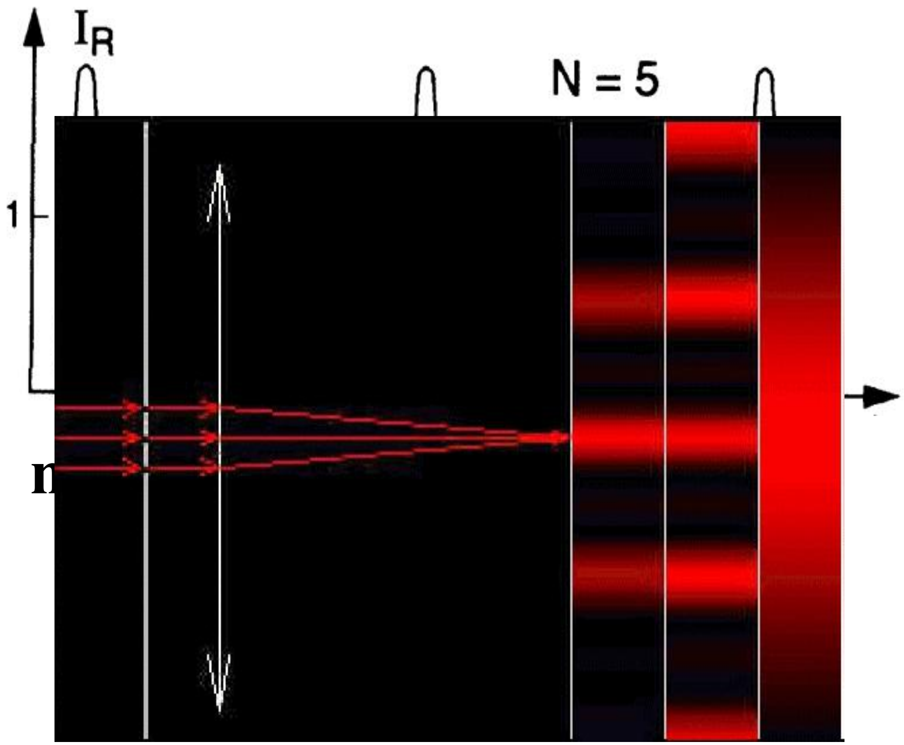
$$\Delta=(a+b)\sin\varphi$$

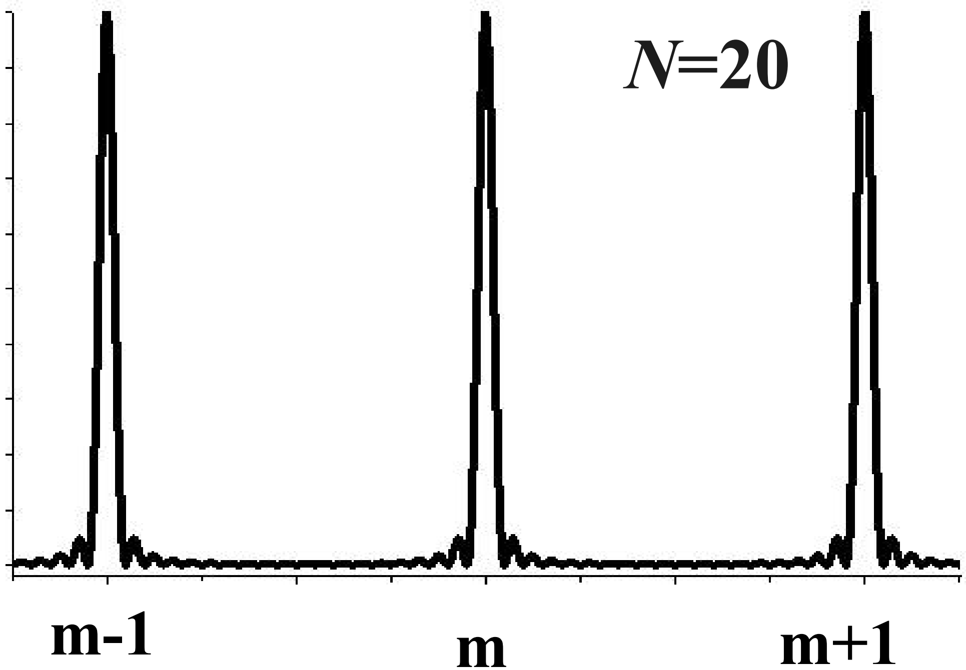
明条纹位置(谱线)满足：

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

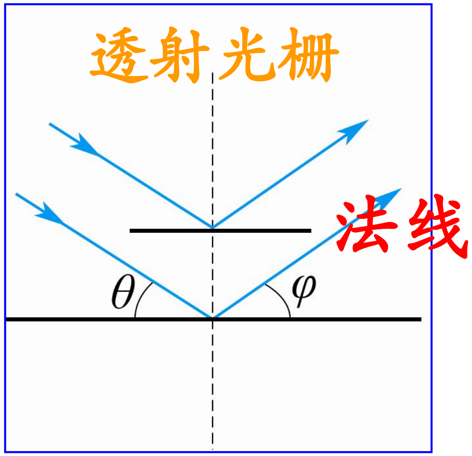
$$k=0,\pm1,\pm2,$$

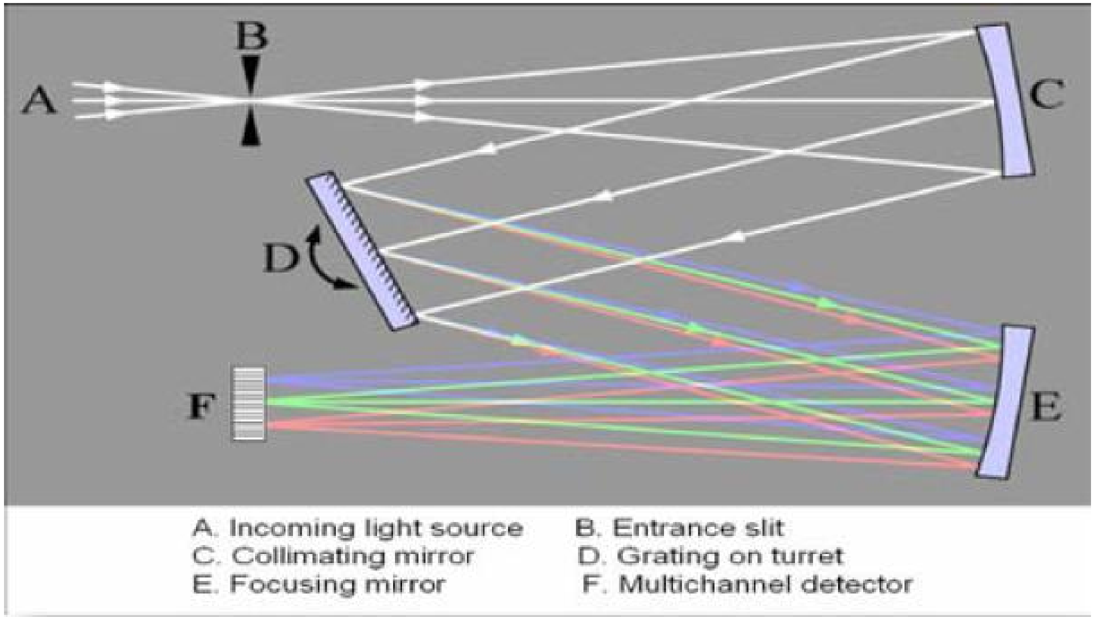
在相邻两主极大之间分布有(N－1)个暗条纹和(N－2)个光强极弱的次级明条纹，这些明条纹几乎是观察不到的，因此实际上在两个主极大之间是一片连续的暗区. 总缝数N愈多，暗条纹也愈多，因而暗区愈宽，明条纹愈细窄.

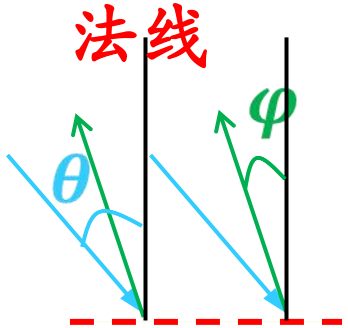




光谱仪中，通常是平行光倾斜地入射到光栅上，如下图：







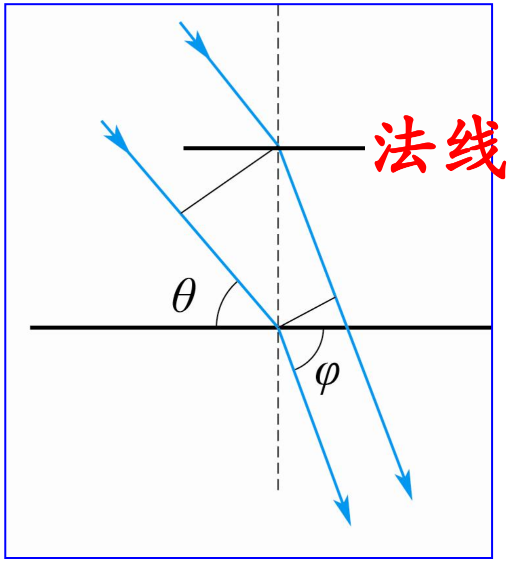
法线同侧

光栅公式

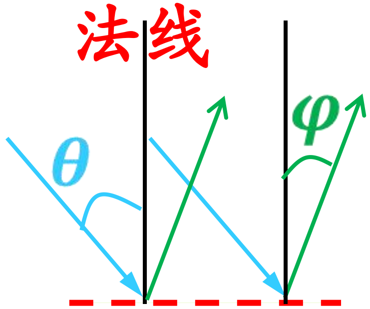
$$(a+b)(\sin\varphi+\sin\theta)=k\lambda$$

$$k=0,\pm1,\pm2,$$

思考



？？？



法线异侧

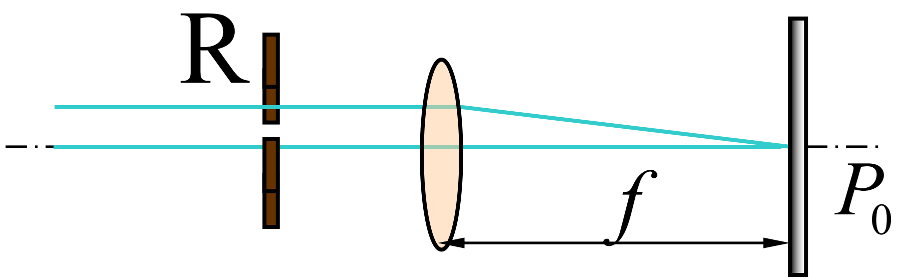
$$(a+b)(\sin\varphi - \sin\theta) = k\lambda$$

$$k = 0, \pm 1, \pm 2,$$

2. 单缝衍射对多光束干涉光强分布的影响

单缝上下微小移动时，衍射图是否变化？

答：根据透镜成像原理衍射图不变.

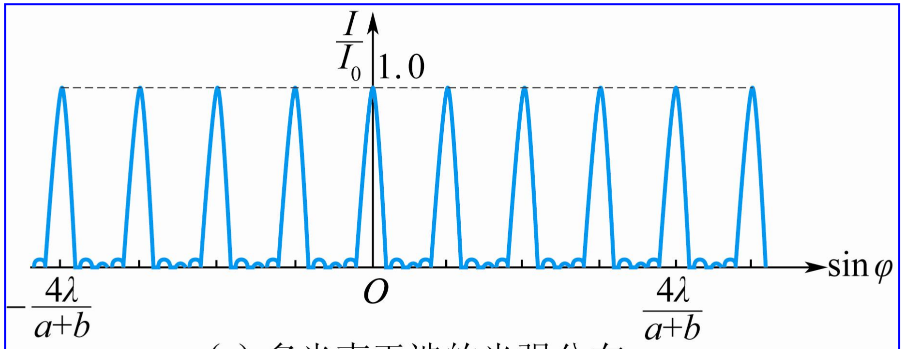


单缝上移，零级明纹中心仍在透镜光轴上.

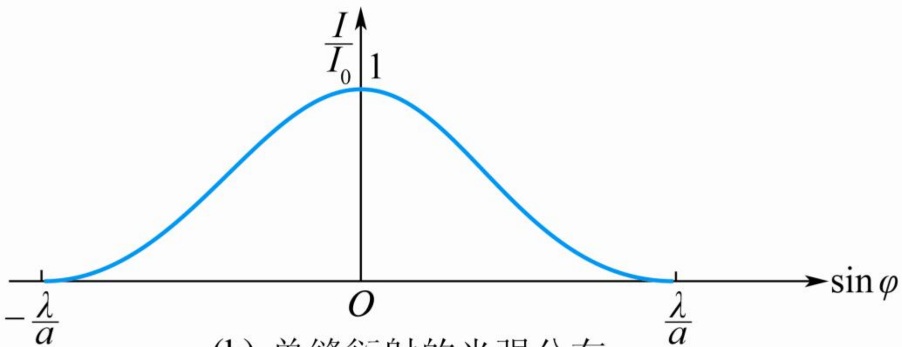
光栅所有狭缝的单缝衍射图案重叠！

3. 单缝衍射对光强分布的影响

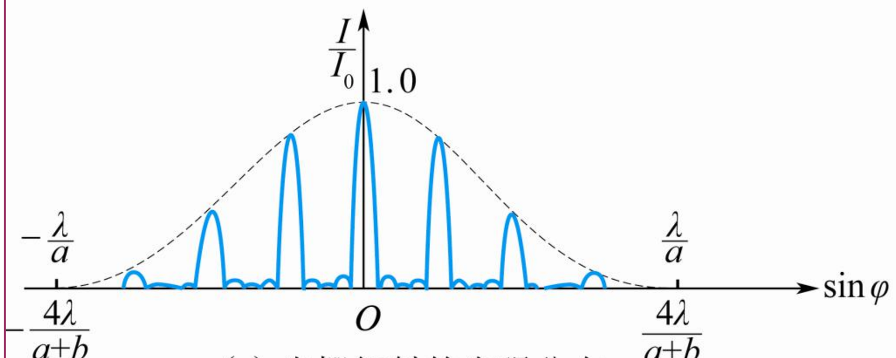
如图所示，是一个N=5的光栅强度分布示意图



(a) 多光束干涉的光强分布



(b) 单缝衍射的光强分布



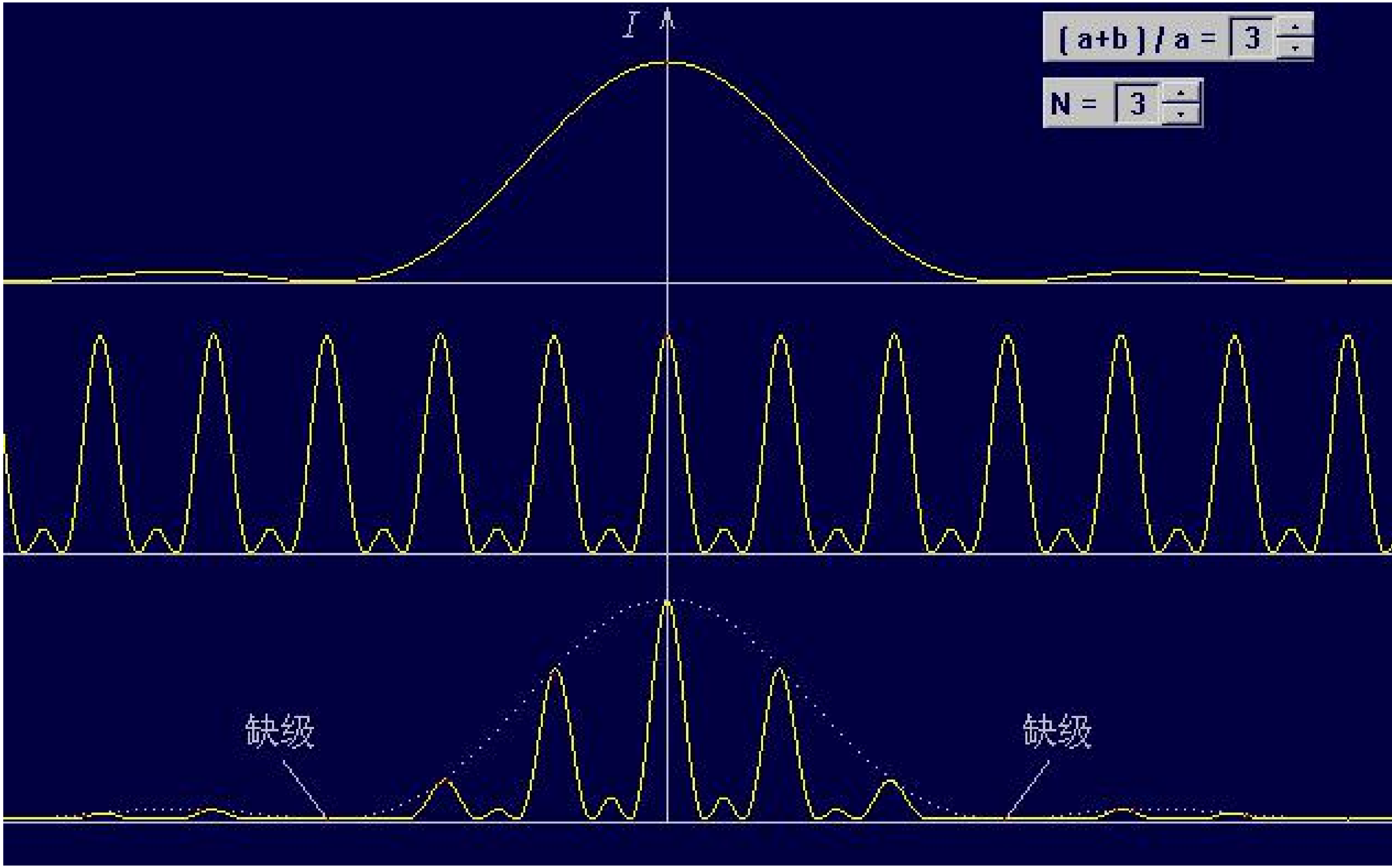
(c) 光栅衍射的光强分布

4. 缺级现象

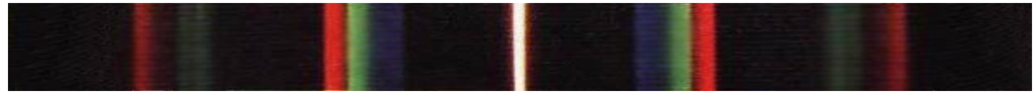
同时满足
$$\begin{cases}(a+b)\sin\varphi = k\lambda \\ a\sin\varphi = k'\lambda\end{cases}$$

缺级条件 $k = k'\dfrac{a+b}{a} \qquad k' = 1, 2, 3,$

一般只要 $\dfrac{a+b}{a}$ 为整数比时，对应的 k 级明条纹位置一定出现缺级现象.

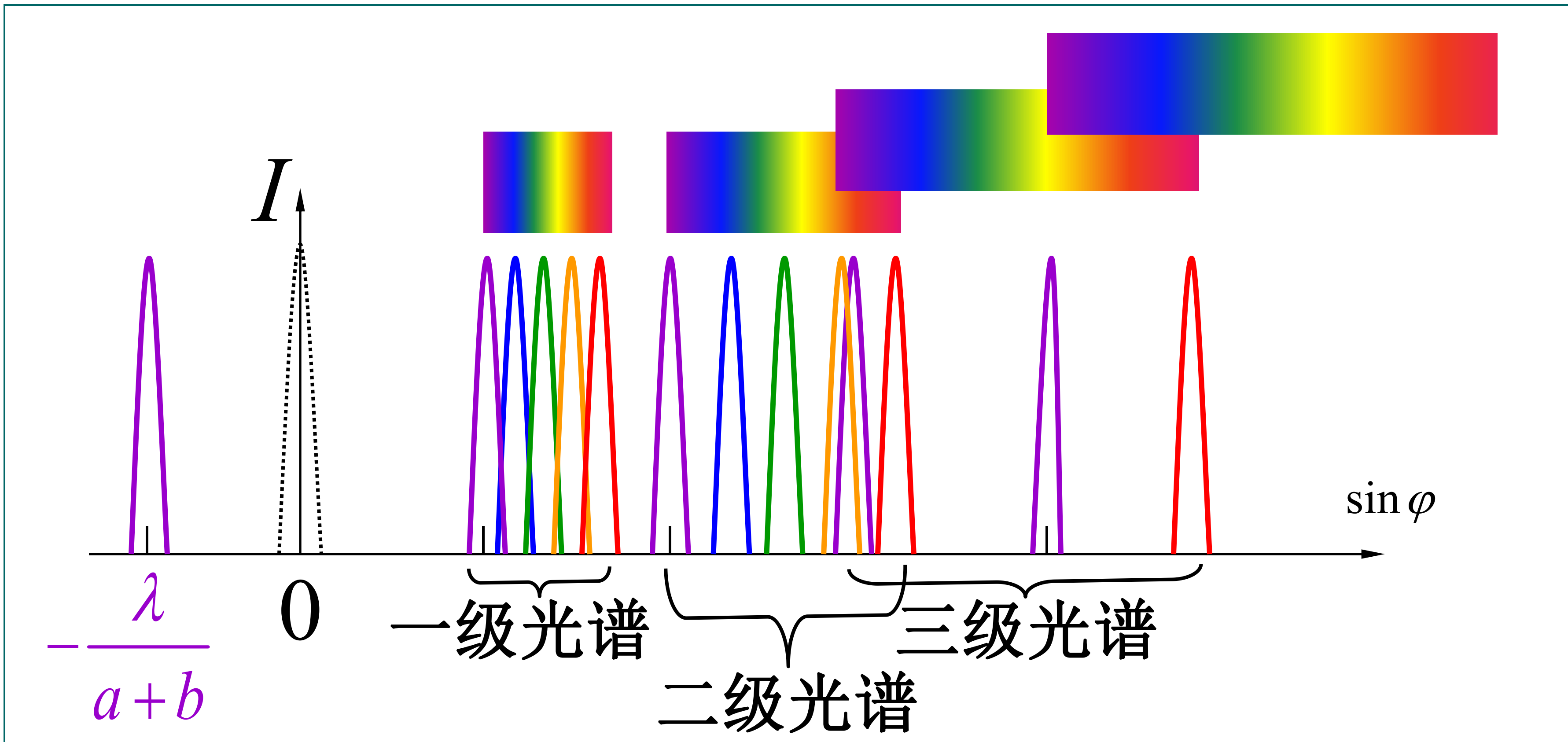

I
(a+b)/a = 3
N = 3
缺级
缺级

三、光栅光谱



$$(a+b)\sin\varphi = k\lambda \qquad (k = 0, \pm1, \pm2, \quad)$$

入射光为白光时，λ不同，按波长各分开形成光谱.



例14.3 用波长为590 nm的钠黄光垂直照射到每厘米刻有5000 条缝的光栅上，在光栅后放置焦距为20 cm的汇聚透镜，试求：(1) 第1级与第3级明条纹的距离；(2)最多能看到第几级明条纹；(3) 若光线以入射角30°斜入射时，最多能看到第几级明条纹？并确定零级主极大条纹中心的位置.

解： 光栅常数 $d = \dfrac{L}{N} = \dfrac{1\ \text{cm}}{5000} = 2 \times 10^{-6}\ \text{m}$

(1) 正入射时的光栅公式为 $d\sin\varphi = k\lambda$

$$\sin\varphi_1 = \frac{\lambda}{d} \qquad \sin\varphi_3 = \frac{3\lambda}{d}$$

$$\Delta x = x_3 - x_1 = f(\tan\varphi_3 - \tan\varphi_1)$$

$$= f\left(\frac{\sin\varphi_3}{\sqrt{1-\sin^2\varphi_3}} - \frac{\sin\varphi_1}{\sqrt{1-\sin^2\varphi_1}}\right) = 0.32\ \mathrm{m}$$

（2） 由光栅公式得，$k = \dfrac{d\sin\varphi}{\lambda}$

当$\sin\varphi = 1$时，k的值最大

$$k < \frac{d}{\lambda} = \frac{2000}{590} = 3.4$$

k应该取小于该值的整数，所以最多只能看到第3级明条纹

(3) 斜入射时，光栅公式为$d(\sin\varphi \pm \sin\theta) = k\lambda$

$$k = \frac{d}{\lambda}(\sin\varphi \pm \sin\theta)$$

要使k最大，取“+”并取$\sin\varphi = 1$

$$k < \frac{2000}{590} \times (1 + \sin 30°) = 5.1$$

即斜入射时最大可以观察到第5级明条纹.

零级主极大条纹的位置对应$k = 0$

$\therefore \sin\varphi - \sin\theta = 0$ $\quad$ φ与θ在法线的异侧

$$\varphi = \theta = 30°$$

$$x = f\tan 30° = 0.115\ \mathrm{m}$$

例14.4 在垂直入射于光栅的平行光中，有λ_1和λ_2两种波长.已知λ_1的第3级光谱线(即第3级明纹)与λ_2的第4级光谱线恰好重合在离中央明条纹为5mm处，而$\lambda_2 = 486.1\ \mathrm{nm}$，并发现$\lambda_1$的第5级光谱线缺级.透镜的焦距为0.5 m.：试求(1) λ_1为多少，光栅常数d为多少；(2)光栅的最小缝宽a为多少.

解：（1）光栅公式为$d\sin\varphi = k\lambda$

$$3\lambda_1 = d\sin\varphi = 4\lambda_2 \quad \Rightarrow \quad \lambda_1 = \frac{4}{3}\lambda_2 = 648.1\ \mathrm{nm}$$

$$\tan\varphi = \frac{x}{f} = \frac{5}{500} \qquad \sin\varphi \approx \tan\varphi = \frac{1}{100}$$

$$d = \frac{4\lambda_2}{\sin\varphi} = 0.194\ \mathrm{mm}$$

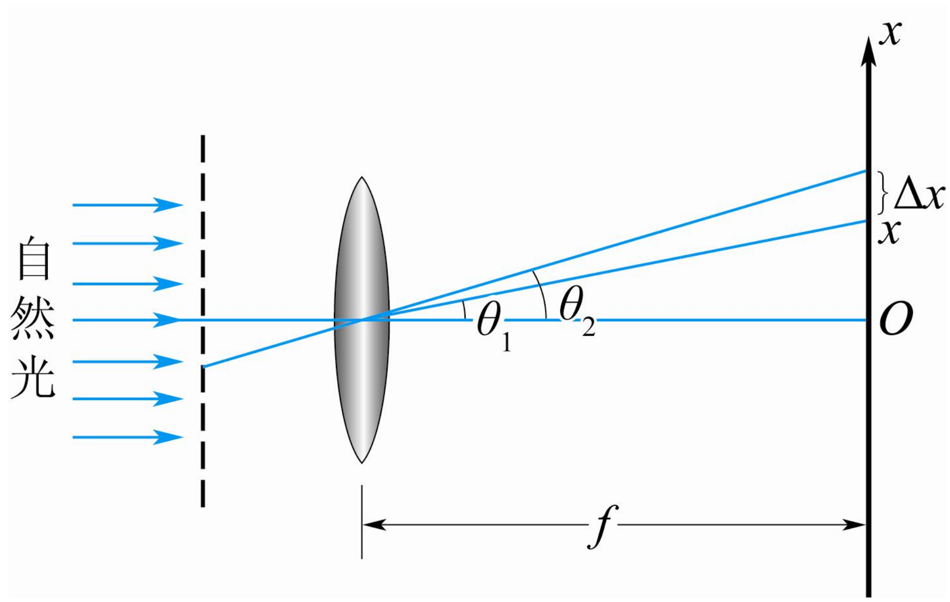
（2）第k级缺级条件为 $$d\sin\varphi = k\lambda$$
$$a\sin\varphi = k'\lambda$$

$$a = \frac{k'}{k}d = \frac{k'}{5}d$$

最小缝宽对应$k' = 1$

$$a = \frac{d}{5} = 0.0388\ \mathrm{mm}$$

例14.5 一个每厘米均匀刻有200条刻线的光栅，用白光照射，在光栅后放一焦距为$f=500$cm的透镜，在透镜的焦平面处有一个屏幕，如果在屏幕上开一个$\Delta x=1$mm宽的细缝，细缝的内侧边缘离中央极大中心5.0cm，如图所示.试求什么波长范围的可见光可通过细缝？



解 光栅常数为

$$a+b=\frac{1\times10^{-2}}{200}=5.0\times10^{-5}\ \text{m}$$

θ_1和θ_2都很小，所以$\sin\theta \approx \tan\theta$，根据光栅方程

$$\sin\theta_1 = \frac{k_1\lambda_1}{a+b} \approx \frac{x}{f} \qquad \sin\theta_2 = \frac{k_2\lambda_2}{a+b} \approx \frac{x+\Delta x}{f}$$

$$k_1\lambda_1 = \frac{x}{f}(a+b) = \frac{5.0\times5.0\times10^{-5}}{500} = 0.5\times10^{-6}\ \mathrm{m} = 500\ \mathrm{nm}$$

$$k_2\lambda_2 = \frac{x+\Delta x}{f}(a+b) = \frac{(5.0+0.1)\times5.0\times10^{-5}}{500} = 0.51\times10^{-6}\ \mathrm{m} = 510\ \mathrm{nm}$$

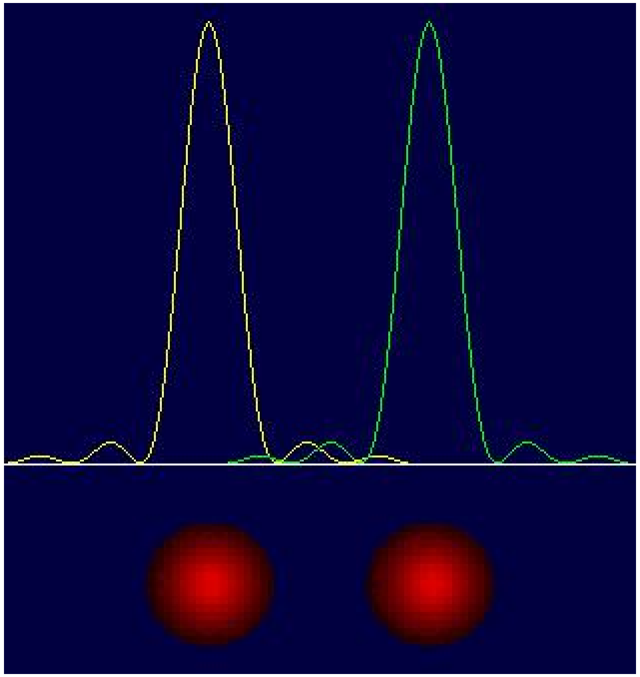
可通过细缝的可见光波波长范围为

$$500\ \mathrm{nm} \le \lambda \le 510\ \mathrm{nm}$$

作业：

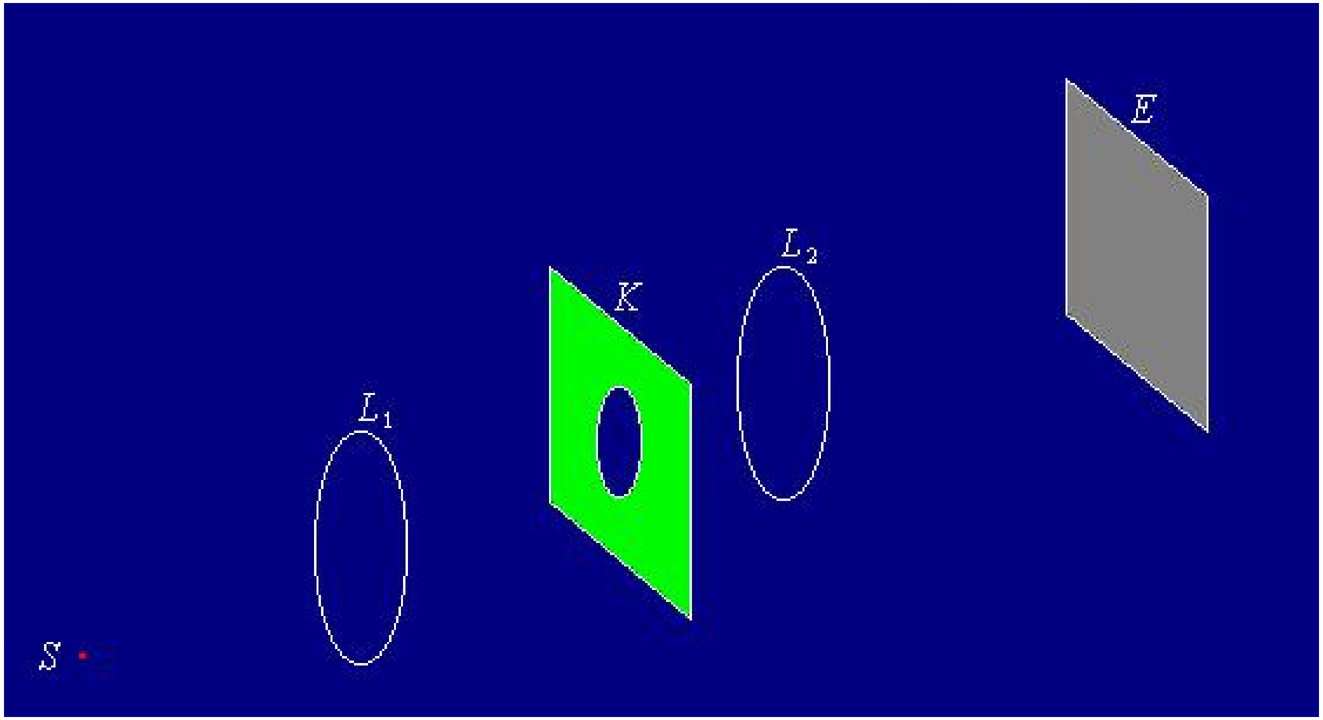
14.14、14.15

14.3 圆孔衍射 光学仪器的分辨率

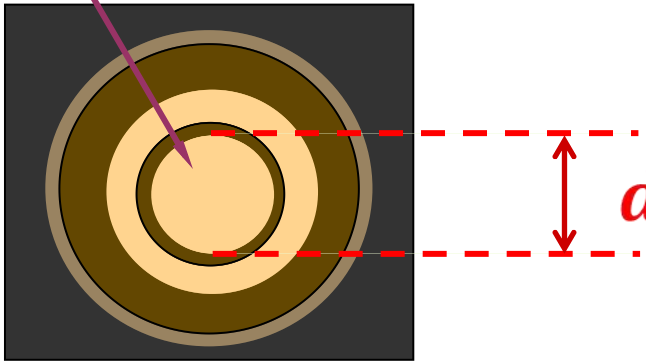


一、圆孔衍射

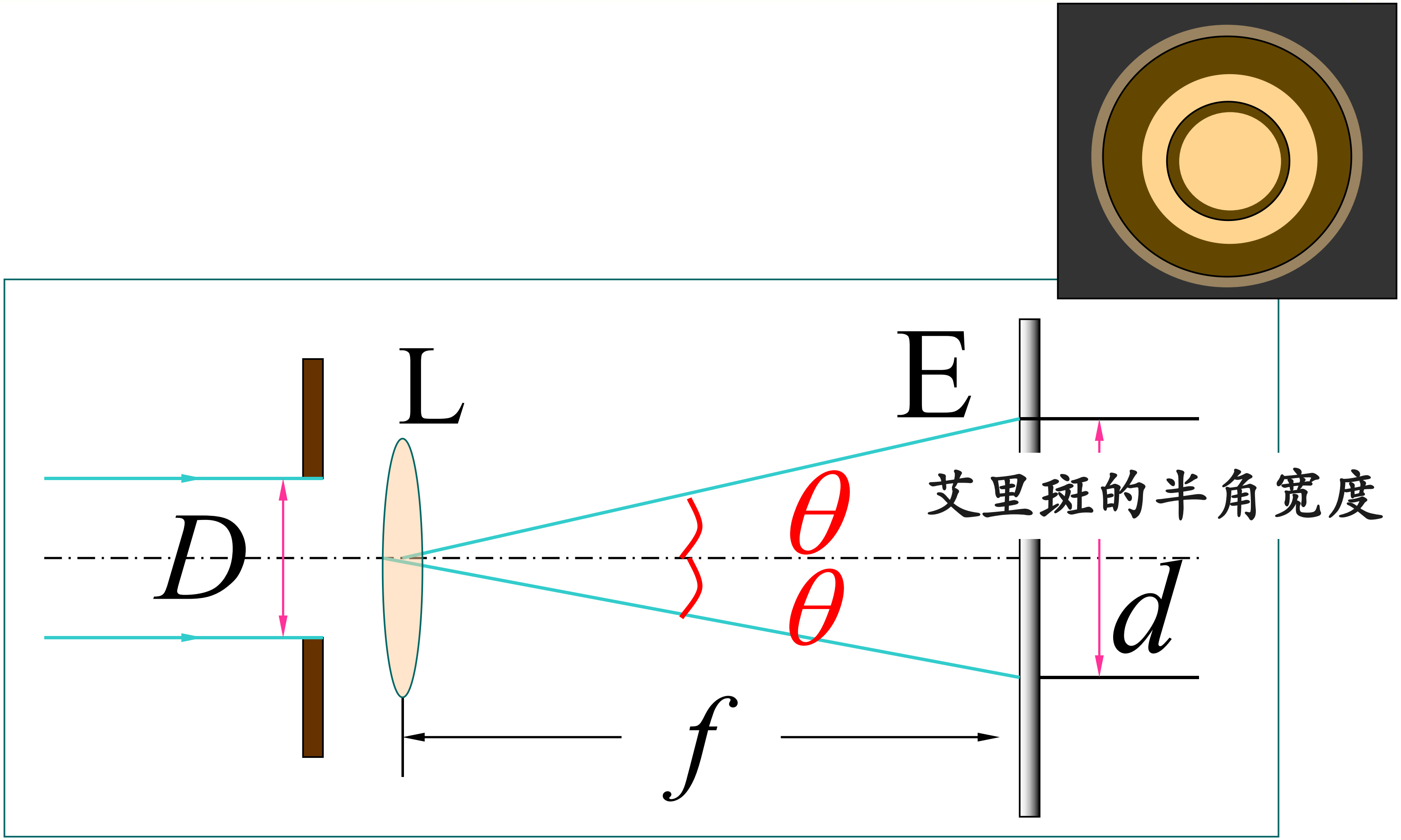
现象



艾里斑



d ——艾里斑直径



$$\theta \approx \sin\theta = 1.22\frac{\lambda}{D} = \frac{\frac{d}{2}}{f}$$

二、光学仪器的分辨率

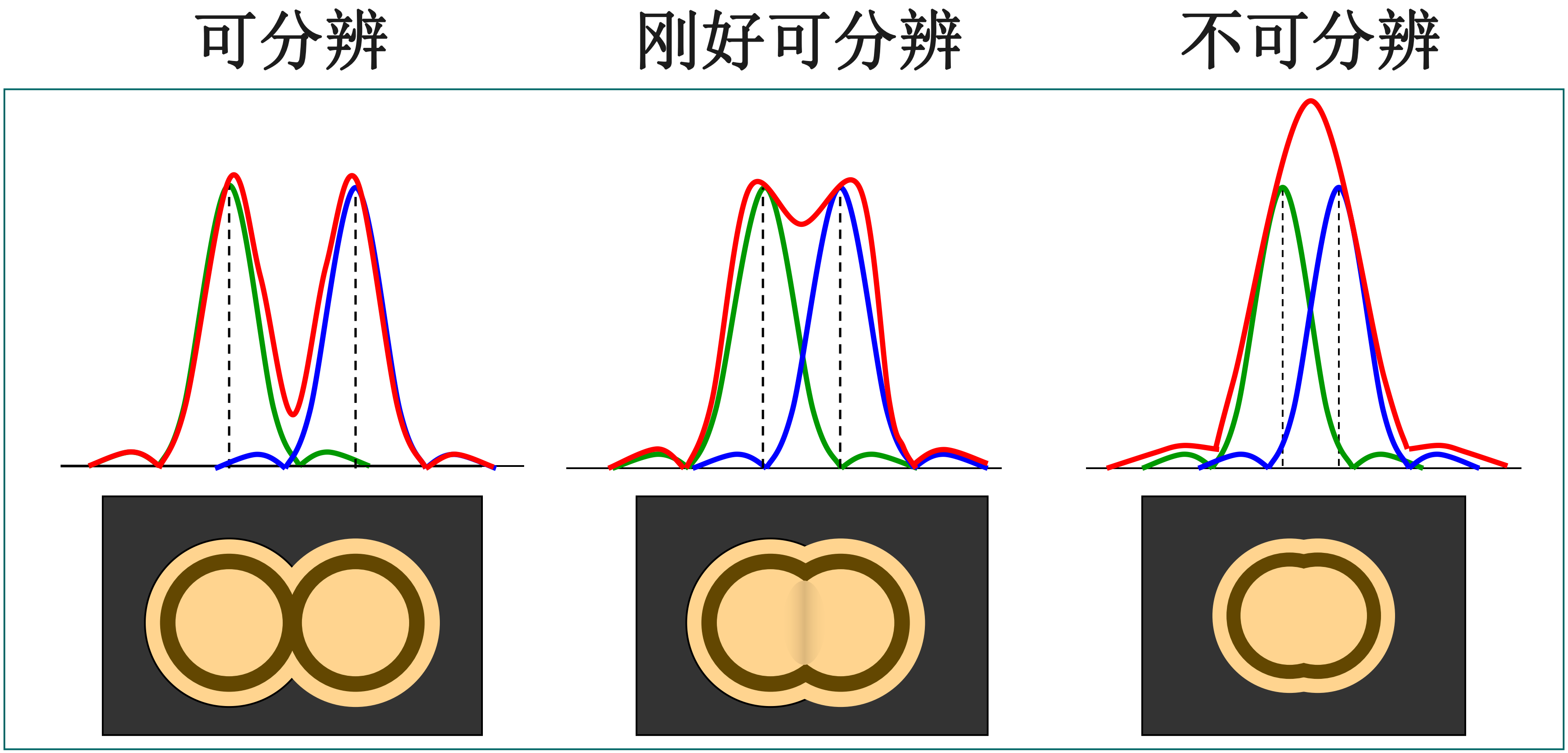
几何光学：可看见微小物体

物点 $\Leftrightarrow$ 像点

波动光学：

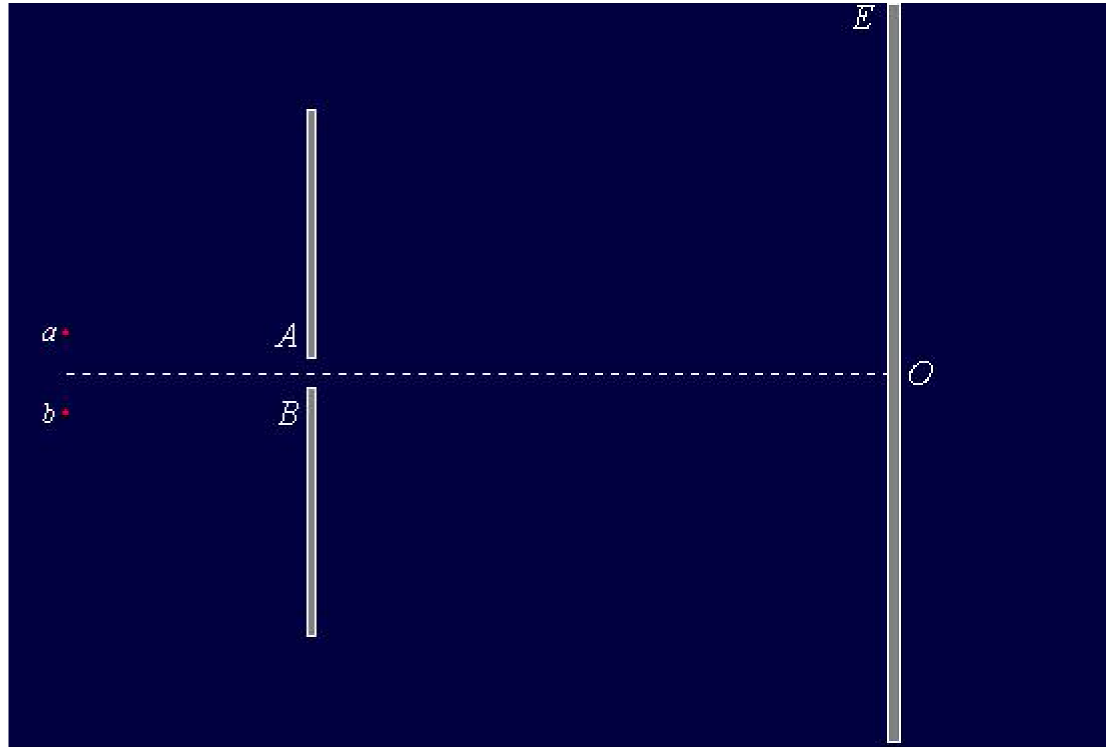
物点 $\Leftrightarrow$ 艾里斑

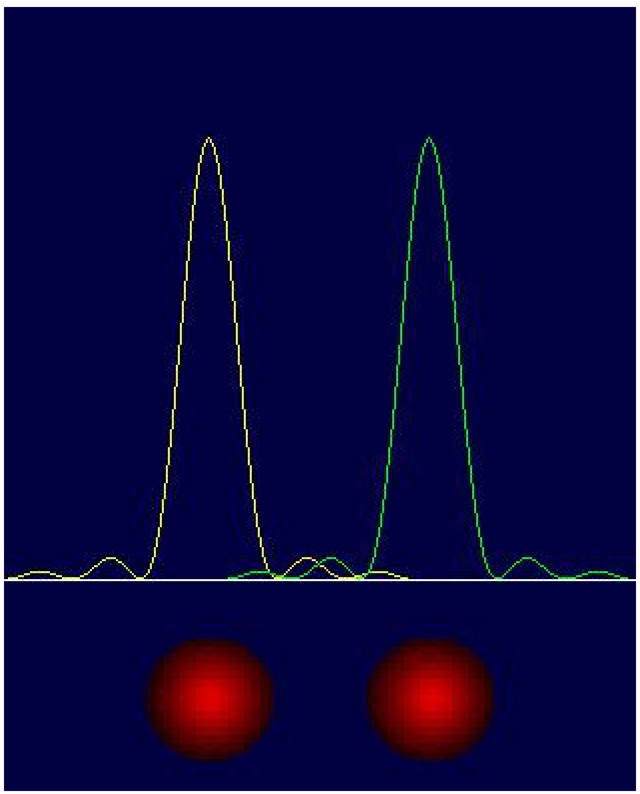
瑞利判据：对于任何一个光学仪器，如果一个物点衍射图样的艾里斑中央最亮处恰好与另一个物点衍射图样的第一个最暗处相重合，则认为这两个物点恰好可以被光学仪器所分辨.



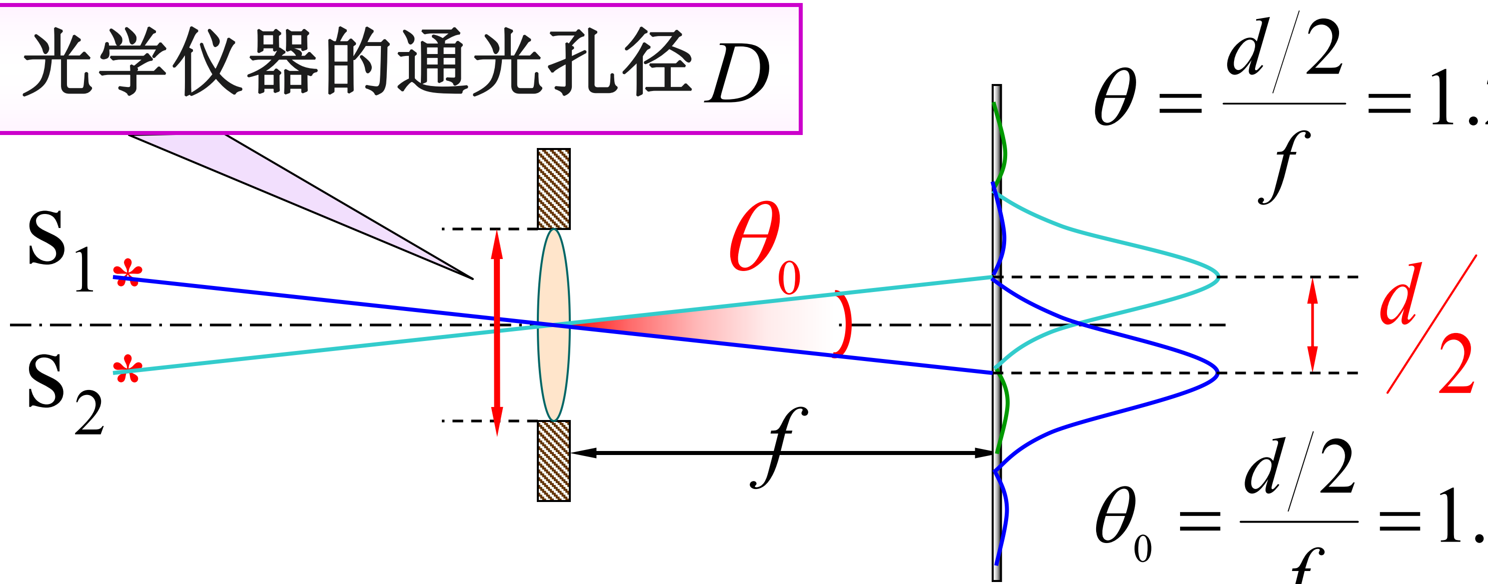
瑞利判据图示

光的衍射限制了光学仪器的分辨本领





光学仪器的分辨能力



$$\theta = \frac{d/2}{f} = 1.22\frac{\lambda}{D}$$

$$\theta_0 = \frac{d/2}{f} = 1.22\frac{\lambda}{D}$$

最小分辨角 $\theta_0 = 1.22\dfrac{\lambda}{D}$

电子波长：
0.01~0.1 nm

光学仪器分辨率 $= \dfrac{1}{\theta_0} = \dfrac{D}{1.22\lambda} \propto D, \dfrac{1}{\lambda}$

例14.7 一直径为2 mm的氦氖激光束射向月球表面，其波长为632.8 nm，已知月球和地面的距离为3.84×10^{5} km .试求：(1)在月球上得到的光斑的直径有多大？(2)如果这激光束经扩束器扩展成直径为2 m，则在月球表面上得到的光斑直径将为多大？在激光测距仪中，通常采用激光扩束器，这是为什么？

解 (1)以D_1表示光斑的直径，L表示月球到地球的距离，d_1是激光束的直径，λ为波长，则

$$\frac{D_1}{2}=1.22\frac{\lambda}{d_1}L$$

$$D_1=\frac{2\times1.22\lambda L}{d_1}=\frac{2\times1.22\times632.8\times10^{-9}\times3.84\times10^{8}}{2\times10^{-3}}\,\mathrm{m}$$

$$=2.96\times10^{5}\ \mathrm{m}$$

(2) 由 (1) 中所述可知

$$D_2=\frac{d_1}{d_2}D_1=\frac{2\times10^{-3}\times2.96\times10^{5}}{2}\,\mathrm{m}=296\,\mathrm{m}$$

由此可知，激光通过扩束后，其方向性大为改善，强度大大提高.

本章小结

一、惠更斯—菲涅耳原理

从同一波阵面上各点发出的子波，在传播过程中相遇时，也能相互叠加而产生干涉现象，空间各点波的强度，由各子波在该点的相干叠加所决定.

二、单缝夫琅禾费衍射

✓ 单缝衍射：可用半波带法分析，单色光垂直入射时

$$a\sin\varphi\begin{cases}=0 & \text{中央明纹中心}\\ =\pm k\lambda & \text{暗条纹} \\ =\pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{明条纹} \\ \neq k\dfrac{\lambda}{2} & \text{（介于明暗之间）}\end{cases}$$

偶数个半波带

奇数个半波带

$k=1,2,3,$

✓ 中央明纹的宽度

角宽度 $\Delta\varphi_0 \approx 2\dfrac{\lambda}{a}$

线宽度 $\Delta x_0 \approx 2\dfrac{\lambda}{a}f$

✓ 其它明条纹的宽度为中央明纹宽度的一半

$$\Delta\varphi \approx \frac{\lambda}{a} \qquad \Delta x \approx \frac{\lambda}{a}f$$

三、衍射光栅

光栅的衍射条纹是单缝衍射和多缝干涉的总效果.

明条纹位置(谱线)满足:

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

$$k = 0, \pm 1, \pm 2,$$

如果平行光**倾斜**地入射到光栅上

光栅公式

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

$$k = 0, \pm1, \pm2,$$

缺级条件

$$k = k'\frac{a+b}{a} \qquad k' = 1, 2, 3,$$

一般只要 $\dfrac{a+b}{a}$ 为**整数比**时，对应的k级明条纹位置一定出现**缺级现象**.