光栅光谱仪

光谱仪性能的主要标志

一、色散本领

二、色分辨本领

光栅（衍射）光谱仪　　F-P（干涉）光谱仪

一、色散本领

对于一定波长差δλ的两谱线，在位置上分开的能力（角间隔δθ或在屏上的距离δl有多大）

角色散本领 $$D_\theta \equiv \frac{\delta\theta}{\delta\lambda}$$

$$D_l = fD_\theta$$

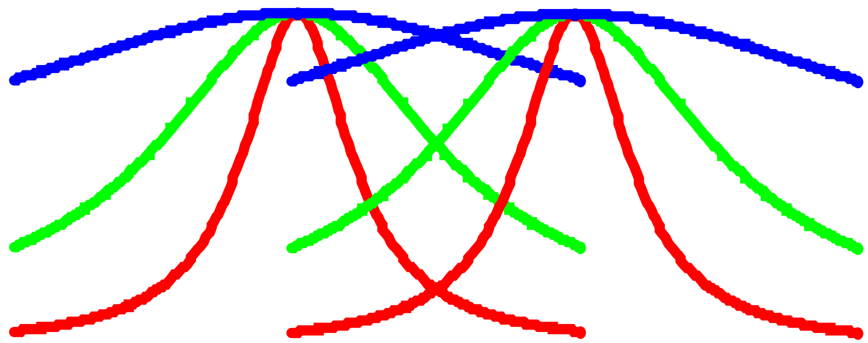
线色散本领 $$D_l \equiv \frac{\delta l}{\delta\lambda}$$

f —（光栅、F-P）后的透镜焦距

二、色分辨本领

色散本领只是反映光谱仪将两相近谱线的中心分离程度

但位置拉开并不等于可以分辨

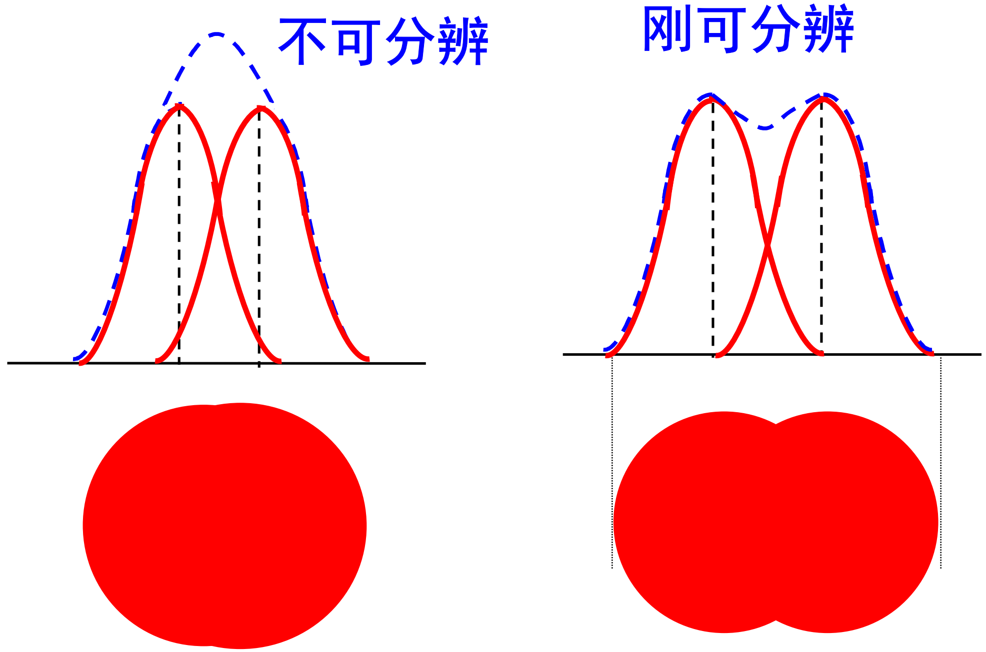


能否分辨此两谱线还取决于每一谱线本身的宽度

光谱仪对波长λ附近的谱线能够分辨的最小波长差为δλ，波长λ与δλ之比，定义为：色分辨本领

$$R \equiv \frac{\lambda}{\delta\lambda}$$

瑞利判据



两亮纹中心的距离恰等于每一亮纹的半值宽度

→刚可以分辨

泰勒判据：两光点衍射图样的合强度分布曲线，当鞍点的强度（交叠的最小值点）恰好等于一个发光点所形成的衍射图样的最大值时，认为这两个点刚好可以分辨

光栅（衍射）光谱仪

1、光栅的分光原理

光栅方程

正入射　$d\sin\theta = \pm k\lambda, \quad k = 0, 1, 2, \cdots$

$$\sin\theta = k\frac{\lambda}{d}, k = 0, 1, 2, \cdots$$

θ表示第k级谱线的角位置

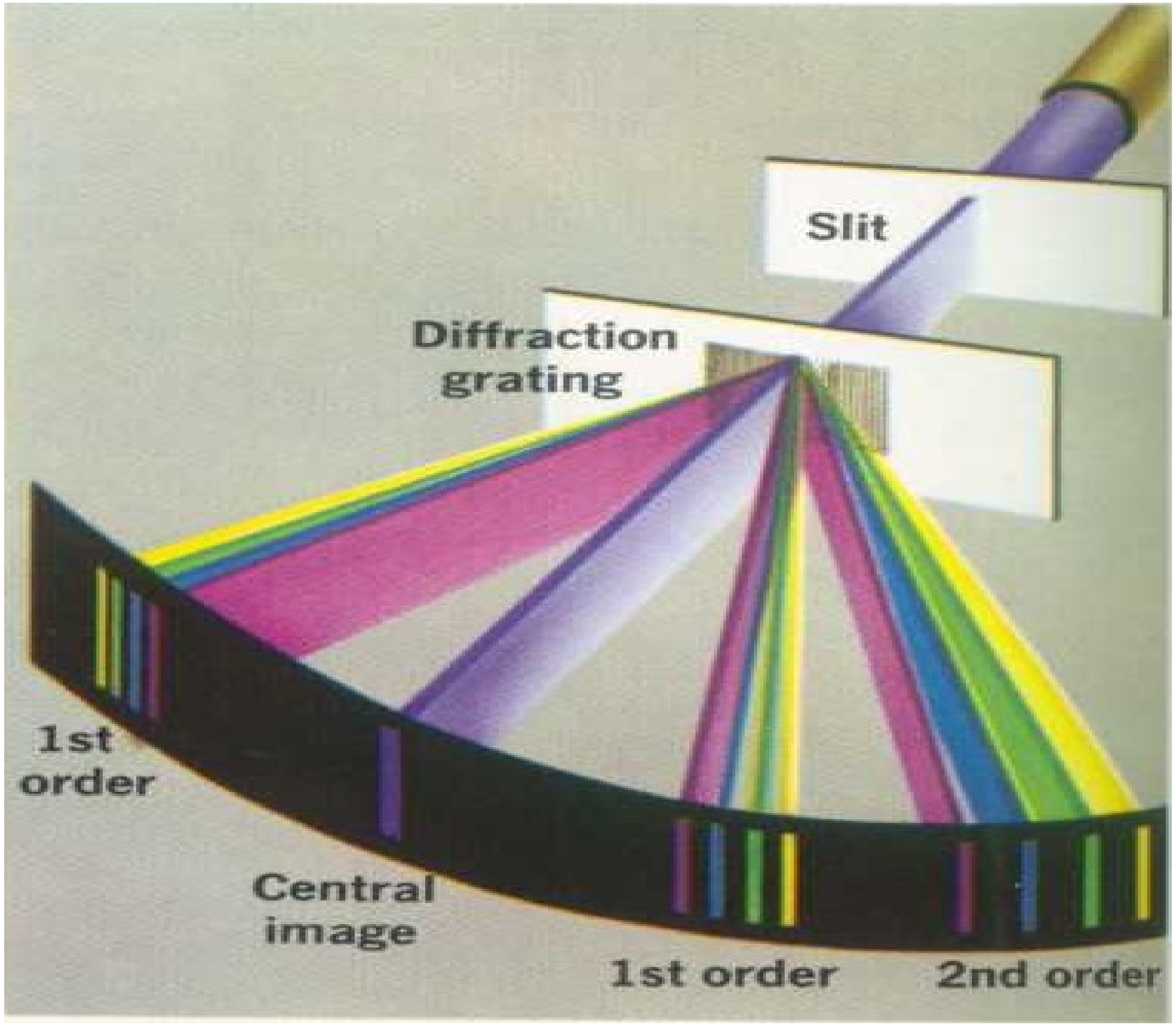
0级没有色散

k 一定时，λ↑　θ↑，不同颜色的主极大位置不同，形成光谱。

各种波长的同级谱线（主极强）集合起来构成光源的一套光谱

光栅光谱有许多级，
每一级是一套光谱

$$\sin\theta = k\frac{\lambda}{d}, k = 0, 1, 2, \cdots$$



2. 光栅的色散本领

$$\sin\theta_k = k\frac{\lambda}{d}$$ θ_k表示λ波长k级中心的角位置

$$k\frac{\lambda+\delta\lambda}{d} = \sin(\theta_k + \delta\theta)$$

$(\theta_k + \delta\theta)$表示$(\lambda + \delta\lambda)$波长k级中心的角位置

$$\sin(\theta_k + \delta\theta) - \sin\theta_k \approx (\sin\theta_k)'\delta\theta = \cos\theta_k \cdot \delta\theta = k\frac{\delta\lambda}{d}$$

$\therefore$两波长（λ，$\lambda+\delta\lambda$）k级两条纹中心的角间距

$$\delta\theta = k\frac{\delta\lambda}{d\cos\theta_k}$$

光栅的角色散本领

$$D_\theta \equiv \frac{\delta\theta}{\delta\lambda} \quad \Rightarrow \quad \boxed{D_\theta = \frac{k}{d\cos\theta_k}}$$

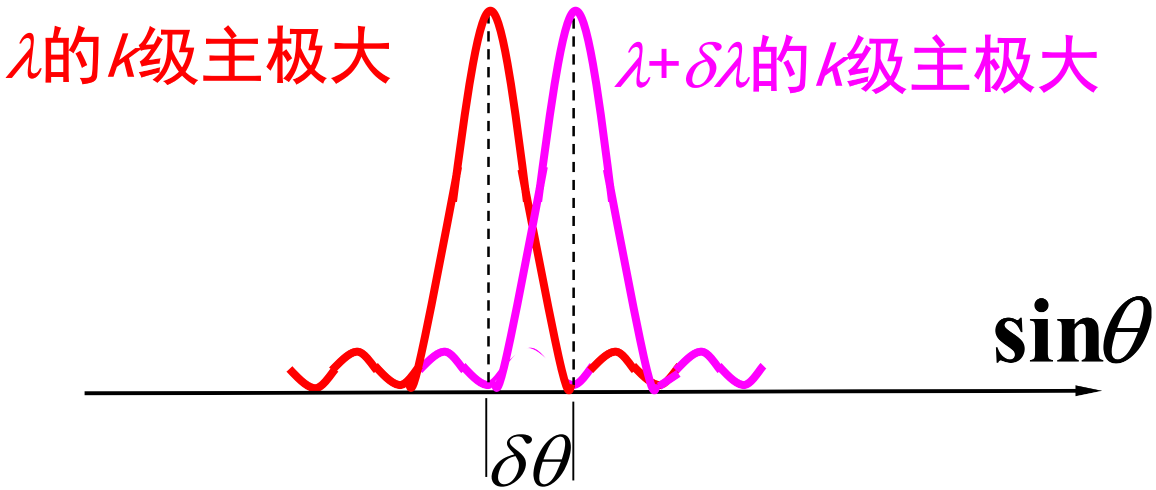
光栅的线色散本领

$$D_l \equiv \frac{\delta l}{\delta\lambda} \qquad D_l = fD_\theta \quad \Rightarrow \quad \boxed{D_l = \frac{kf}{d\cos\theta_k}}$$

d↓，k↑，f↑

与光栅中衍射单元的总数N无关

3. 光栅的色分辨本领



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

瑞利判据

能够分辨两谱线的最小角间隔$\delta\theta$

即为某级谱线（主极大）半角宽度$\Delta\theta_k$

$$\delta\theta = \Delta\theta_k = \frac{\lambda}{Nd\cos\theta_k}$$

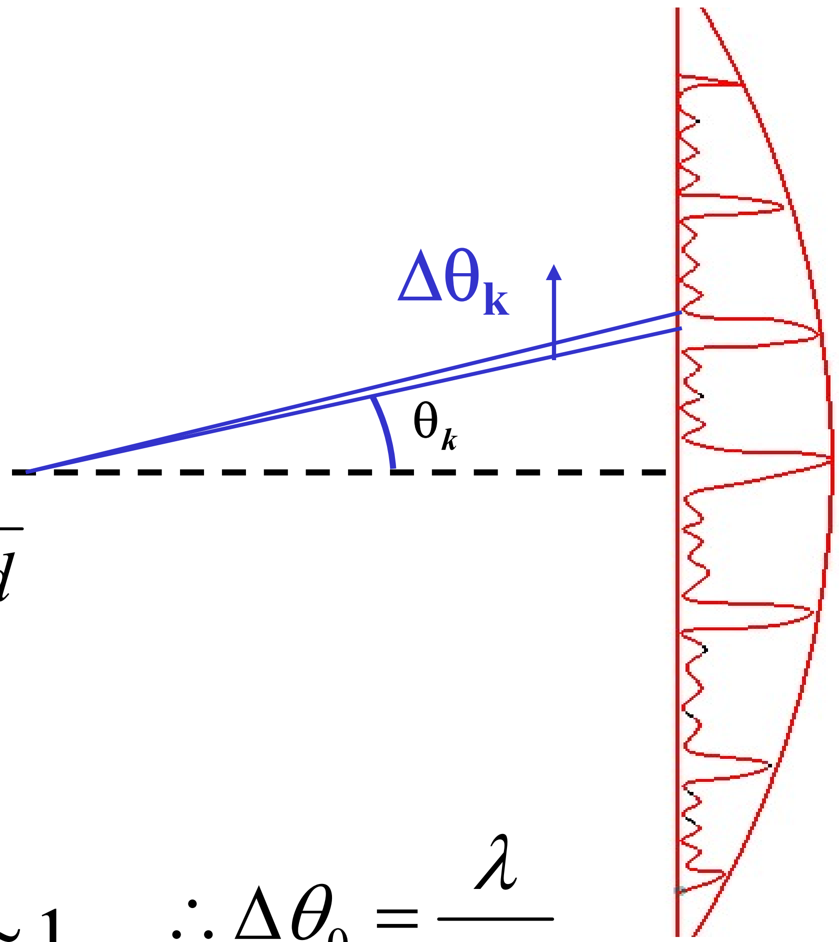
每个主极强的宽度是以它两侧的暗线为界，它的中心到邻近的暗线之间的角距离，为<u>该级的半角宽度</u> $\Delta\theta_k$

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

$$\sin(\theta_k + \Delta\theta_k) = (k + \frac{1}{N})\frac{\lambda}{d}$$

$$\sin(\theta_k + \Delta\theta_k) - \sin\theta_k$$

$$\approx (\sin\theta_k)'\Delta\theta_k = \cos\theta_k \cdot \Delta\theta_k = \frac{\lambda}{Nd}$$



$$\Delta\theta_k = \frac{\lambda}{Nd\cos\theta_k}$$

中央主极大及偏离屏中心点不远的主极强

$$\cos\theta \approx 1 \qquad \therefore \Delta\theta_0 = \frac{\lambda}{Nd}$$

光栅的色散本领

$$D_\theta = \frac{k}{d\cos\theta_k} = \frac{\delta\theta}{\delta\lambda}$$

瑞利判据

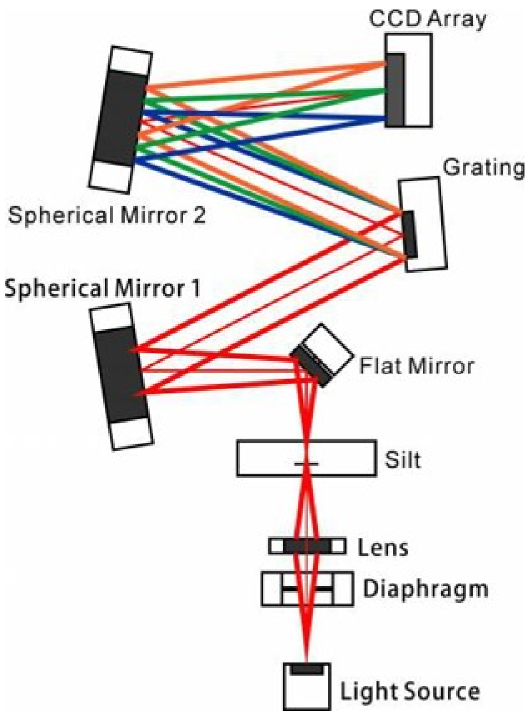
$$\delta\theta = \Delta\theta_k = \frac{\lambda}{Nd\cos\theta_k}$$

光栅的色分辨本领

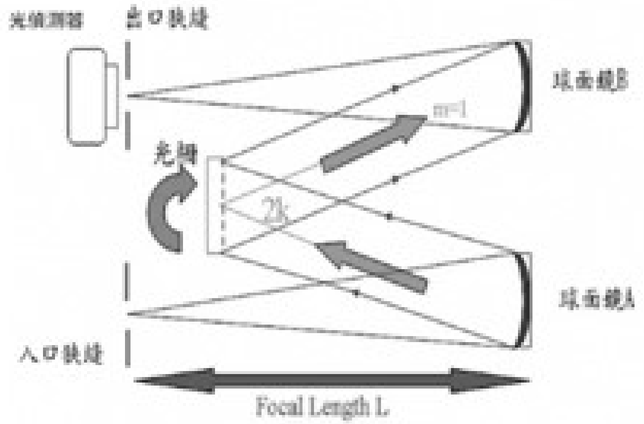
$$\delta\lambda = \frac{\lambda}{kN}$$

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda} = kN$$

光栅的色分辨本领正比于衍射单元总数**N**和光谱的级数**k**，与光栅常数**d**无关



CCD Array
Grating
Spherical Mirror 2
Spherical Mirror 1
Flat Mirror
Silt
Lens
Diaphragm
Light Source



出口狹縫
球面鏡B
m=1
光柵
球面鏡A
入口狹縫
Focal Length L

iHR320

闪耀光栅

普通光栅衍射（透射光栅）光谱仪缺点：

很大一部分能量集中在无色散0级主极强

单缝衍射因子的零级主极强（调制强度）

$$\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2 \quad \alpha=\frac{\pi a\sin\theta}{\lambda} \quad \sin\theta=0$$

缝间干涉因子的零级主极强

$$\left(\frac{\sin N\beta}{\sin\beta}\right)^2 \quad \beta=\frac{\pi d}{\lambda}\sin\theta$$

重合（方向完全一致）

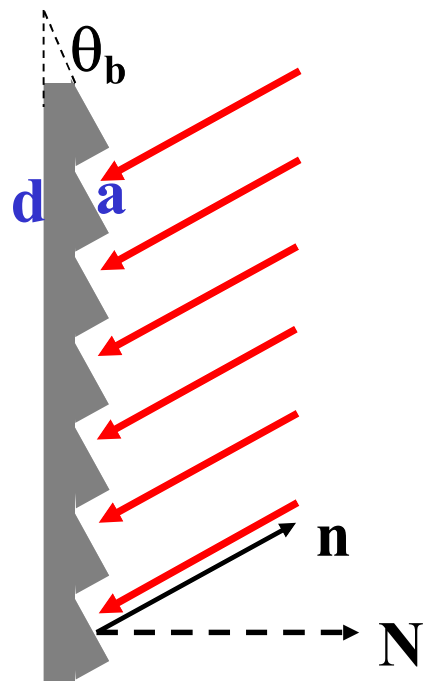
$$\boxed{\sin\theta=k\frac{\lambda}{d},k=0}$$

将大部分光能（单缝衍射的零级（几何像））集中到所需光谱级（缝间干涉的非零级）上 ➡ **闪耀光栅**

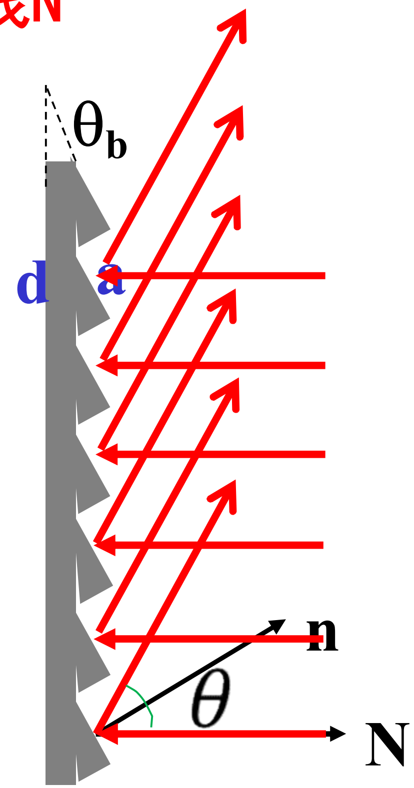
两种工作方式（光入射方式）：

1、沿槽面法线n

2、沿光栅平面法线N

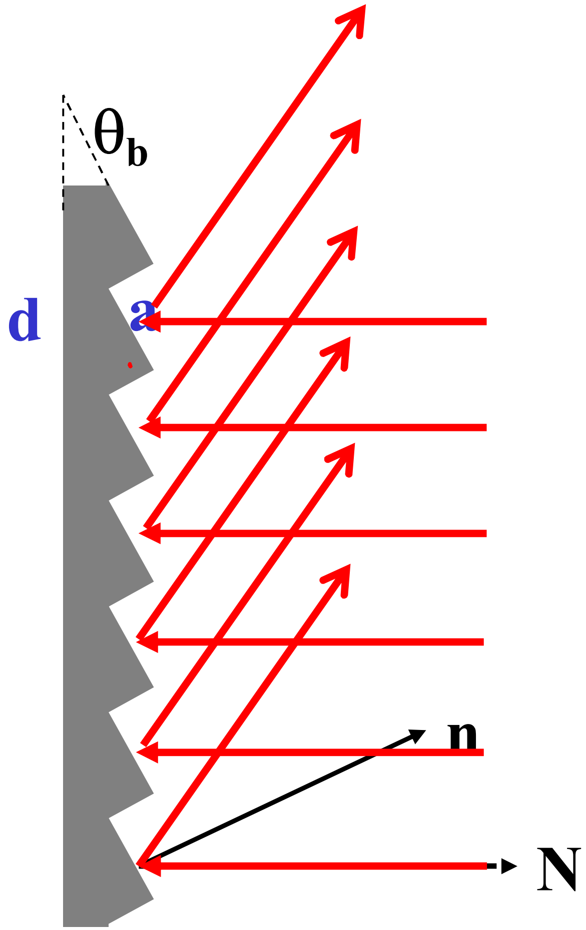


$$d\sin\theta_b + d\sin\theta = k\lambda$$



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

各槽面的反射率是相同的，相位光栅



单槽面衍射的0级是几何光学的反射方向，沿$2\theta_b$方向反射

光栅方程

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

相邻槽面间的光程差

$$\Delta L = d\sin\theta$$

满足 $d\sin 2\theta_b = k\lambda_{kb}$

其他各干涉级缺级？

a≈d

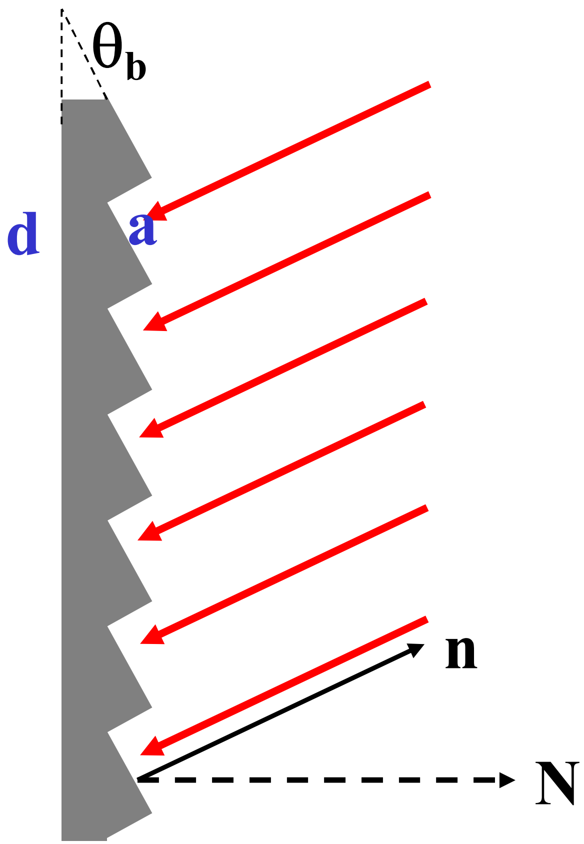
λ_{kb}光谱的其它级都几乎落在单槽衍射的暗线位置形成缺级

80-90%的光能λ_{kb}光的k级谱线上

$$d\sin 2\theta_b = k\lambda_{kb}$$

可通过闪耀角的设计θ_b，使光栅适用于某一波长段的某级光谱上

沿槽面法线n



单槽面衍射的0级是几何光学的反射方向，沿原方向返回

槽面间干涉决定色散主极强：

相邻槽面间的光程差

$$\Delta L = d(\sin\theta + \sin\theta_b)$$

满足

$$2d\sin\theta_b = k\lambda_{kb}$$

光栅单槽面衍射0级主极强正好落在λ_{kb}光波的K级谱线上