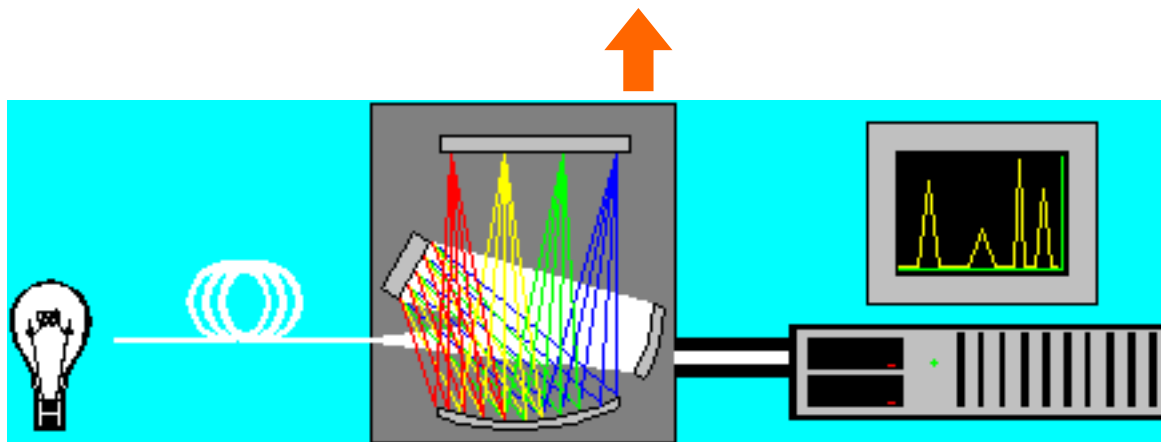


# 4-05 光栅光谱仪

# 光栅光谱仪(spectroscope)

- 1 光栅的分光原理
- 2 光栅的色散本领和色分辨本领
- 3 量程与自由光谱范围
- 4 闪耀光栅
- 5 棱镜光谱仪的色散本领

物理、化学、生命、材料、....., 工业、农业、军事、.....



1.光源

2.照明准直

3.分光

4.成像

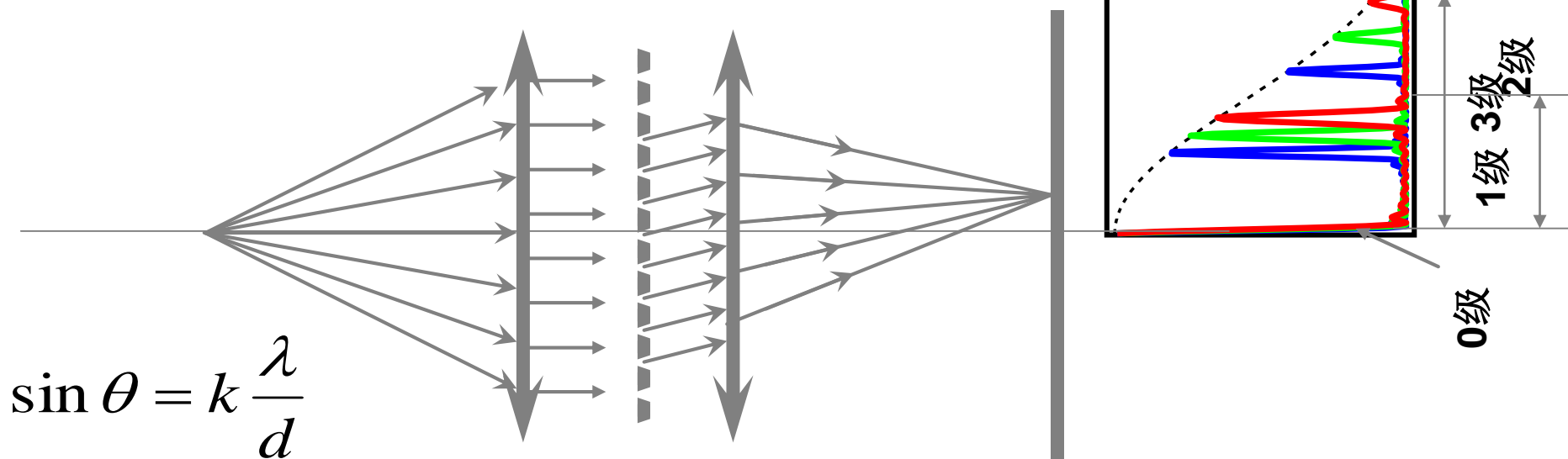
5.接收

1. 原子发光和吸收
2. 分子吸收
3. 喇曼散射
4. 荧光
5. 激光
6. 氙灯 钨灯

1. 物质 (棱镜)
2. 衍射 (光栅)
3. 干涉 (F-P)
4. 干涉 (傅里叶)

1. 直读
2. 照相
3. 光电
4. CCD
5. CMOS

# 1. 光栅的分光原理



光栅公式：  $d \sin \theta = k \lambda$

区别于棱镜光谱仪的是光栅光谱仪有多套光谱，分别对应于光栅的不同衍射级次，而棱镜光谱仪只有一套。

## 2. 光栅的色散本领和色分辨本领

### 光谱仪的参数

1. 分开不同波长的光：色散本领、色分辨本领
2. 自由光谱范围
3. 记录不同波长的光的强度：强度分辨本领
4. 时间分辨本领
5. 效率
6. 价格

色散本领:

i) 角色散本领:

$$D_q \circ \frac{dq}{dl} = \frac{k}{d \cos q_k}$$

单位:  $^\circ / nm$

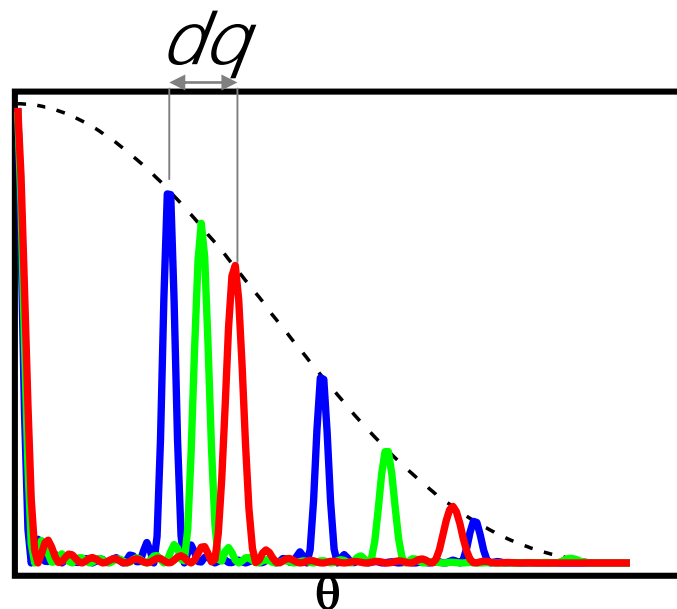
色散本领指的是中心位置!

光栅周期 $d$ 越小、衍射级数 $k$ 越高, 色散本领越大。

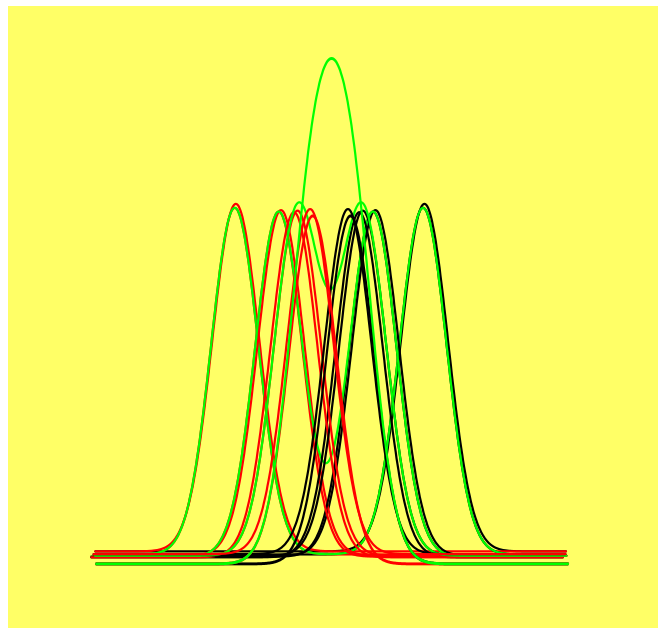
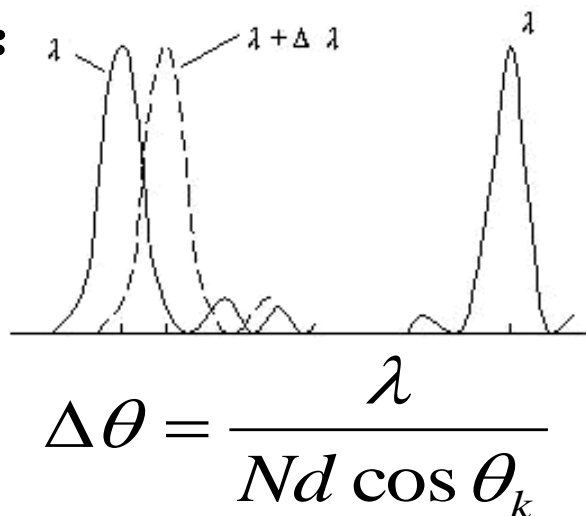
ii) 线色散本领:

$$D_l \circ \frac{dl}{dl} = fD_q = \frac{kf}{d \cos q_k} \quad \text{单位: } mm/nm$$

焦距越大、色散本领越大, 线色散本领越大。



色分辨本领:



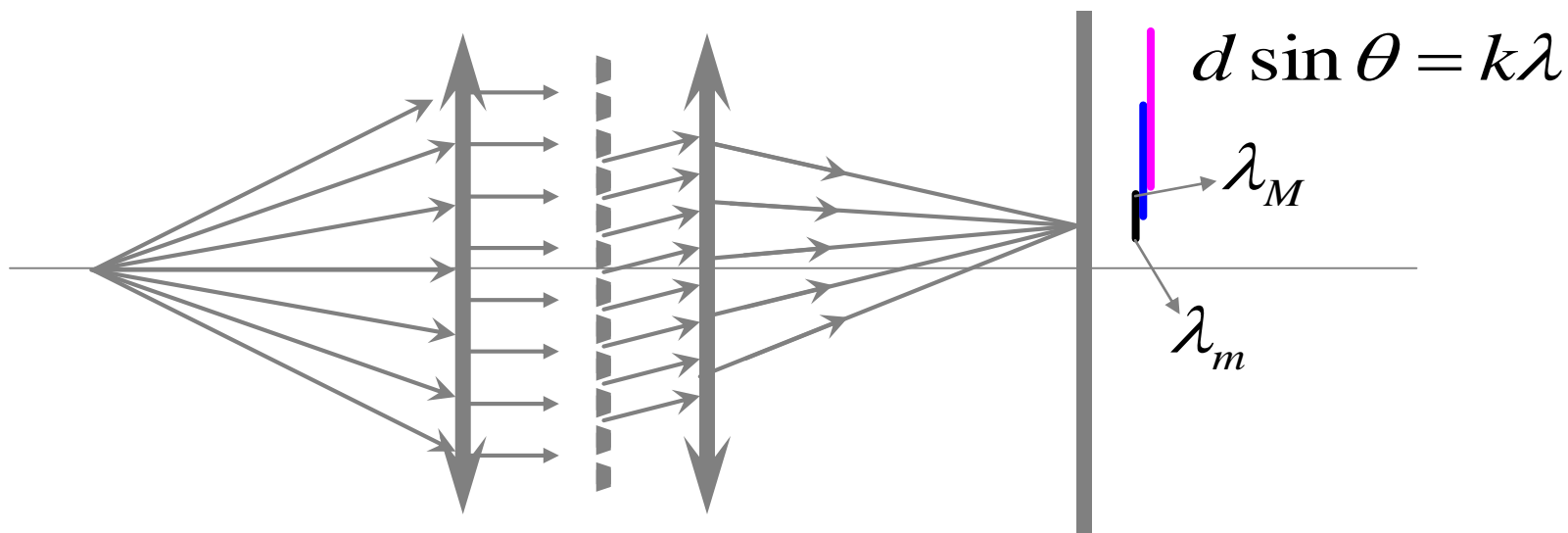
i) 最小分辨波长:  $\Delta \lambda = \frac{\Delta \theta}{D_\theta} = \frac{\lambda}{kN}$  其中  $N$  为缝数

ii) 分辨本领:  $R \equiv \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = kN$

色分辨本领和峰宽关联!

总缝数  $N$  越多 (面积越大)、衍射级数  $k$  越高, 分辨本领越大。

### 3. 量程与自由光谱范围



量程:  $\lambda_M < d$

自由光谱范围 (一级衍射):

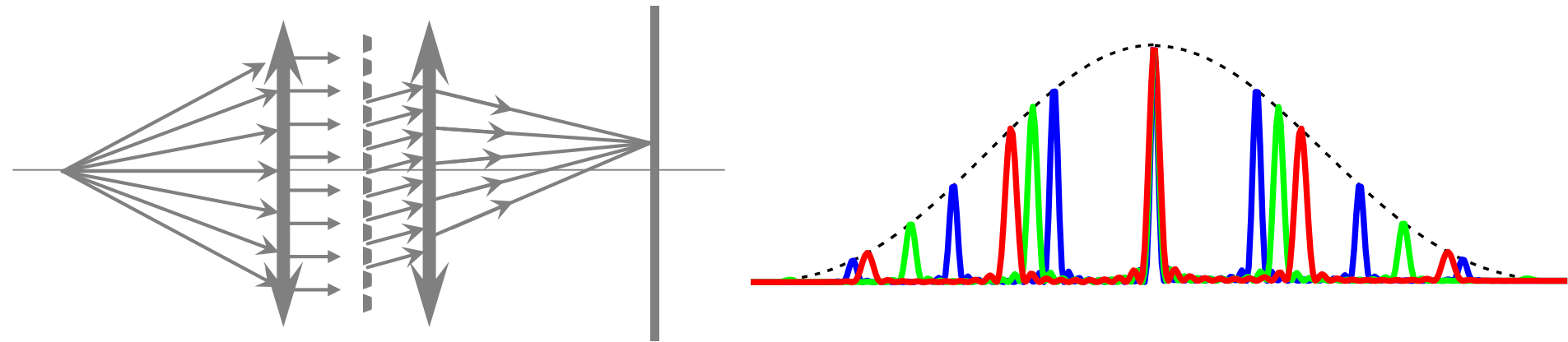
$$\lambda_m > \lambda_M / 2$$



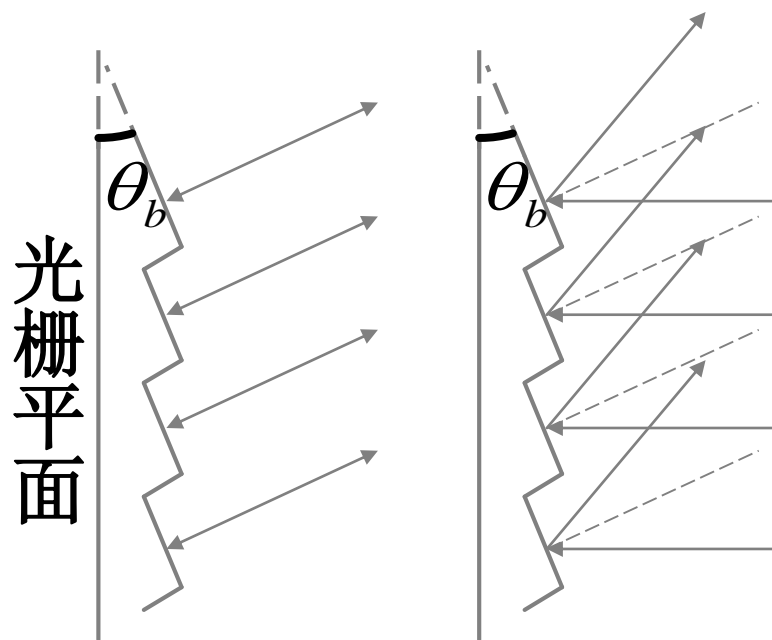
## 4. 闪耀光栅(blazed grating)

透射光栅的缺点：

光能分散，且主要集中在无色散的零级衍射上。其主要原因在于单元衍射因子、缝间干涉因子的主极强相互重叠。



闪耀光栅（平面反射式）能将单槽衍射的零级与槽间干涉的零级错开，从而把光能集中到所需的一级衍射光谱上。

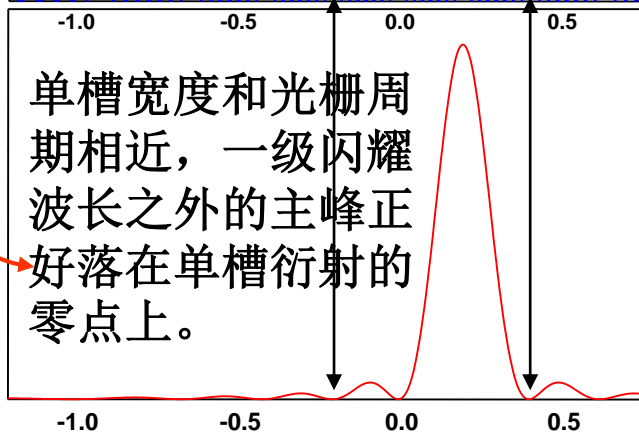
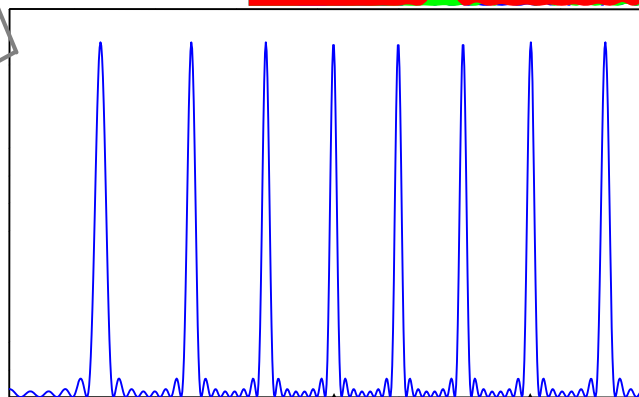
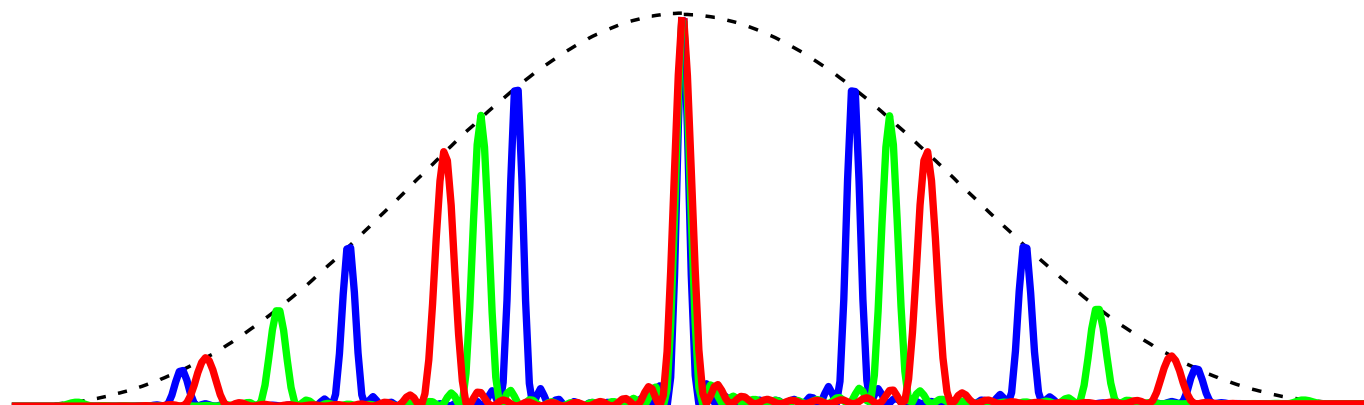
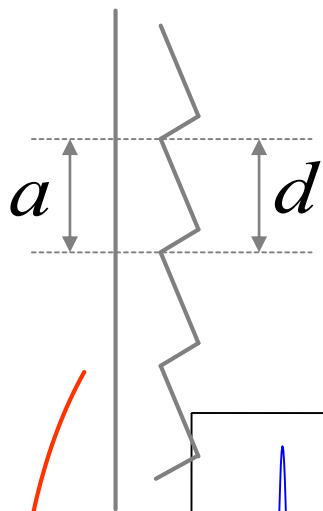


$$\Delta L = 2d \sin \theta$$

闪耀角：槽面与光栅平面之间的夹角

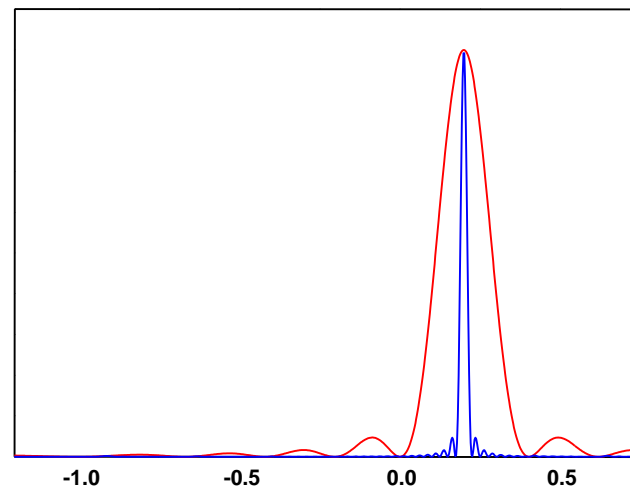
一级闪耀波长（利特罗自准直系统）：

$$\lambda_{1b} = 2d \sin \theta_b$$

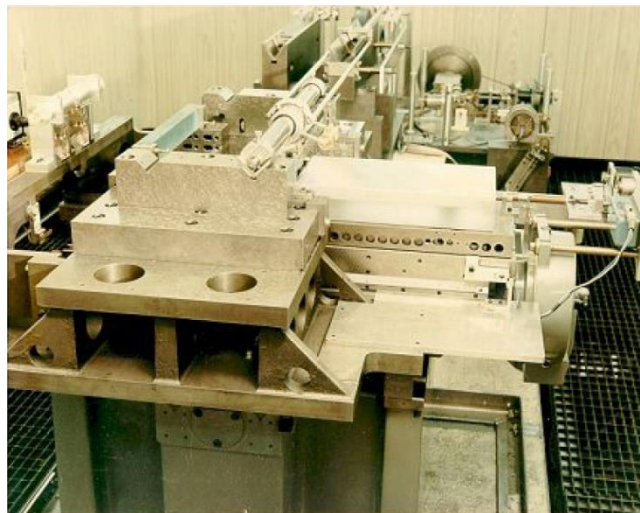
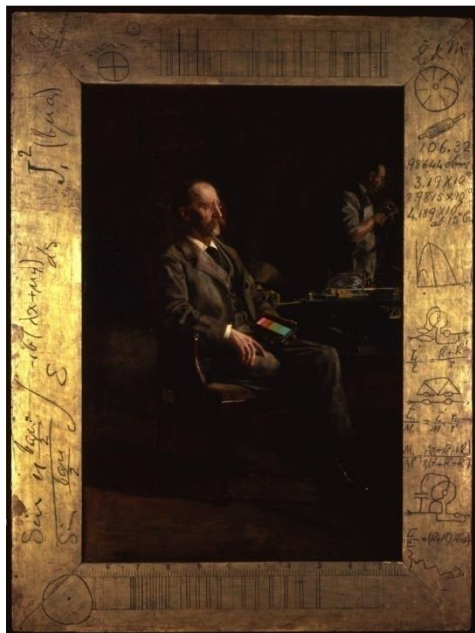


单槽宽度和光栅周期相近，一级闪耀波长之外的主峰正好落在单槽衍射的零点上。

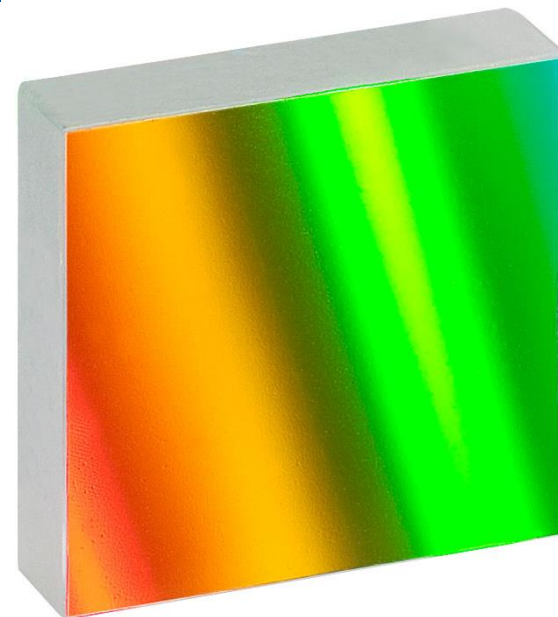
$$I_q = I_0 \frac{\text{sinc}^2 \left( \frac{a \theta}{\lambda} \right)}{\text{sinc}^2 \left( \frac{N b \theta}{\lambda} \right)}$$



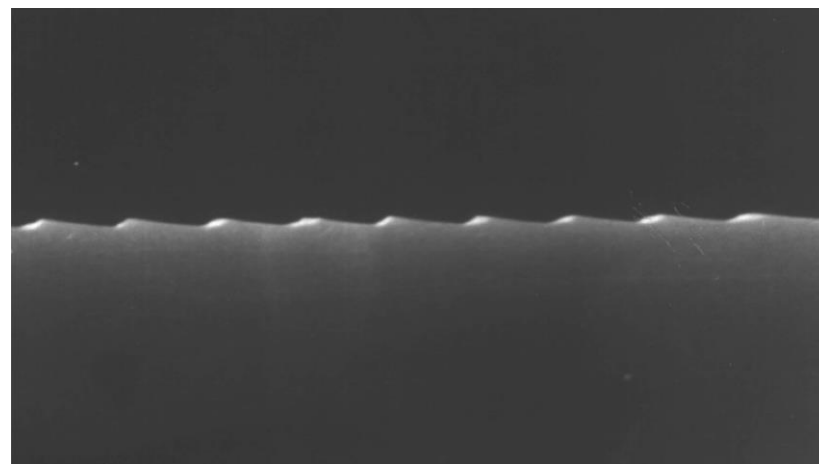
闪耀光栅仅有一列光谱。



**Ruling engine**

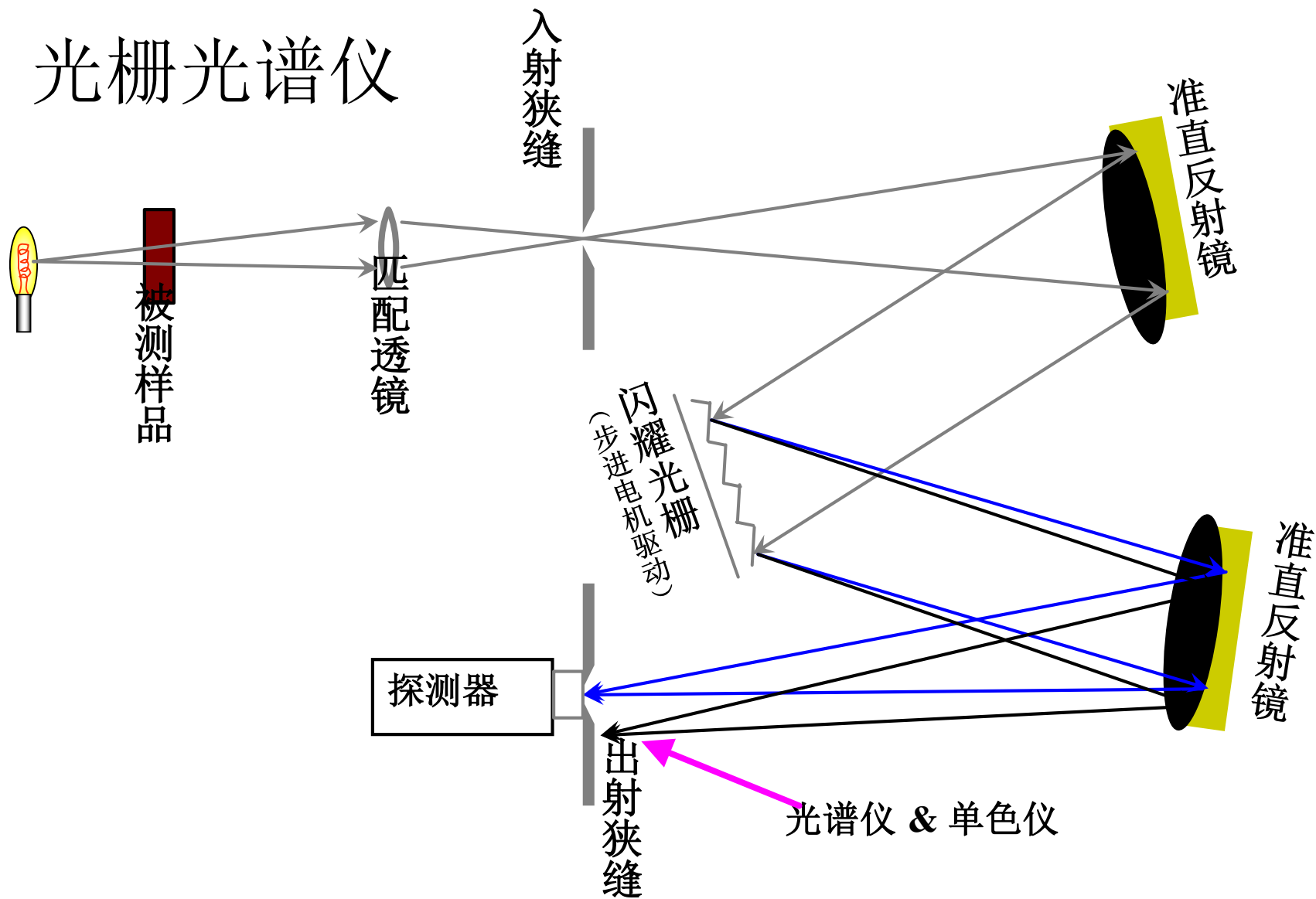


**Henry Joseph Grayson designed a machine to make diffraction gratings, succeeding with one of 120,000 lines to the inch (approx. 47 000 per cm) in 1899.**



**600线/mm, 458nm**

# 光栅光谱仪



准光镜

物镜

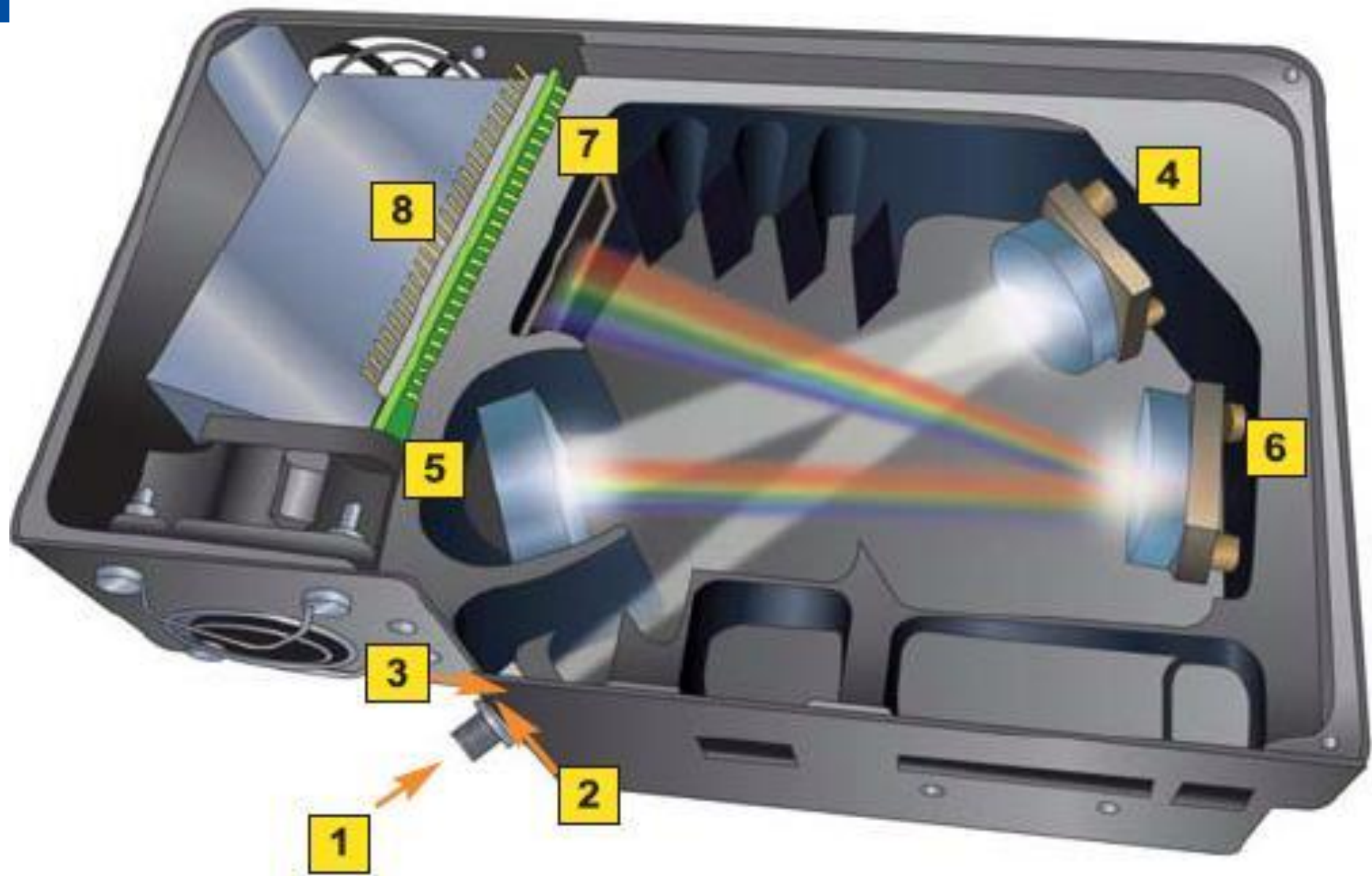
反射光栅

步进电机

反射镜 2







小型光纤光谱仪

## 5. 棱镜光谱仪的色散本领

$$D_{\theta} \equiv \frac{2 \sin(\alpha/2)}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2(\alpha/2)}} \frac{dn}{d\lambda} = \frac{b}{a} \frac{dn}{d\lambda}$$

其中： $b$ 底边长度， $a$ 为光束宽度

$$R \equiv \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = b \frac{dn}{d\lambda}$$



# 作业

p.30: 1, 3, 4