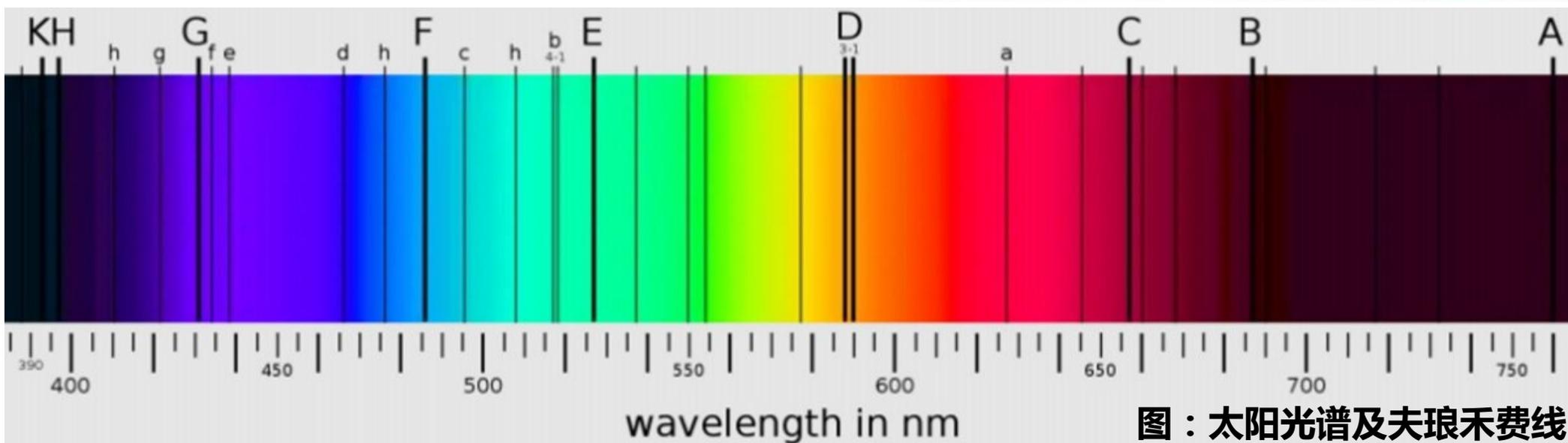
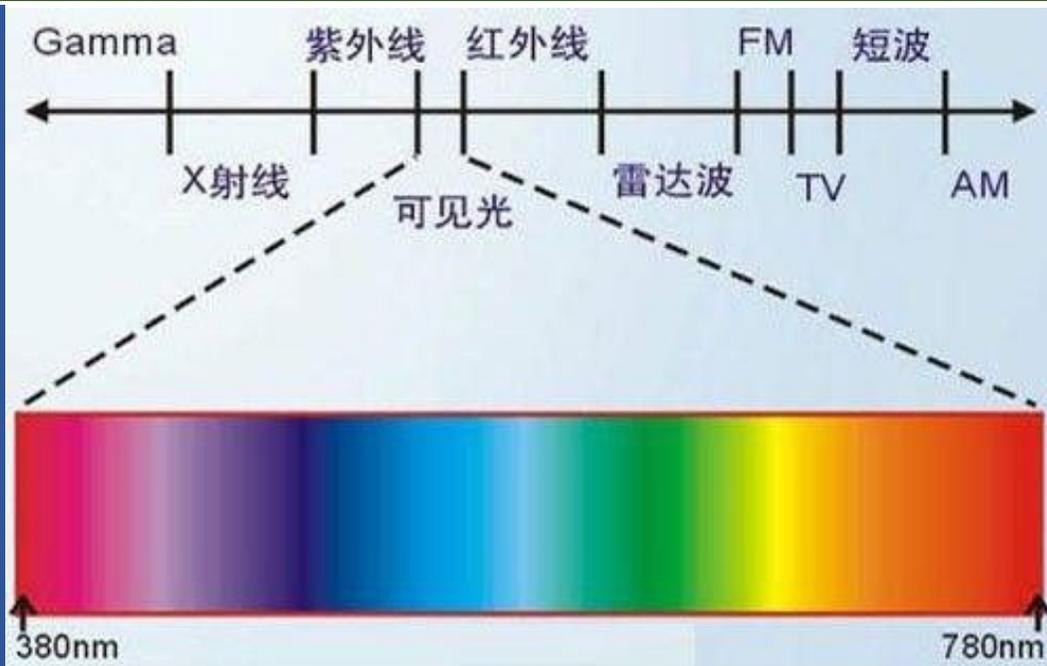


用分光计研究光栅光谱

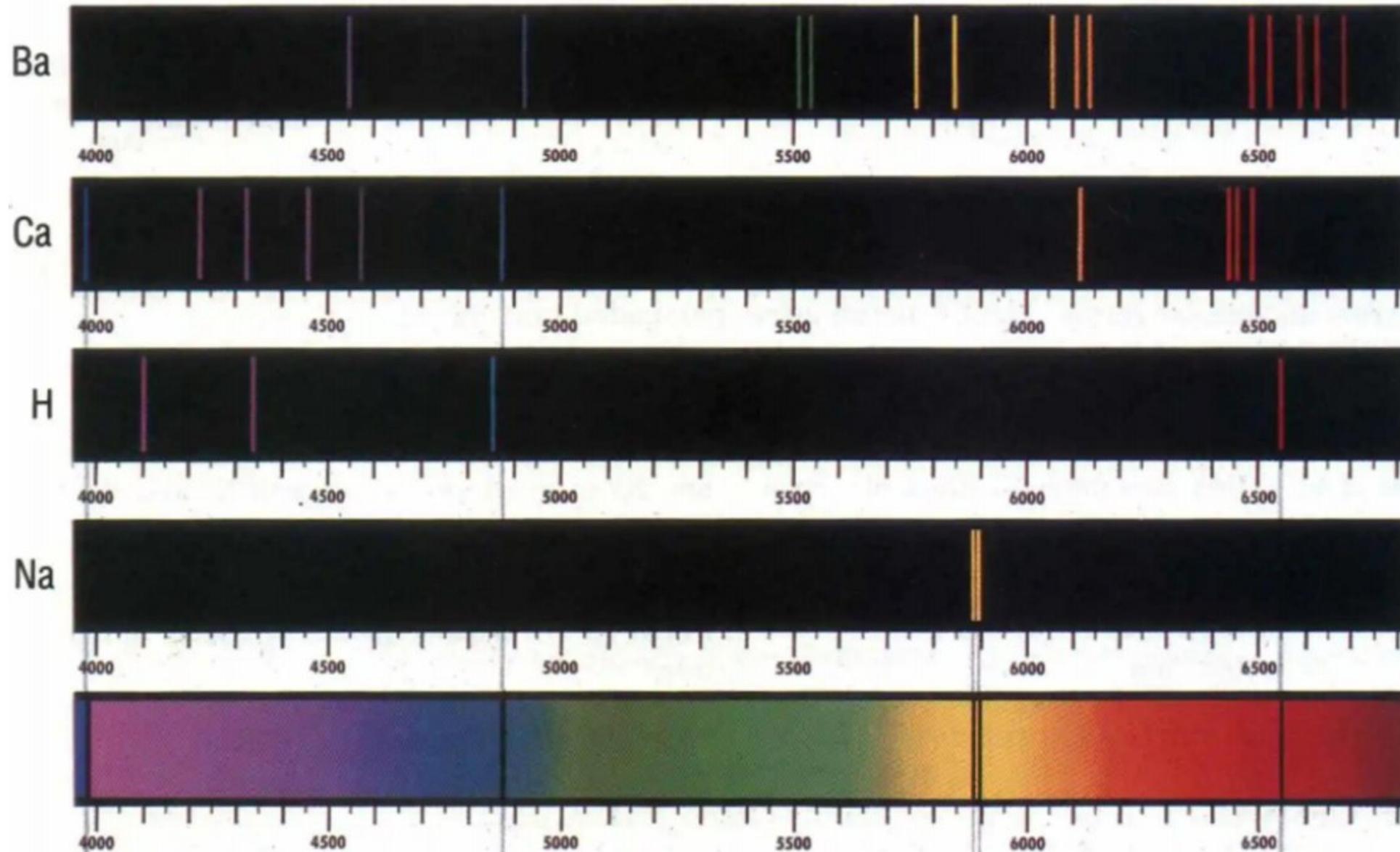
光谱

光谱：是复色光经过**色散系统**(如棱镜、光栅)分光后，被色散开的单色光按**波长或频率**大小依次排列的图案，全称为“光学频谱”。

光谱中最大的一部分——可见光谱，是电磁波谱中**人眼可见**的一部分，在这个波长范围内的电磁辐射被称作“**可见光**”。

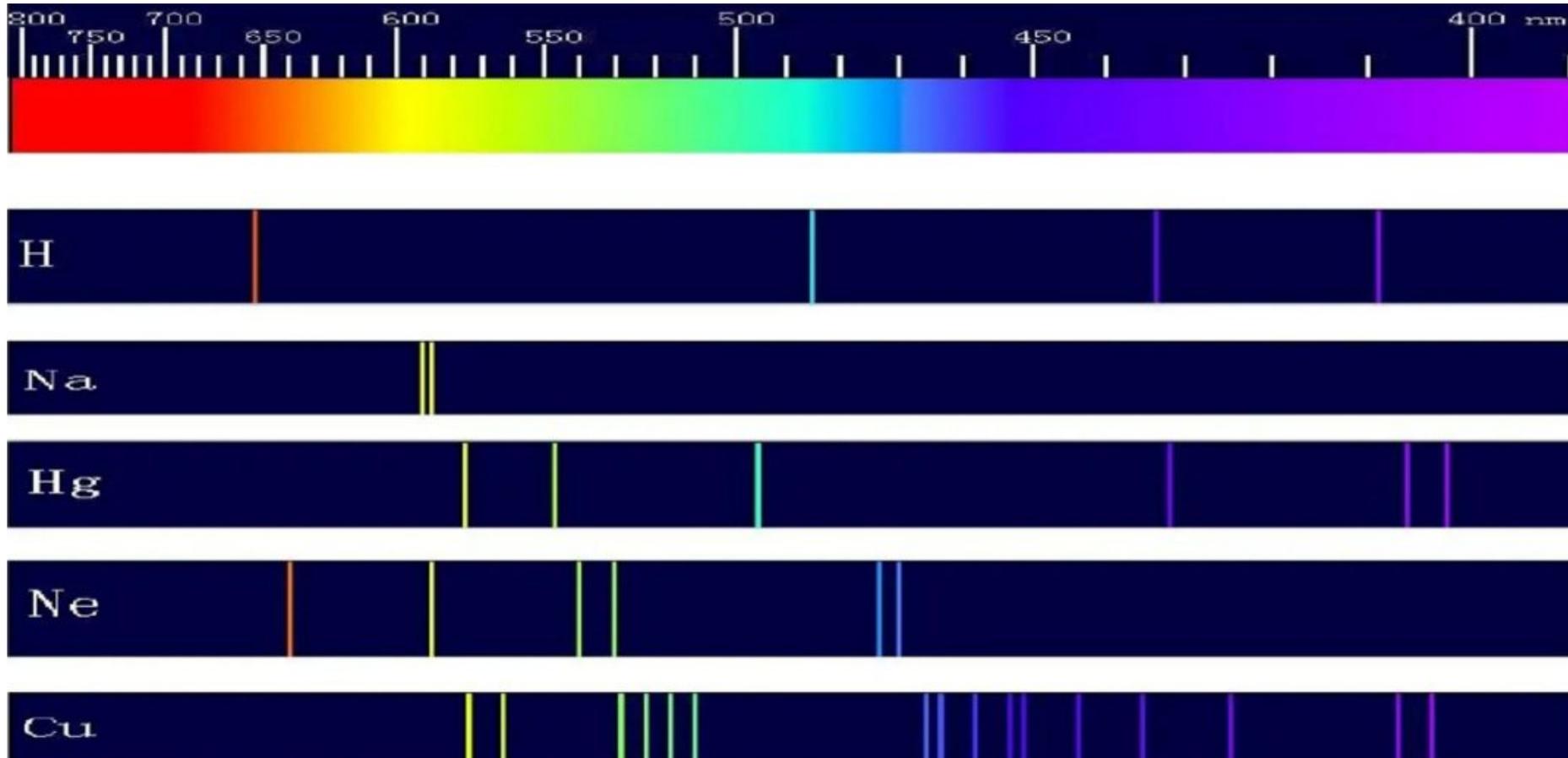


图：太阳光谱及夫琅禾费线。

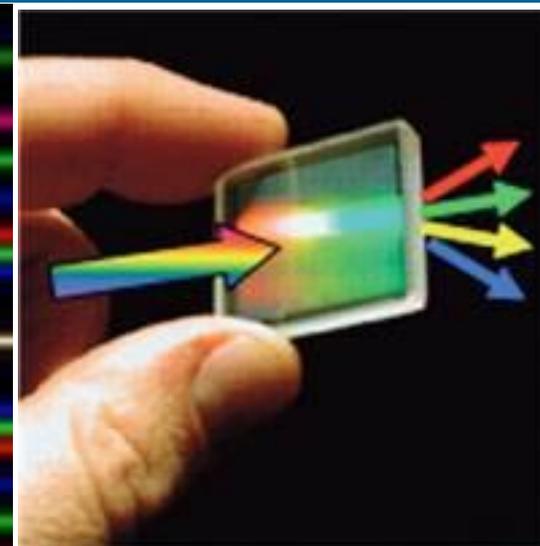
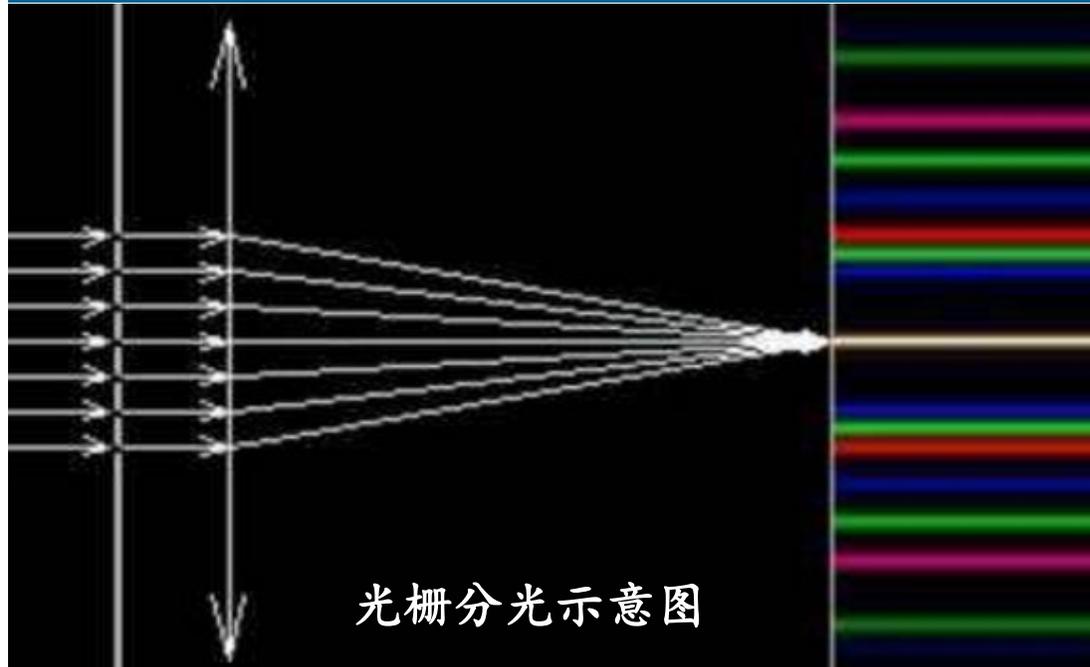
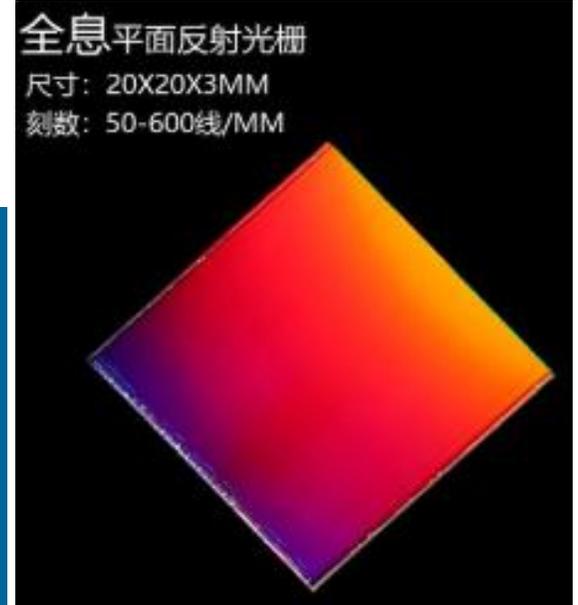


图：太阳光谱与原子吸收光谱的对比 (单位Å).

特征谱线：各种元素都只能发出具有本身特征的某些波长的光，明线光谱的谱线也叫**原子的特征谱线**，对应的波长叫**特征波长**。



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。



透射型全息衍射光栅



pet透射衍射光栅

平面透射光栅

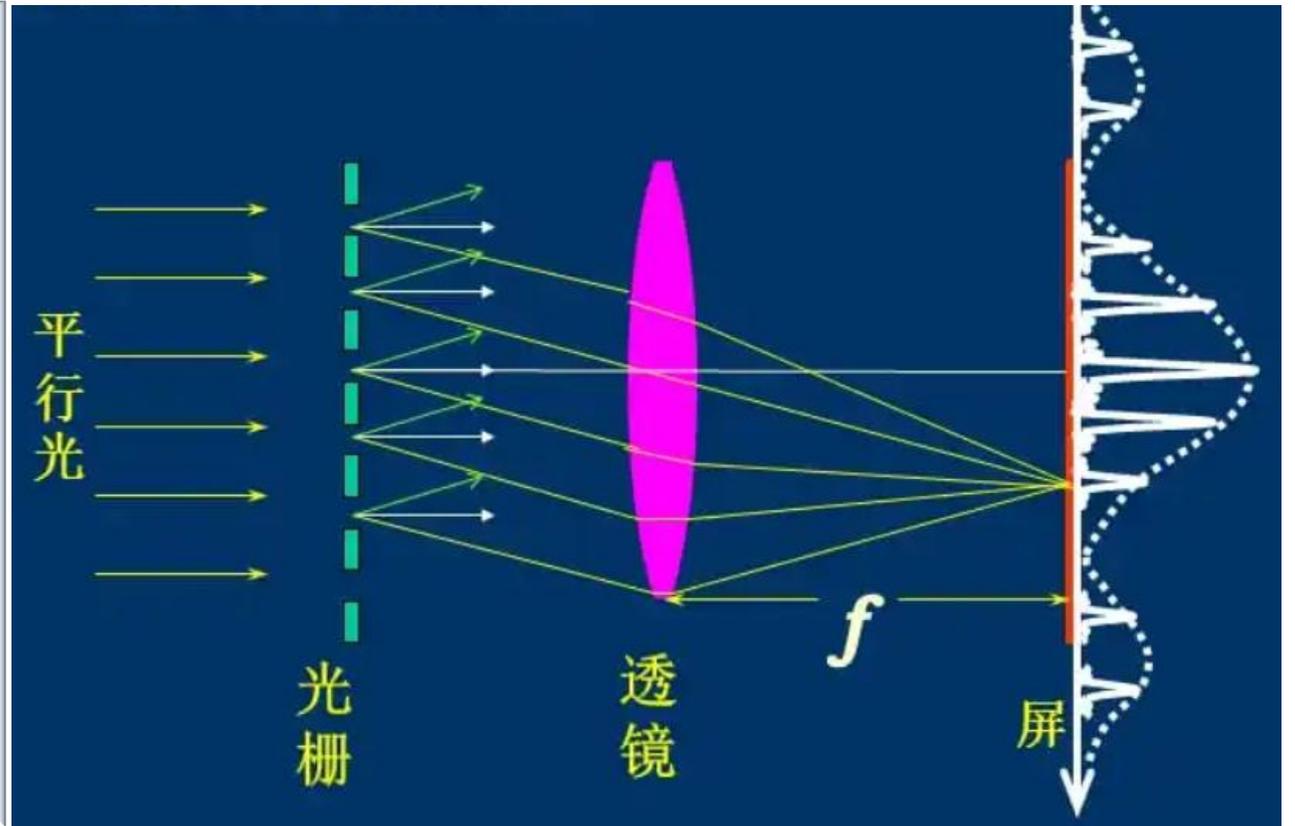
光栅常数： $d=a+b$

光栅方程： $d\sin\theta=k\lambda$ ($k=0,\pm 1,\pm 2,\dots$)

光栅的基本特性参数：

(1) 角色散率 $D=\Delta\theta/\Delta\lambda=k/(d\cos\theta)$

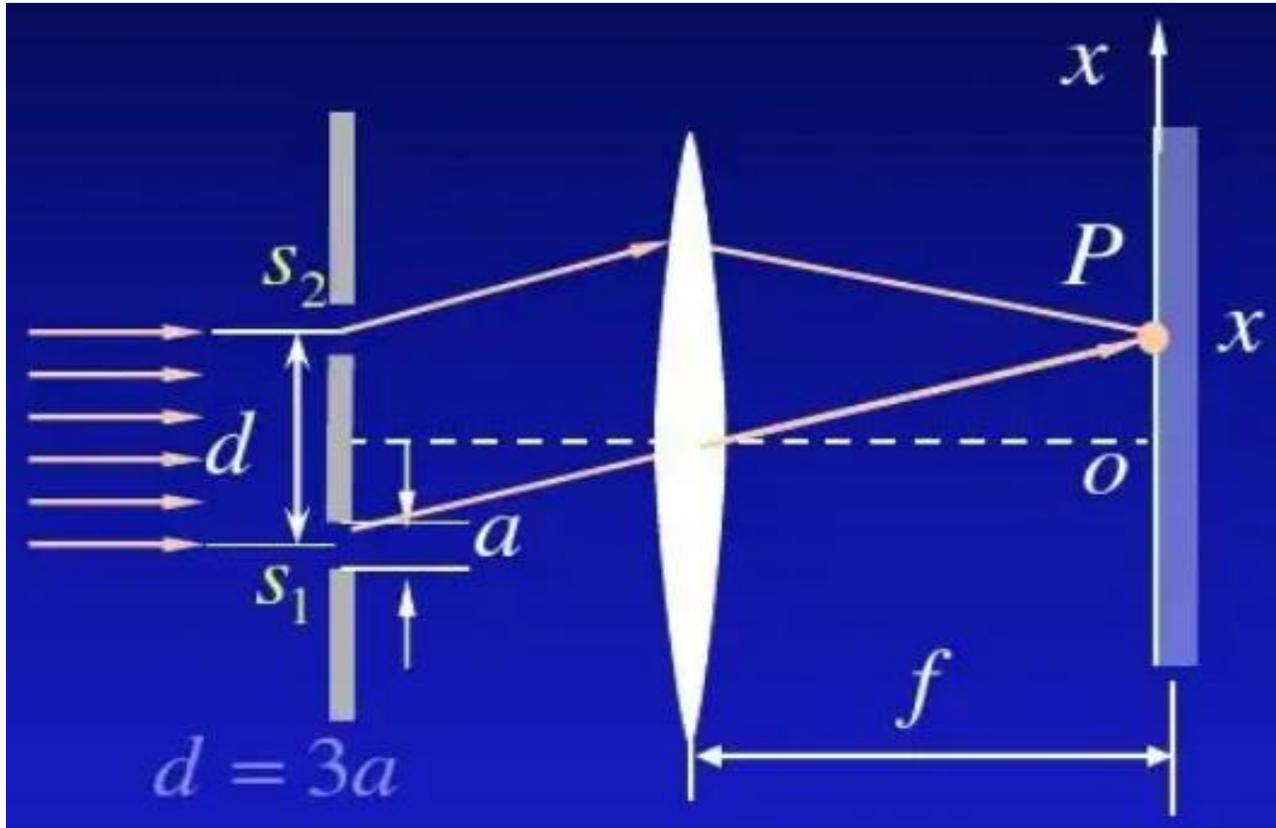
(2) 光栅分辨本领 $R=\lambda/\Delta\lambda=kN=k l/d$



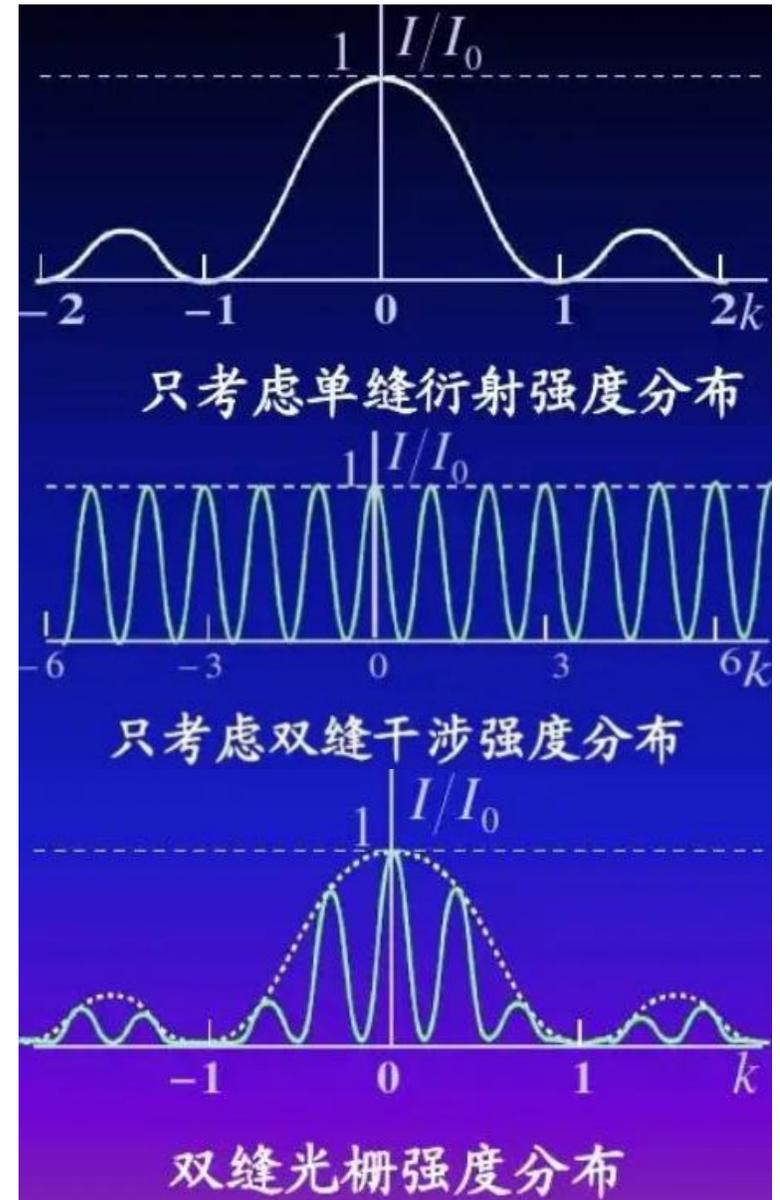
说明： θ 是衍射角； λ 是分光后的各颜色谱线波长； k 为光谱衍射级数； N 是被入射平行光照射下的光栅有效面积内的狭缝总条数； l 为光栅受照面积的宽度，也即分光计实验中平行光管的通光孔径。

光栅衍射

以**双缝光栅**为例，基本特点：

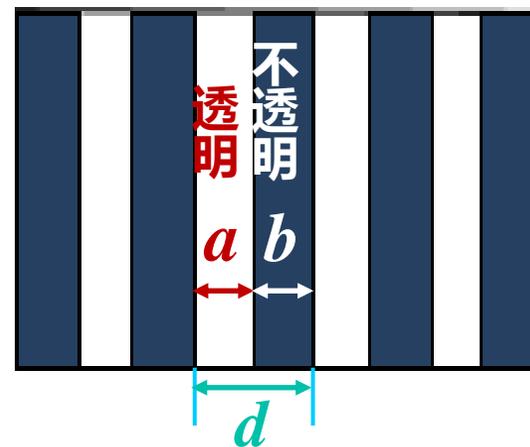
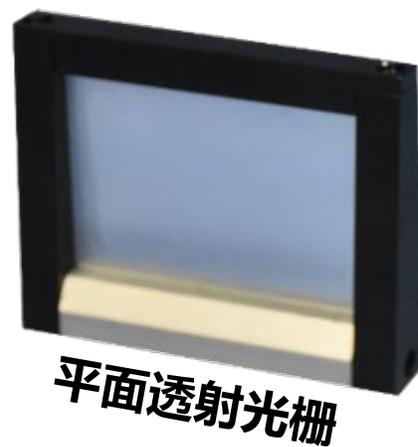


结论：屏上强度为**单缝衍射**和**双缝干涉**的共同结果。



实验目的及仪器

- 进一步熟悉分光计的调节与使用；
- 以汞灯作光源，以平面透射光栅作色散器件，观察光通过光栅的衍射现象，了解光栅的主要特性，并测量各光谱线的衍射角；
- 学会用透射光栅测定光栅常数、角色散率、光栅分辨本领及光波波长；
- 掌握光谱定性、半定量分析的方法。



相邻两束相干光的**光程差**： $\delta = d \sin \theta$

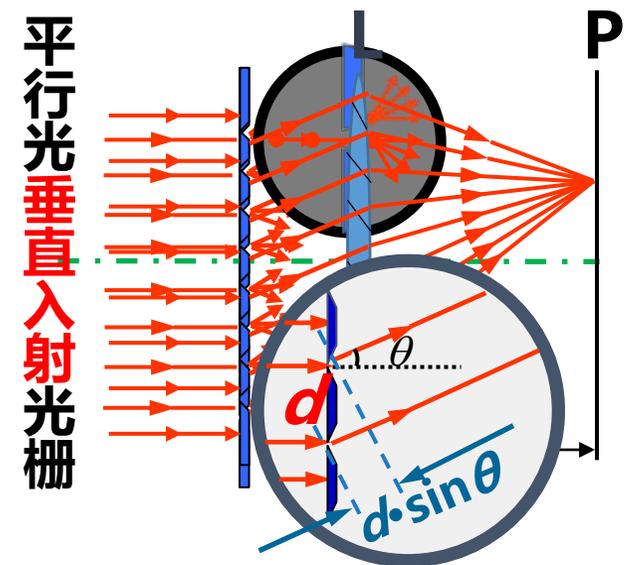
相邻两束相干光的**相位差**： $\Delta \varphi = 2\pi \delta / \lambda = 2\pi d \sin \theta / \lambda$

若光程差 δ 恰好等于 $k\lambda$ ，或者说相位差 $\Delta \varphi$ 恰为 $2k\pi$ ，
则两束光**相干加强**，就会产生**明条纹**。

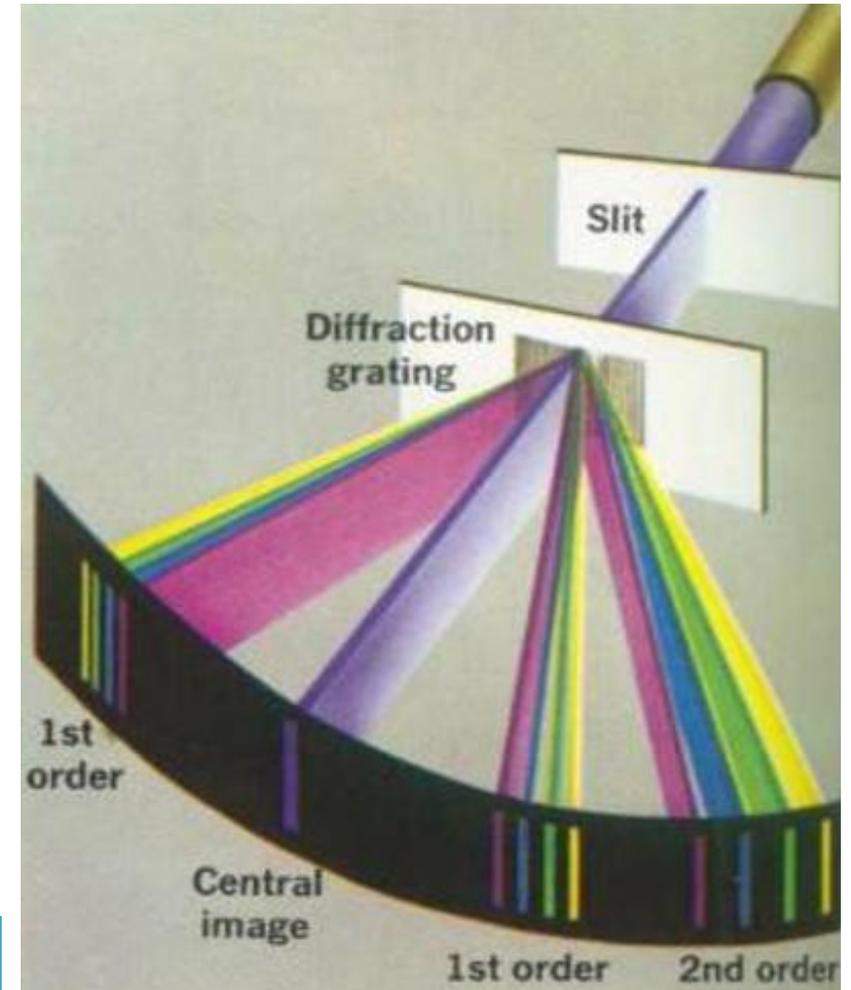
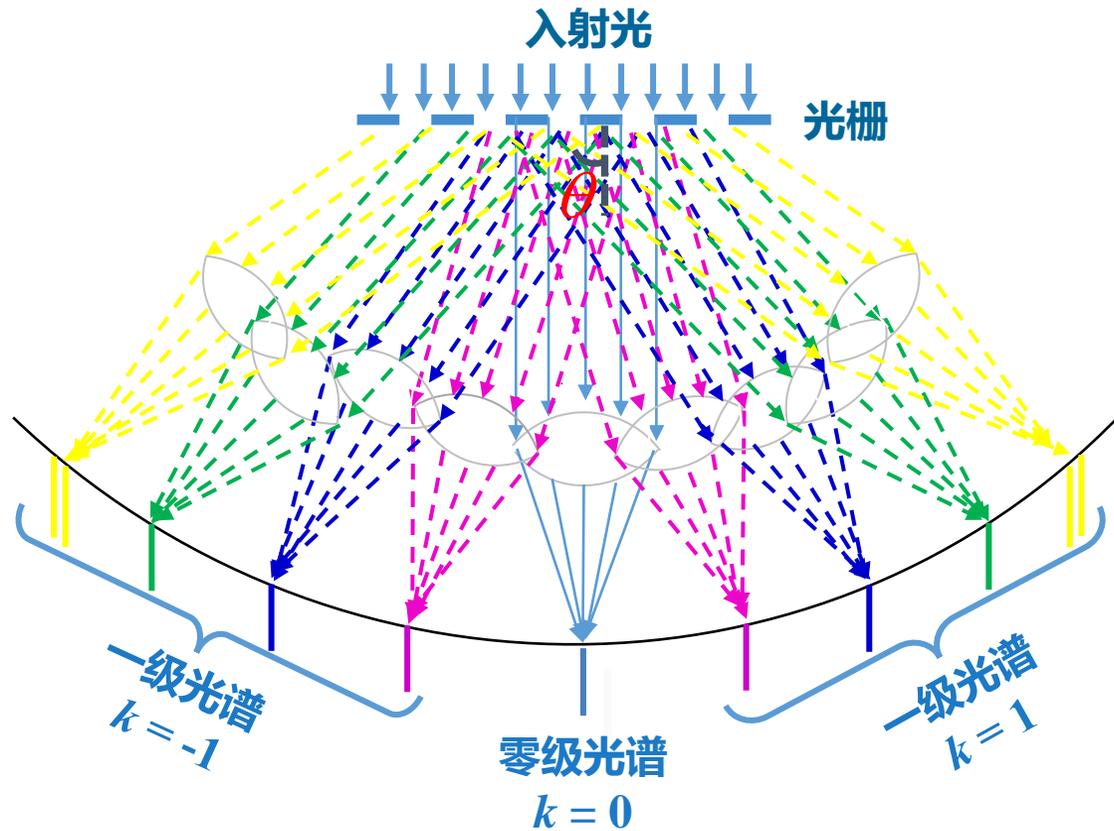
以此类推，此时N束光也都相干加强。

光栅衍射明条纹的条件为： $d \sin \theta = k\lambda \quad (k=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$

k 是衍射级数， θ 是衍射角， λ 是光波波长。



(光栅方程)



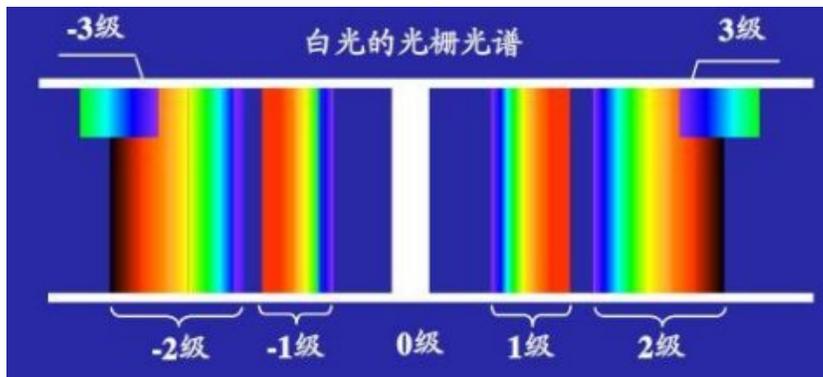
光栅衍射条纹是以中央明纹($k=0$)为中心, 两侧对称分布的各级明条纹。

实验原理

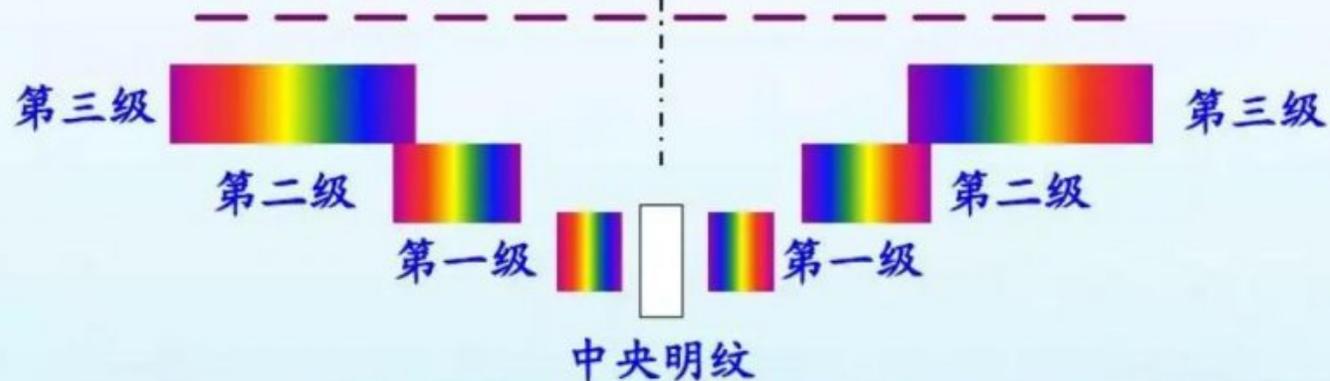
白光光栅光谱的形象示意图：

光栅方程：

$$d \sin \theta = k \lambda, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$$



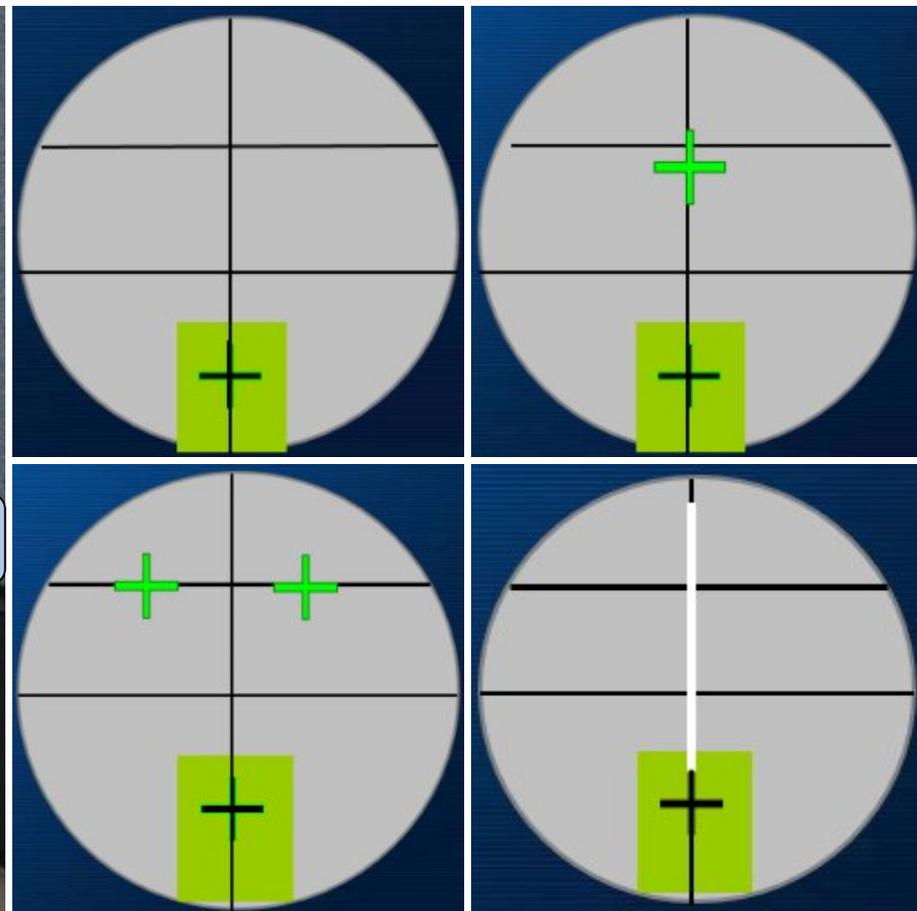
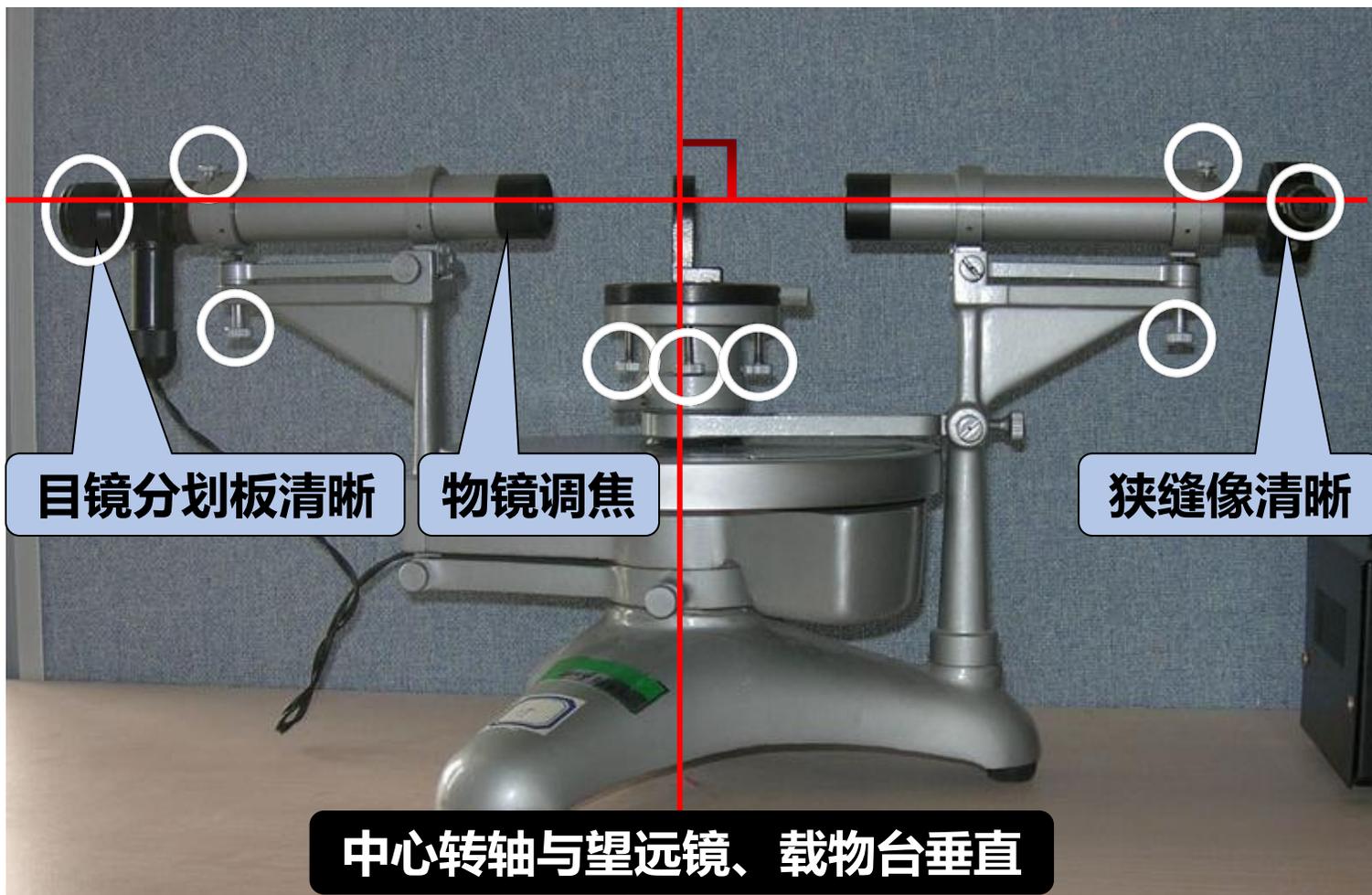
当 d 一定时， θ 的大小与波长有关，同一级 k ， λ 大 θ 也大。如用白光照射，除中央明纹为白色外，其他各级出现色散现象，形成彩色光栅光谱。



实验步骤

1. 调节分光计到能够正常使用的状态。

提醒： 整个分光计的调节过程只需调节下图中白色圆圈所示的**九个螺钉或旋钮 (2+4+3)**。



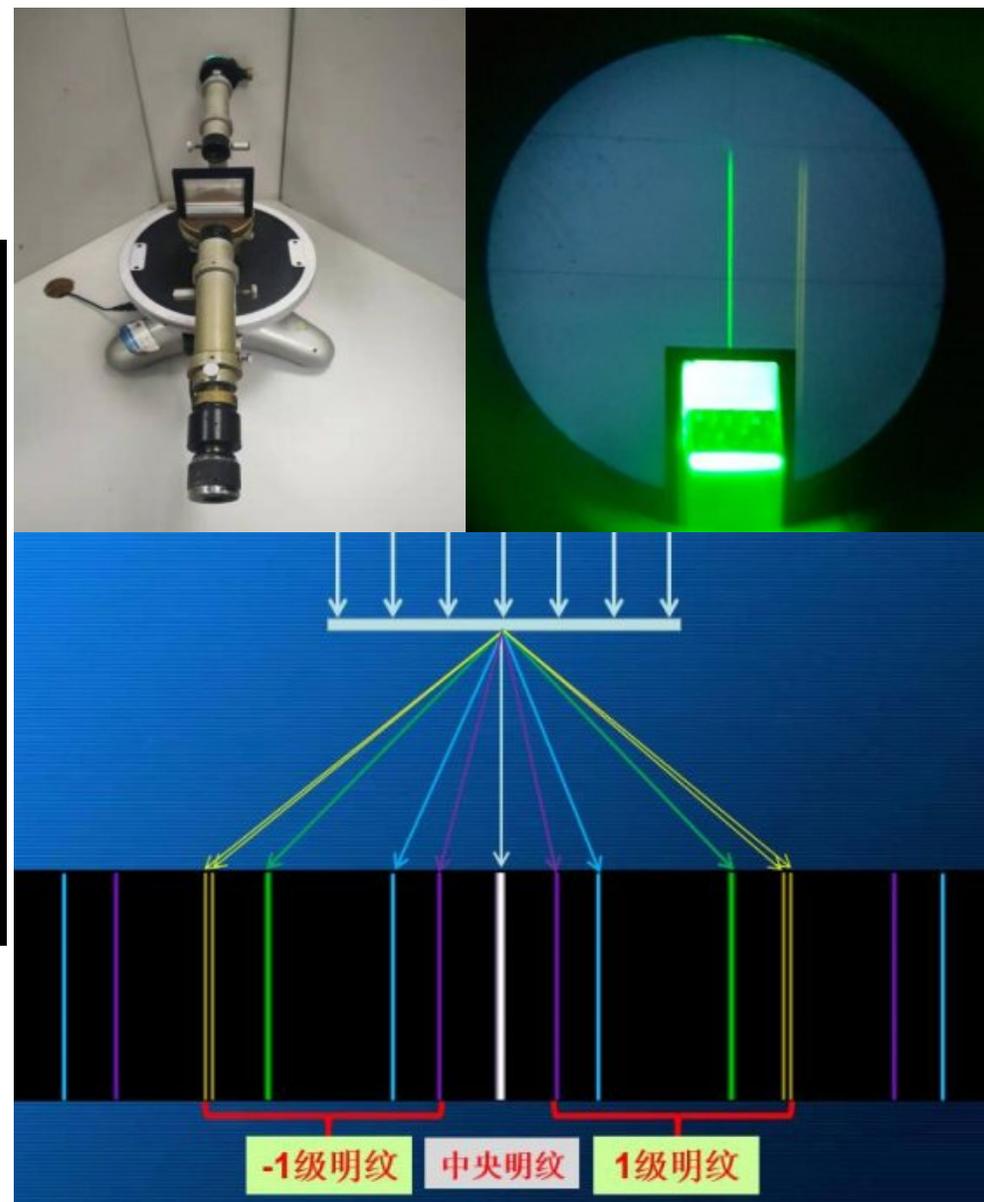
图：望远镜视场中看到的几步正常现象。

2. 观察光栅光谱，测量衍射角数据。

用**汞灯**作光源，用平面透射光栅作色散器件，用分光计来观察现象和测量数据。实验中需注意：

- (1)光栅置于载物台中央，**垂直**于平行光管；
- (2)测汞灯**±1级**四条谱线(**紫、绿、黄2、黄1**)的衍射角数据；
- (3)要确保十字叉丝竖线与谱线完全**重合**才能读取角度数据；
- (4)计算每条谱线的衍射角 θ ，需读四个角度 $\theta_{左}$ 、 $\theta_{右}$ 、 $\theta_{左}'$ 、 $\theta_{右}'$ ；
- (5)望远镜由中间位置向两侧转动，**依次测量**紫色、绿色、双黄线的数据，不要记录±2级及以上谱线的实验数据。

$$\theta = \left(\left| \theta_{左} - \theta_{左}' \right| + \left| \theta_{右} - \theta_{右}' \right| \right) / 4$$



实验原始数据 $\theta_{左}$ 、 $\theta_{右}$ 、 $\theta_{左}'$ 、 $\theta_{右}'$ 填表， k 取1；
进行如下计算：

- (1) 计算紫光、绿光、两黄光一级谱线的衍射角 θ ；
- (2) 已知 $\lambda_{绿}=546.1\text{nm}$ ，基于测得的绿光衍射角 $\theta_{绿}$ ，算出光栅常数 d 值；
- (3) 算光栅分辨本领 $R=kl/d$ ， l 为平行光管通光孔径；
- (4) 计算两黄光谱线的波长 $\lambda_{黄1}$ 、 $\lambda_{黄2}$ 的测量值，并与汞灯两黄光波长公认值比较，求相对误差 η ；
- (5) 计算两黄光谱线处的角色散率 $D=k/(d\cos\theta)$ 。

表 Hg灯一级光谱实验数据

谱线颜色	$\theta_{左}$	$\theta_{右}$	$\theta_{左}'$	$\theta_{右}'$	衍射角 θ	$\sin\theta$	测量值 λ (nm)	公认值 λ (nm)	相对误差 η (%)
紫								435.8	
绿								546.1	
黄2								577.0	
黄1								579.1	

- (1) 如何保证平行光垂直入射至光栅表面？
- (2) 用白光照射光栅，形成什么样的光谱？有何规律？
- (3) 光栅光谱跟三棱镜产生的光谱相比，有何不同？
- (4) 用 589.3nm 的钠光灯垂直照射到每毫米具有500条刻痕的平面透射光栅上时，最多能观察到几级谱线？

