

光栅衍射

引言

实验目的

实验原理

实验仪器

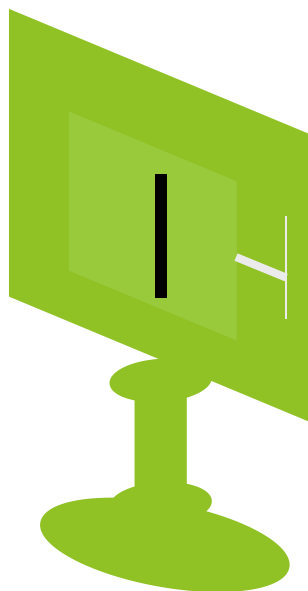
实验内容

引言

光的衍射

一切波都能发生衍射，光波通过衍射把能量传到阴影区域，能够发生**明显衍射**的条件是障碍物或孔的尺寸跟波长差不多（**障碍物或孔的尺寸不可过大**）。

激
光
束

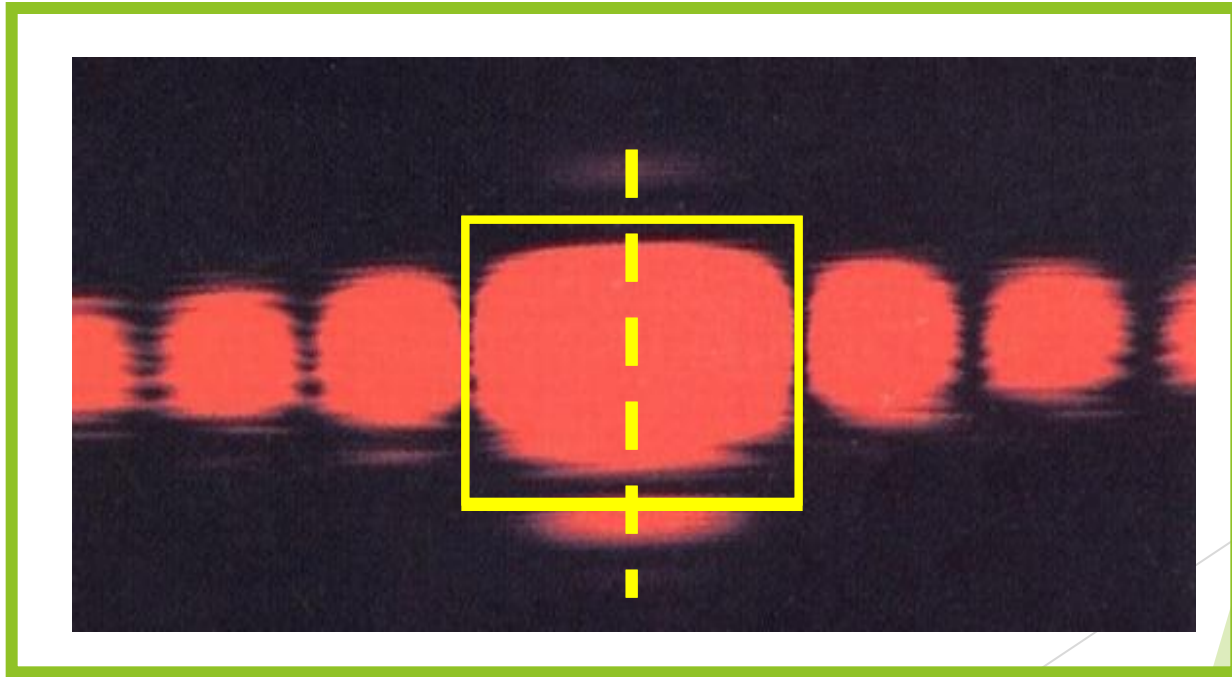


像
屏



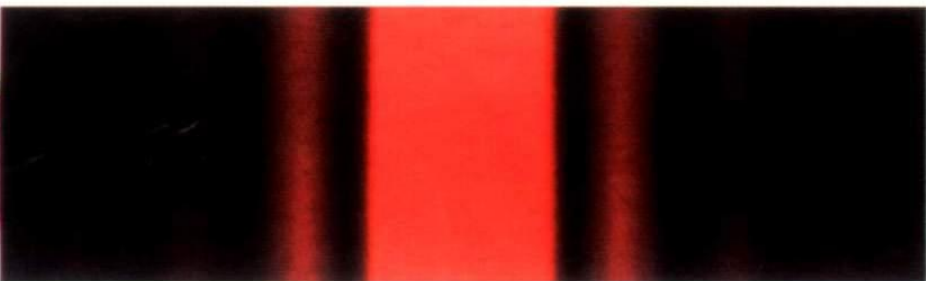
单缝衍射条纹的特征

1. 中央亮纹宽而亮；
2. 两侧条纹具有对称性，亮纹较窄、较暗。

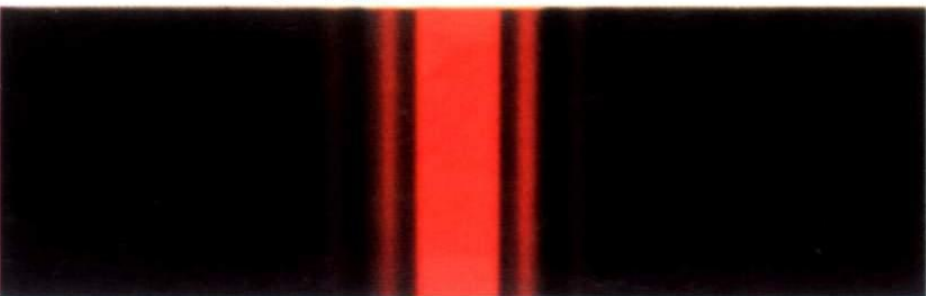


观察下列衍射图样，分析衍射规律：

红光 $a = 0.4 \text{ mm}$

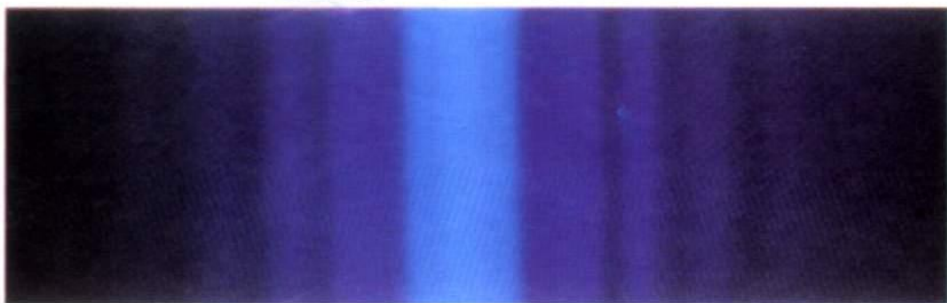


红光 $a = 0.8 \text{ mm}$

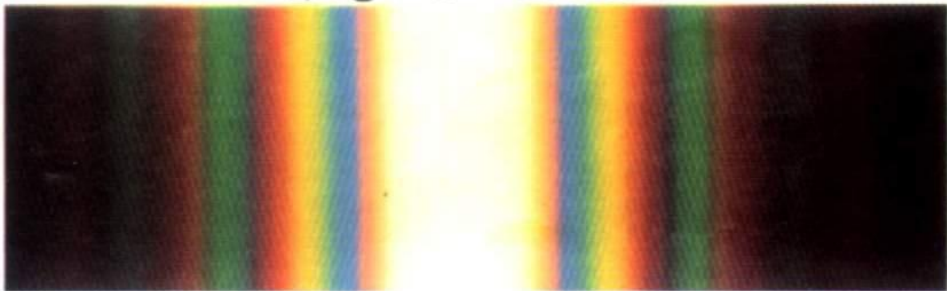


不同缝宽的单缝衍射

蓝光 $a = 0.4 \text{ mm}$



白光 $a = 0.4 \text{ mm}$

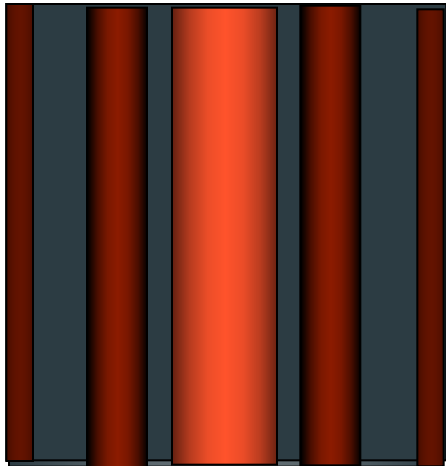
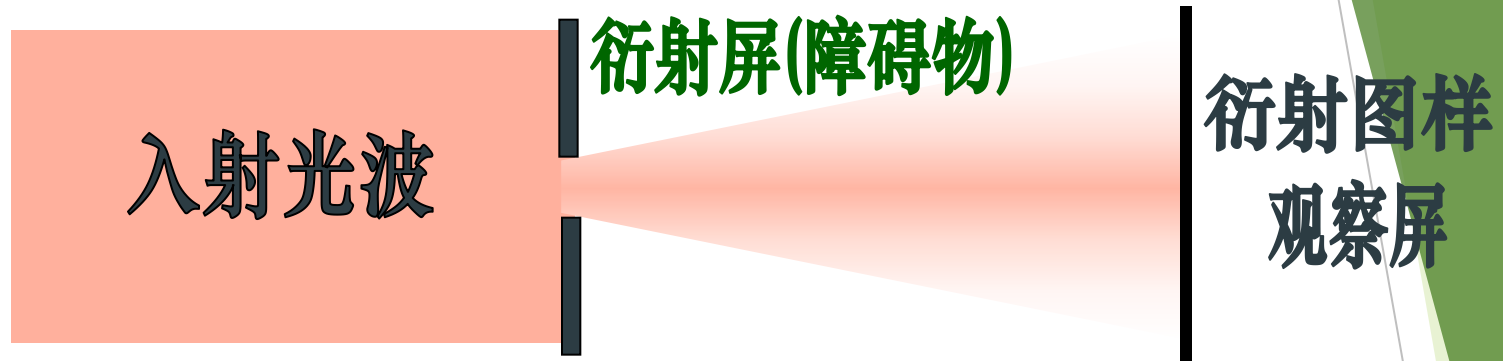


不同色光的单缝衍射

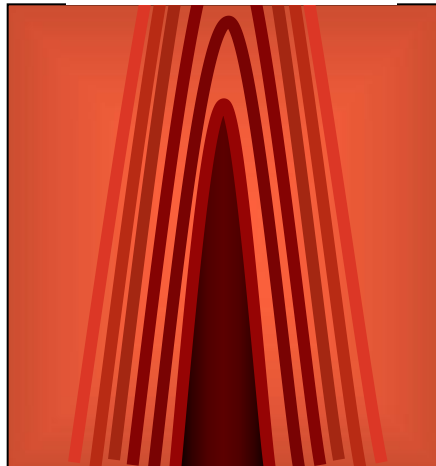
单缝衍射规律

1. 波长一定时，单缝窄的中央条纹宽，各条纹间距大；
2. 单缝不变时，光波波长长的（红光）中央亮纹越宽，条纹间隔越大；
3. 白炽灯的单缝衍射条纹为中央亮，两侧为彩色条纹，且外侧呈红色，靠近光源的内侧为紫色。

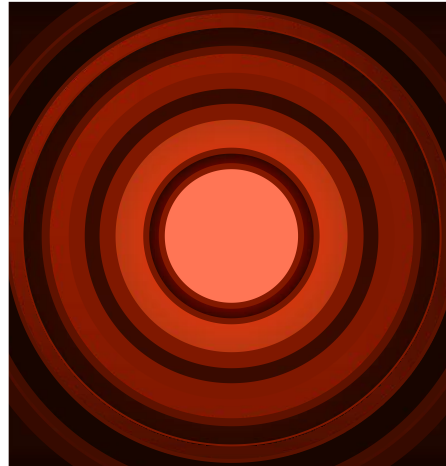
不同狭缝下的光的衍射现象



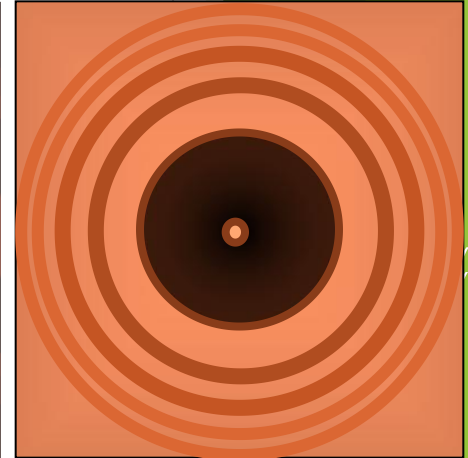
狭缝



针尖



圆孔



圆屏

实验目的

1. 了解分光计的构造、原理及其调节方法
2. 观察光栅衍射现象
3. 学会用光栅测量光波波长的方法

实验原理

光栅

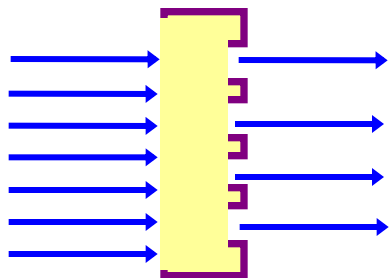
1、定义

许多**等宽度、等距离**的狭缝排列起来形成的光学元件. 广义讲, 任何具有**空间周期性**的衍射屏都可叫作光栅。

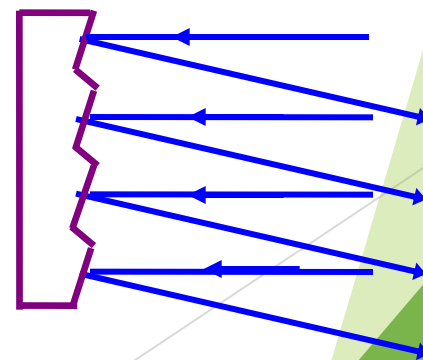
2、种类

透射光栅 ， 反射光栅， **平面光栅，凹面光栅**

透射光栅

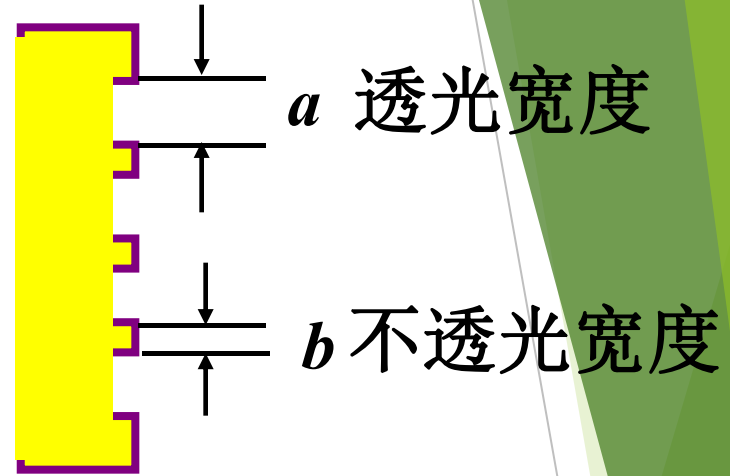


反射光栅



3. 光栅常量

a 是透光部分的宽度，
 b 是不透光部分的宽度，
光栅常量 $d = a + b$ ，是光栅的重要参数，数量级为
 $10^{-5}-10^{-6}\text{m}$

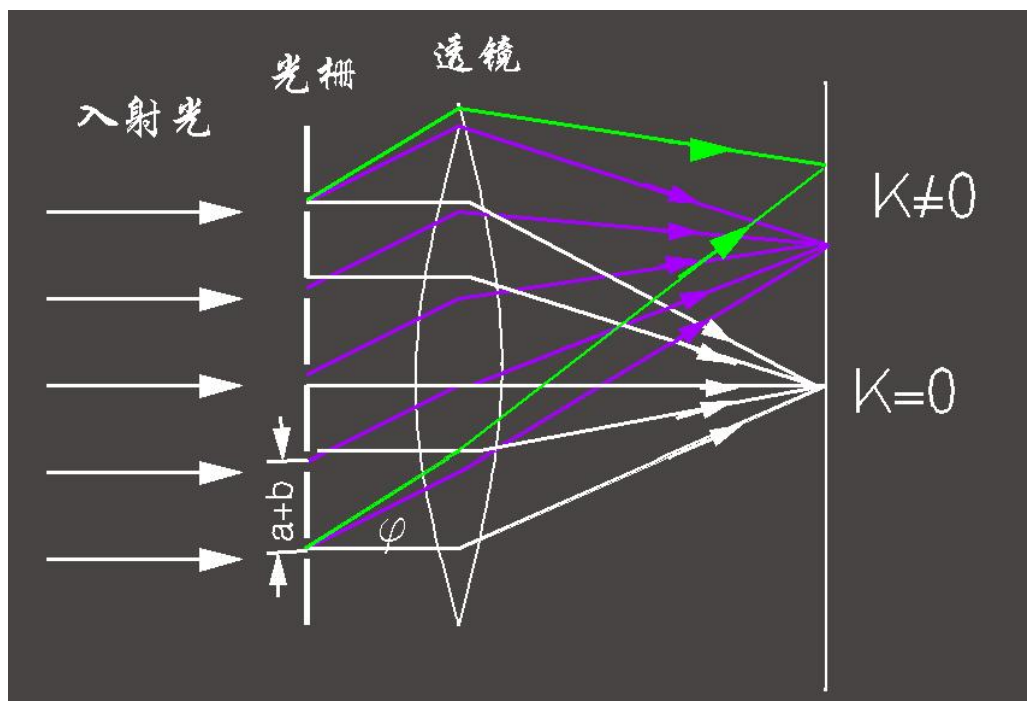


二、光栅的衍射规律

光栅每个缝形成各自的单缝衍射图样。

光栅缝与缝之间形成的多缝干涉图样。

光栅衍射条纹是单缝衍射与多缝干涉的总效果。



当波长为 λ 的平行光垂直光栅面入射透明与不透明相间的周期性结构（光栅）时，最后是透过的光的衍射与相干叠加的结果。

光栅方程

任意相邻两缝对应点在衍射角为 φ 方向的两衍射光到达 P 点的光程差为

$$\delta = d \sin \varphi$$

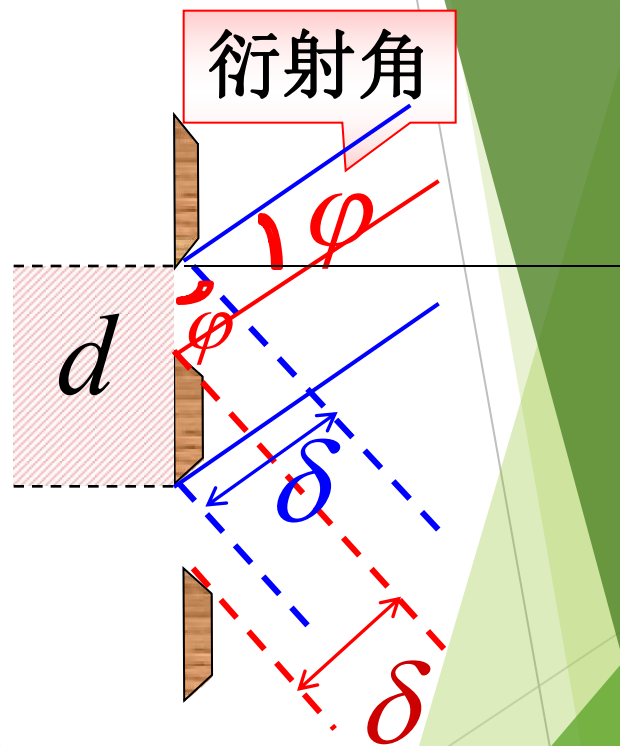
由双缝干涉可知，当满足

$$d \sin \varphi = k\lambda$$

$$(k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

干涉相长，在 φ 方向形成明条纹，

又称谱线。 $a+b=d$ 为光栅常数， φ 为衍射角， K 称为级次。



光栅光谱仪简介

- ▶ 利用光栅干涉原理可制成光栅光谱仪，用于各种物质的光谱分析，通过物质特征光谱的识别，研究被分析样品中特定物质的含量。例如：
 - ▶ 1. 太阳表面物质的构成
 - ▶ 2. 炼钢时杂质的含量
 - ▶ 3. DNA的测定

三. 仪器的调节

分光计主要由四部分组成：

1. 望远镜
2. 平行光管
3. 载物平台
4. 刻度盘（双游标）

调节的目的：

（为满足前面光栅公式成立的条件）

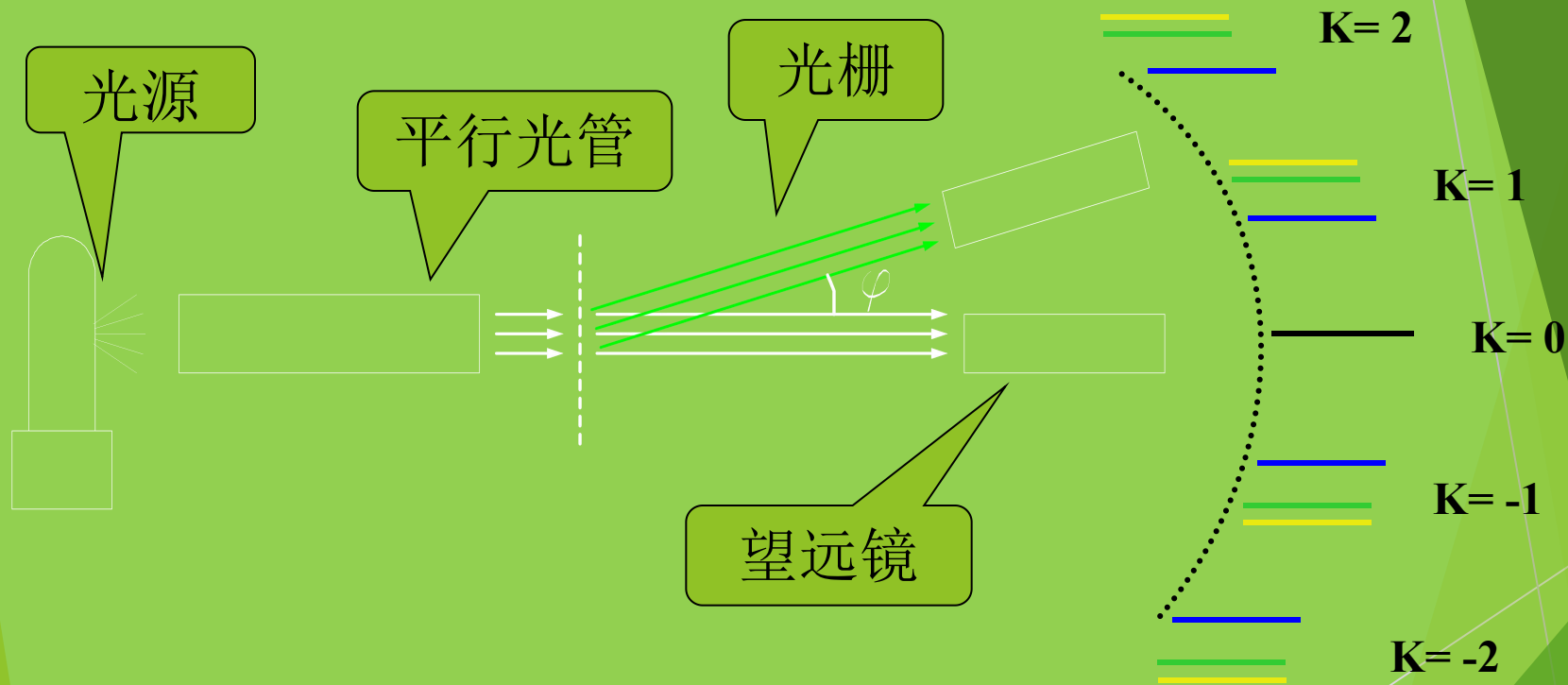
- 1 平行光管产生平行光
- 2 平行光垂直入射光栅面
- 3 望远镜适合接收平行光

（调整方法详见后面录像）

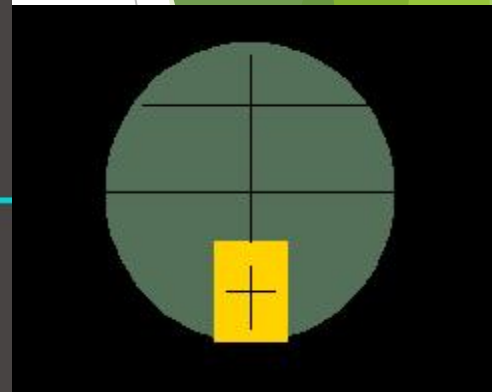
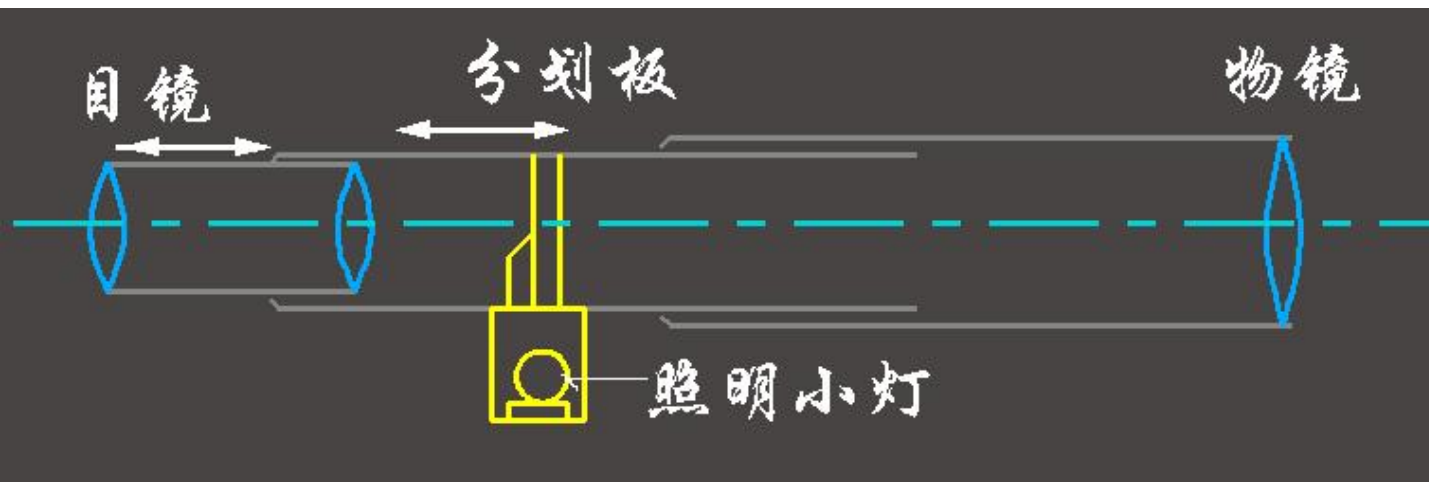


分光计

四. 实验装置示意图

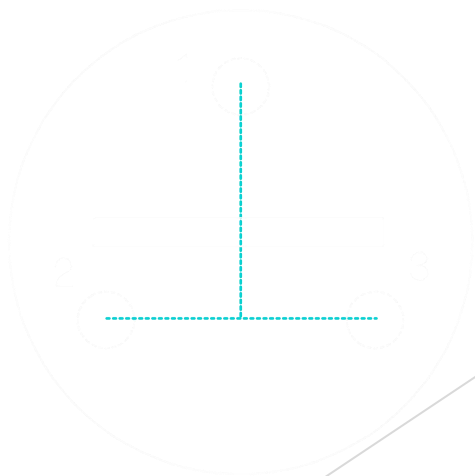
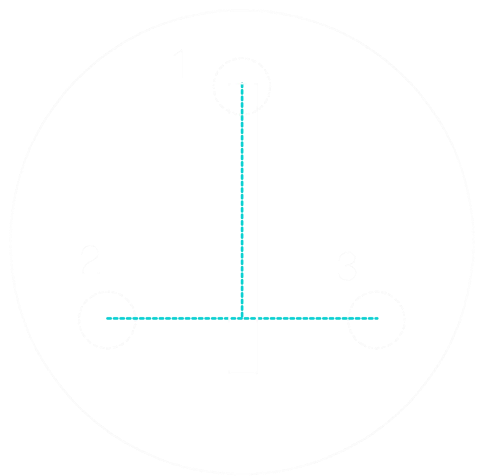


望远镜结构



光栅放置

- ▶ 调节载物平台的三个水平螺丝，使平台基本水平。按如下不同方法在平台上放置光栅，前者调节2或3，后者调节1，即可前后倾斜，而不需动另外两个螺丝。



五. 游标读数

1. 为了消除内外转盘不同心造成角度读数误差，分光计在转盘左右两边分别有两个游标读数窗口，读数时必须左右游标都要分别读数。
2. 偏心差很小，因此，左右游标读数差，应在 180° 上下，最多差几分。
3. 读数：先读游标“0”点所对的主盘读数，再加上刻度对齐主盘刻度处的游标盘的读数。

分光计测量读数

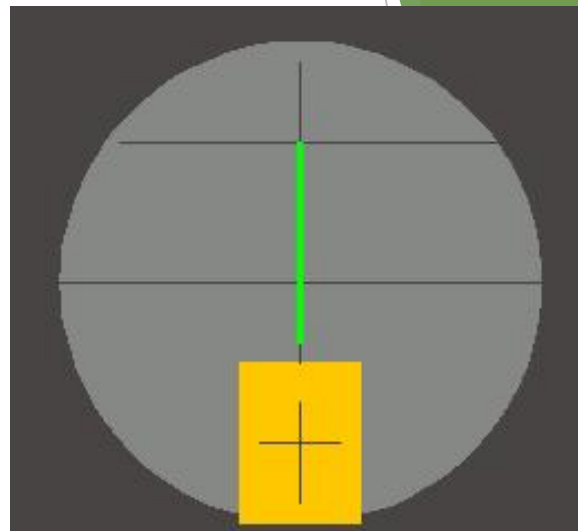
用准线叉丝对准某条谱线，即可通过分光计两边的游标，读出该谱线的偏转角度。图为读汞灯绿光时的情况。

读数：

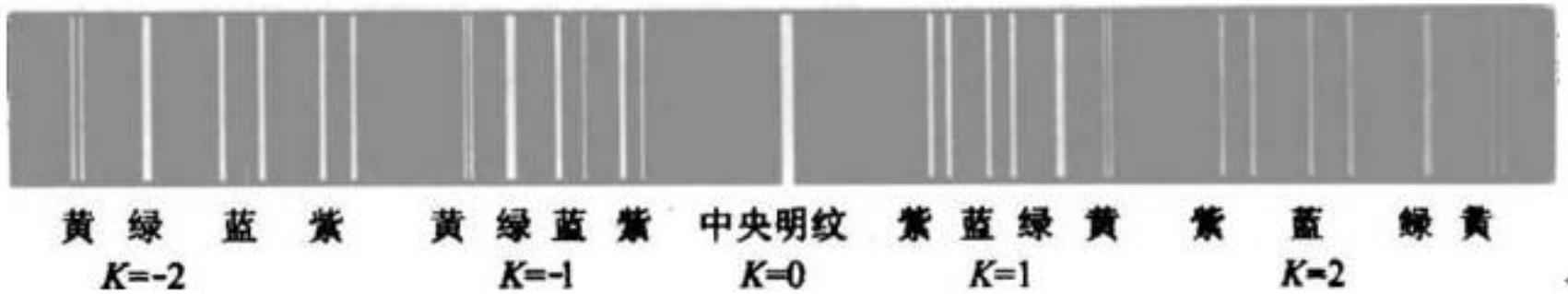
游标0刻线对准的主尺读加游标刻线与主尺刻线对齐的游标刻线的读数，既

读数 = $A + B =$

$$22^\circ 30' + 10' = 22^\circ 40'$$



汞光谱示意图



实验中光谱偏转角度测量

1. 由于各级光谱相对于中央明条纹对称，为了提高测量的精确度，测量第 k 级谱线时，应测出 $+k$ 级与 $-k$ 级谱线的位置，两位置差值的一半即为 φ_k 。
 2. 为消除分光计刻度盘的偏心差，测量每一条谱线位置时，左右两侧游标均要读数。
 3. 测量时，先确定要测量的各级谱线，然后将望远镜转到最左端，从 $-2, -1$ 级到 $1, 2$ 级依次测量，测量所得数据要逐一填入预先准备好的表格中。
2. 再利用公式

$$\varphi = \frac{|\varphi_2 - \varphi_1| + |\varphi_2' - \varphi_1'|}{4}$$

求出该光谱的偏转角。

数据记录和处理

级数 k		黄	绿	蓝	紫
-2	左游标 α				
	右游标 β				
+2	左游标 α				
	右游标 β				
ϕ_2					
-1	左游标 α				
	右游标 β				
+1	左游标 α				
	右游标 β				
ϕ_1					

- ▶ 计算光栅常数 ($\lambda_{0绿}=546.07\text{nm}, K=?$)

$$d = \frac{K\lambda_{绿}}{\sin\varphi_{绿}} = ?$$

- ▶ 求出蓝光波长 ($\lambda_{0蓝}=435.83\text{nm}$)

$$\lambda_{蓝} = \frac{d \sin\varphi_{蓝}}{K} = ?, \quad E_{0蓝} = \frac{|\lambda_{蓝} - \lambda_{0蓝}|}{\lambda_{0蓝}} = ?$$

- ▶ 求出黄₁光波长 ($\lambda_{0黄}=578.00\text{nm}$)

$$\lambda_{黄_1} = \frac{d \sin\varphi_{黄_1}}{K} = ?, \quad E_{0黄_1} = \frac{|\lambda_{黄_1} - \lambda_{0黄}|}{\lambda_{0黄}} = ?$$

项目	黄	绿	蓝	紫
$\lambda_{\text{标}} (\times 10^{-10} \text{ m})$	5 780.0	5 460.7	4 358.3	4 077.8
$\lambda_{\text{实}} (\times 10^{-10} \text{ m})$				
$E = \frac{ \lambda_{\text{标}} - \lambda_{\text{实}} }{\lambda_{\text{标}}} \times 100\%$				