

## 实验目的

1. 了解光栅单色仪的结构以及工作原理并熟练掌握其使用方法
2. 掌握调节光路准直的基本方法和技巧，利用钠灯等标准光源对单色仪进行定标
3. 测量红宝石的发射光谱，加深对物质发光光谱特性的了解

## 实验方法

### 实验仪器

WDS-8 型组合式多功能光栅光谱仪，具体参数：焦距  $f=500\text{ mm}$ 。光栅条数：1200 gr/mm。狭缝宽度在 0-2 mm 连续可调，示值精度 0.01 mm。光电倍增管的测量范围：200-800 nm；CCD 的测量范围：300-900 nm

### 实验原理

光栅光谱仪是利用衍射作为色散元件，因此光栅作为分光器件就成为决定光栅光谱仪的性能的主要因素。

#### 1. 衍射光栅：

设有一束光以入射角  $\theta_0$  射向一块衍射光栅，则只有满足下式的一些特殊角度  $\theta_m$  下，才有光束衍射出来

$$d(\sin \theta_0 \pm \sin \theta_m) = m\lambda \quad (1)$$

上式为著名的光栅方程，式中  $\theta_0$  为入射角， $\theta_m$  为衍射角， $d$  为光栅常数， $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$  还可以推得光栅的分辨率为：

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{Nd}{\lambda}(\sin \theta_0 + \sin \theta_m) \quad (2)$$

#### 2. 闪耀光栅：

闪耀定义为将一段光谱的衍射最大转移到其他衍射阶次而非零阶。通过特殊设计，闪耀光栅能够实现在特定波长的最大衍射效率。一片光栅的闪耀波长取决于刻槽几何尺寸的选择。

当入射光与光栅面的法线  $n$  的方向的夹角为  $\phi$  时，光栅的衍射角为  $\theta_b$ ，取一级衍射项，对于入射角为  $\phi$ ，而衍射角为  $\theta$  时，光栅方程为：

$$d(\sin \phi + \sin \theta_m) = m\lambda \quad (3)$$

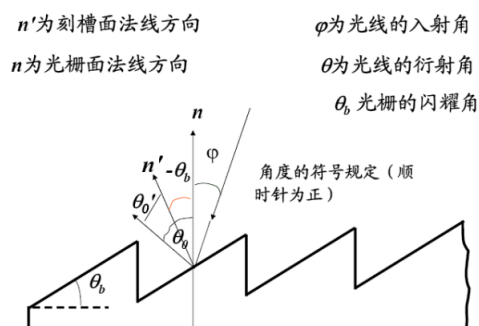


图 1: 闪耀光栅

## 实验记录及数据处理

## 实验数据及处理

## 1. 光谱单色仪的定标

在合适位置得到低压钠灯的双光谱线 (589.0 nm 和 589.6 nm) 完全分离开的光谱曲线如图:

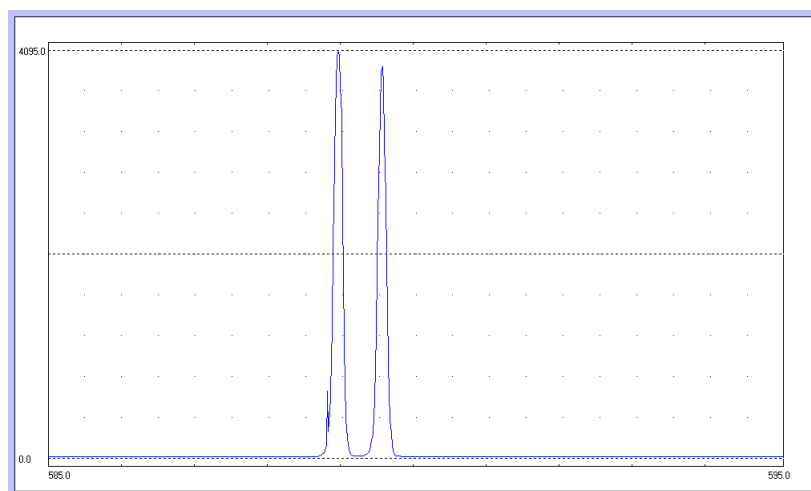


图 2: 钠光谱主线系

记录此时的负高压值为  $-437V$ ，并定标。

## 2. 测量低压钠灯的光谱

调整仪器，测量锐线系的 615.4 nm 和 616.0 nm 曲线:

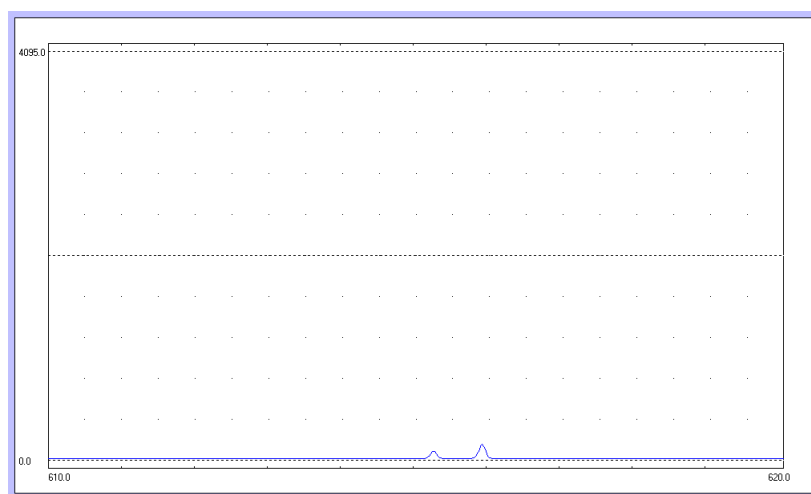


图 3: 钠光谱锐线系

从图中可以得到两条谱线的波长分别是 615.237 nm 和 615.900 nm。

# 单色仪的定标和光谱测量实验报告

少年班学院

刘子安 PB20000069

2022 年 5 月 9 日

再测量漫线系的两对谱线 568.3 nm 和 568.86 nm, 497.78 nm 和 498.2 nm:

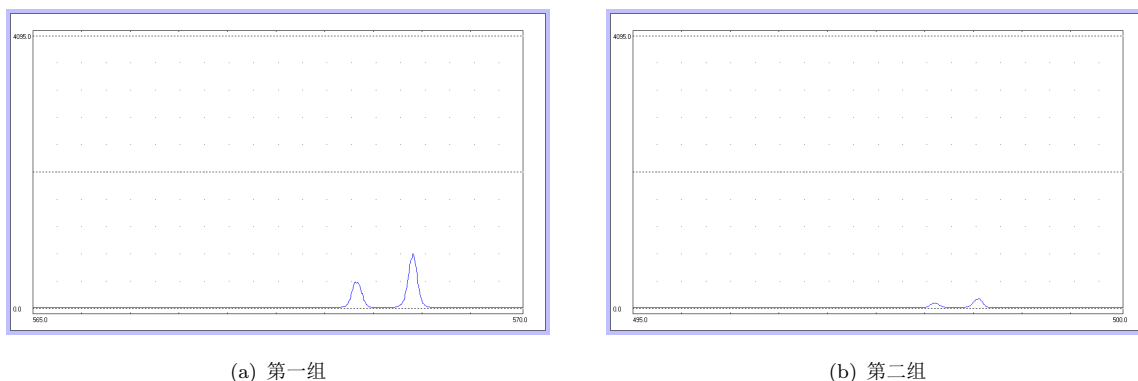


图 4: 钠光谱漫线系

读取测得数据中的值可以得到测得的波长分别为 568.288 nm 和 568.875 nm, 498.075 nm 和 498.525 nm。

可以利用测得的数据来求钠原子的里德伯常数, 我们取漫线系的第一组谱线:

$$\frac{1}{\bar{\lambda}} = R \left( \frac{1}{(3 - \Delta p)^2} - \frac{1}{(4 - \Delta d)^2} \right) \quad (4)$$

其中  $\Delta p = 0.88$ ,  $\Delta d = 0.01$ ,  $\bar{\lambda} = \frac{568.288 + 568.875}{2} \text{ nm} = 568.5815 \text{ nm}$ , 代入 (3) 式可解得:

$$R = 1.099 \times 10^7 \text{ m}^{-1} \quad (5)$$

与实际值  $R = 1.09734 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$  非常接近。

## 3. 红宝石发射光谱的测量

调整光路和高负压值, 测得红宝石的发射光谱:

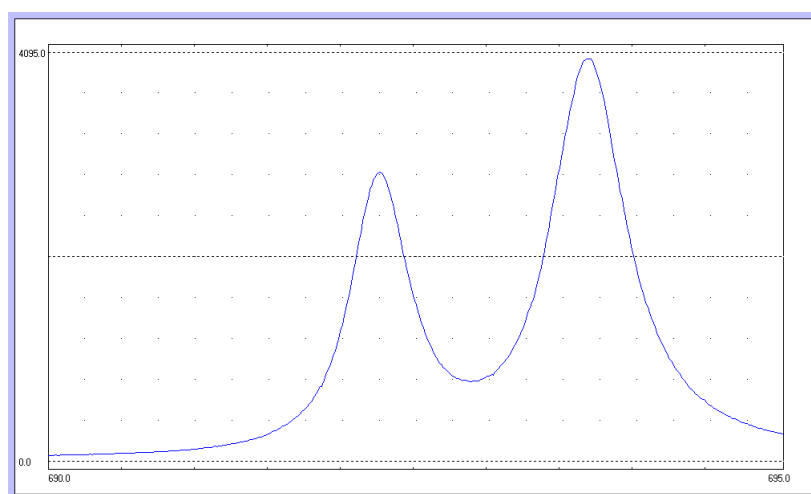


图 5: 红宝石发射光谱

测得两个谱线的波长为 692.250 nm 和 693.675 nm。

# 单色仪的定标和光谱测量实验报告

少年班学院

刘子安 PB20000069

2022 年 5 月 9 日

## 1. 红宝石发光原理 [1]

红宝石发光原理时光致发光。光致发光是指物质通过光激发产生的发光。物质的原子(离子)吸收激发光的能量变为激发态,从激发态返回到基态的过程中发出光。具体原理可参考文献[1]。

## 2. 红宝石发光应用

用于制作激光器。红宝石激光器是世界上第一台制成的激光器,也是世界上最早应用于医疗领域的激光器,利用其波长特性广泛应用在各种色素性疾病;也可以用长脉冲模式用于永久性去除体毛;还可以利用调 Q 模式用于治疗蓝、黑和绿色文身以及各种良性色素性病变。在医疗领域还被应用在眼科,用于视网膜的焊接,治疗青光眼,虹膜的切除等。

除了在医疗领域的应用,红宝石激光器也是很早就应用于军事以及全息成像等领域。1961 年一台成为柯利达 1 号的红宝石激光测距机在美国诞生后,1962 年第一台军用激光测距机便成功地进行示范表演。

## 误差分析

本次实验主要误差应该来自于初始时定标的不够准确;系统的误差和测量时的误差。如强度过小或者噪音过多而导致读数不够准确。

## 思考题

### 1. 如何求出入射狭缝的最佳宽度

答:最佳狭缝宽度应该是  $a_n = 0.86 \frac{\lambda f}{D}$

### 2. 单色仪的理论分辨本领如何计算?怎样测量单色仪的实际分辨本领?

答:理论分辨本领为  $R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = Nm$ ,其中  $N$  为总刻线数, $m$  为级数。实际则使用  $R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$ ,其中  $\lambda = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$

## 结论

## 总结

本次实验总体做的比较成功,完成速度也比较快,最后尝试测量了红宝石的吸收曲线但是效果并不明显。

## 参考文献

- [1] 朱玲,郑虹,王中平,张权,张增明,孙腊珍.使用光栅单色仪测量红宝石晶体的吸收和发射光谱.物理实验, pages 10-13, 2014.