

实验报告

学生姓名：秦嘉俊 学号：3210106182

1、实验目的

1. 加深光的波动性理解。
2. 了解光的衍射原理。
3. 光谱分析与测量。

2、实验原理

2.1 单缝的夫琅禾费衍射

产生暗纹的条件为： $a \sin \theta = k\lambda$

暗条纹的中心位置为： $x = k \frac{s\lambda}{a}$

产生明纹的条件为： $a \sin \theta = (k + \frac{1}{2})\lambda$

明条纹的中心位置为： $x = (k + \frac{1}{2}) \frac{s\lambda}{a}$

2.2 单缝衍射的振幅分布公式和光强分布公式

$$I_{\theta} = I_0 \left(\frac{\sin u}{u} \right)^2 \quad u = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}$$

除主级强外，次级强出现在 $\frac{d}{du} \left(\frac{\sin u}{u} \right)^2 = 0$ 的位置

其数值为： $u = \pm 1.43\pi, \pm 2.46\pi, \pm 3.47\pi \dots$

所以在观察屏上的位置 x 可近似为： $x = \theta \cdot s = \pm \frac{1.43s\lambda}{a}, \pm \frac{2.46s\lambda}{a}, \pm \frac{3.47s\lambda}{a}$

次级强度为： $I_1 \approx 4.7\%I_0, I_2 \approx 1.7\%I_0, I_3 \approx 0.8\%I_0$

2.3 光栅衍射

常用的衍射光栅分透射式与反射式两种。透射式光栅是用金刚石刀在平面透明玻璃板上刻划平行、等间距又等宽的直痕而制成的。反射式光栅是在坚硬的合金板或高反射率平面镜上刻划而成的。

2.4 光栅方程

光栅衍射条纹的光强分布是由各缝引起的光振动相干叠加的结果。

各缝光振动振幅可认为近似相等，对应于衍射角为 θ 的 P 点，相邻两缝光振动的相位差为

$$\Delta\Phi = \frac{2\pi d \sin \theta}{\lambda}$$

N 个光振动矢量的叠加，与求单缝衍射的光强分布的方程类似。所以每个光振动构成了以 O 为中心，R 为半径的圆的等长弦，所对应的圆心角均为 $\Delta\Phi$ 。由几何关系可得合振幅方程

$$A = 2R \sin \theta \left(\frac{\Delta\Phi \cdot N}{2} \right)$$

2.5 光栅衍射的光强分布公式

则 P 点的光强为：

$$I_{\theta} = I_0 \left(\frac{\sin u}{u} \right)^2 \cdot \left(\frac{\sin \frac{\Delta\Phi \cdot N}{2}}{\sin \frac{\Delta\Phi}{2}} \right)^2$$

式中的 I_0 代表单缝衍射时中央明纹的光强， $\left(\frac{\sin u}{u} \right)^2$ 是单缝衍射因子，表征了单缝衍射对条纹光强的影响。因子 $\left(\frac{\sin \frac{\Delta\Phi \cdot N}{2}}{\sin \frac{\Delta\Phi}{2}} \right)^2$ 来源于 N 个振动的叠加，体现了多光束干涉的作用，称为干涉因子。

2.6 氢原子的里德伯常数

根据玻尔理论，氢原子的能级公式为： $E(n) = -\frac{ue^4}{8\epsilon^2 h^2 n^2}$

两能级间的能量差： $h\gamma = E(m) - E(n)$

设波数 $\sigma = \frac{1}{\lambda}$

则

$$\sigma = \frac{E(m) - E(n)}{hc} = T(n) - T(m) = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

式中 R_H 称为氢原子的里德伯常数，单位是 m^{-1}

3、实验数据

3.1 用汞灯给单色仪定标

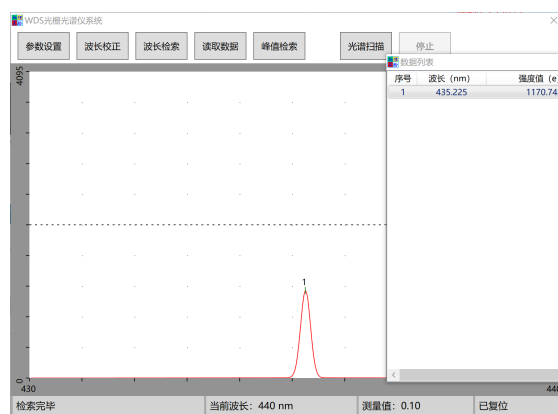


图 1: 用汞灯给单色仪定标

因此我们在波长校正中输入 $435.225 - 435.84 = -0.615$

3.2 测量汞灯光谱曲线

数据列表		
序号	波长 (nm)	强度值 (e)
1	365.025	1197.58
2	365.475	846.31
3	366.300	703.45
4	404.675	1209.21
5	405.275	3.57
6	407.775	702.26
7	435.850	1170.74
8	546.075	1226.73
9	576.975	432.26
10	578.000	1.82
11	579.075	423.95

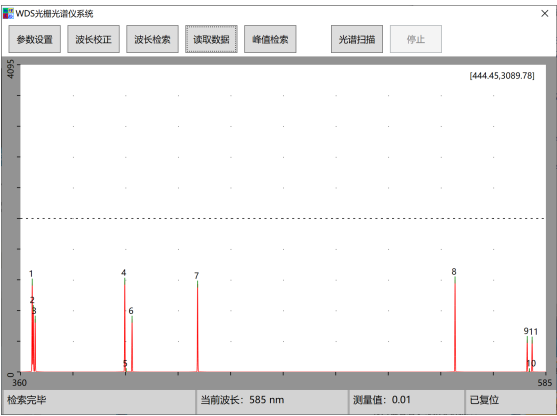


图 2: 测量汞灯光谱曲线

3.3 氢光谱线测量

序号	波长 (nm)	强度值 (e)
1	409.450	388.63
2	410.200	795.69
3	433.475	286.86
4	434.050	693.48
5	485.475	386.54
6	486.150	795.71
7	655.400	389.07
8	656.275	795.66

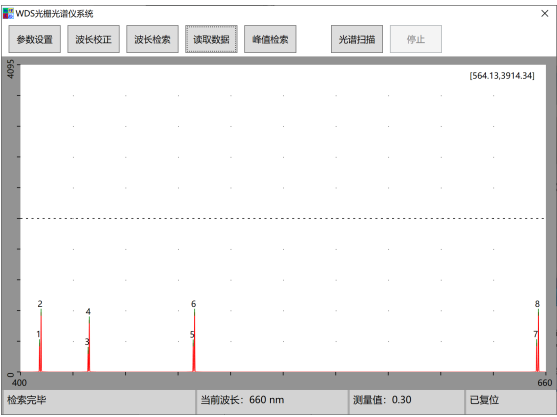


图 3: 氢光谱线测量

3.4 氢里德伯常数计算

谱线	H_δ	H_γ	H_β	H_α
m	6	5	4	3
λnm	409.450	433.475	485.475	655.400
R_H/m^{-1}	1.09904×10^7	1.09854×10^7	1.09858×10^7	1.09856×10^7
$\overline{R_H}/m^{-1}$	1.09866×10^7			
相对误差 %	0.11%			

4、总结与分析

1. 解释光栅单色仪工作原理。

光源发出的光均匀地照亮在入射狭缝上，入射狭缝位于离轴抛物镜的焦面上。光经过球面镜平行照射到光栅上，并经过光栅的衍射回到球面镜，经球面镜反射的光经过光电倍增管会聚到出射狭缝上。由于光栅的衍射作用，从出射狭缝出来的光线为单色光。当光栅转动时，从出射狭缝里出来的光由短波到长波依次出现。

2. 为什么光栅的衍射图样会比单缝衍射或双缝衍射呈现的条纹更细更亮？

因为光栅相当于很多个光源的单缝衍射相互叠加。明纹的位置是多光源加强干涉的结果，所以会更细更亮。