

光栅光谱仪 实验报告

蔡丹杨

(北京大学化学与分子工程学院1700011774)

1 数据处理

(1) 氢原子光谱及里德堡常数的测定

在 CCD 模式下,调节好灯管位置及线路连接后,先用汞灯的 546.07nm 绿光、435.84nm 蓝光和 404.66nm 紫光作波长标定;然后换用氢放电灯,测量了 H_{β} 、 H_{γ} 和 H_{δ} 线的波长。再换用汞灯的 546.07nm 绿光、576.96nm、579.07nm 黄光、二级谱线 $312.567\text{nm}\times 2=625.13\text{nm}$ 、 $313.17\text{nm}\times 2=626.34\text{nm}$ 和 $334.17\text{nm}\times 2=668.34\text{nm}$ 作波长标定,测量了 H_{α} 线的波长。最终结果如表 1 所示。(m 为激发态量子数)

谱线记号	H_{α}	H_{β}	H_{γ}	H_{δ}
m	3	4	5	6
$\lambda\backslash\text{nm}$	656.28	486.29	434.29	410.16
$\sigma\backslash\text{m}^{-1}$	2.4381×10^6	2.3026×10^6	2.0564×10^6	1.5237×10^6
$-1/m^2$	-1/9	-1/16	-1/25	-1/36

表 1 OMA 研究氢原子光谱实验记录

随后,根据公式 $1/\lambda = \sigma = R_H(1/n^2 - 1/m^2)$ 作线性拟合,结果如图 1 所示。

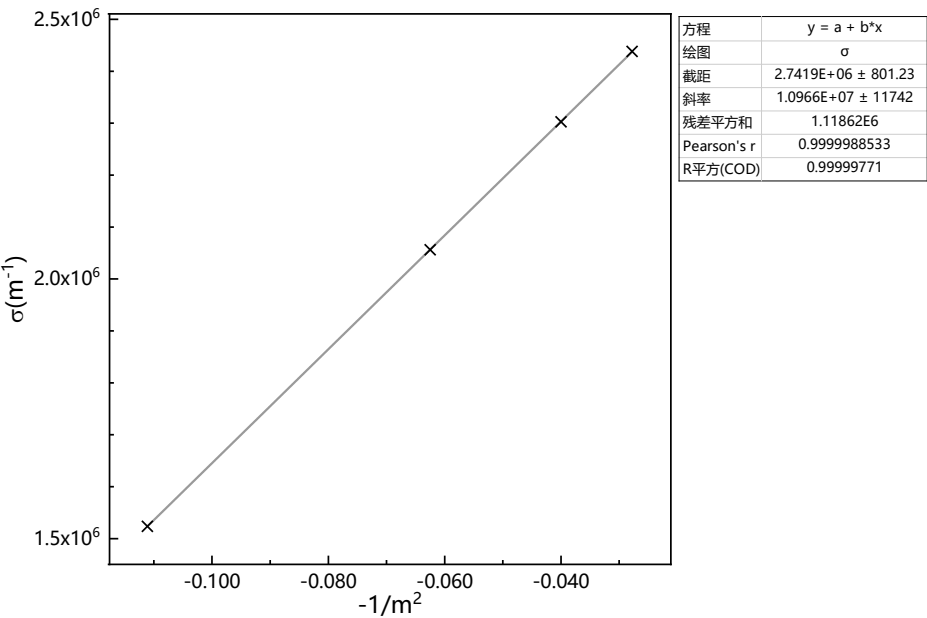


图 1 测量里德堡常数拟合曲线

则斜率为 R_H ,故测得的里德堡常数及其不确定度为

$$R_H = k = 1.0966 \times 10^7 \text{m}^{-1}$$
$$\sigma_{R_H} = R_H \sqrt{\frac{1/r^2 - 1}{n - 2}} \approx 1.0966 \times 10^7 \times \sqrt{\left(\frac{1}{0.9999977} - 1\right) / 2} \text{m}^{-1} \approx 1.2 \times 10^4 \text{m}^{-1}$$
$$R_H \pm \sigma_{R_H} = (1.0966 \pm 0.0012) \times 10^7 \text{m}^{-1}$$

由氢原子玻尔模型,算得氢原子里德堡常数的理论值为

$$R_H = \frac{m_e m_p}{m_e + m_p} \frac{e^4}{8 c \epsilon_0^2 h^3} \approx 1.0968 \times 10^7 \text{m}^{-1}$$

(2) 氢原子能级图

查阅相关资料后，用 $E_n = -R_Hch/n^2$ 代入实验测得的 R_H ，计算并画出氢原子能级图，如图 2 所示。

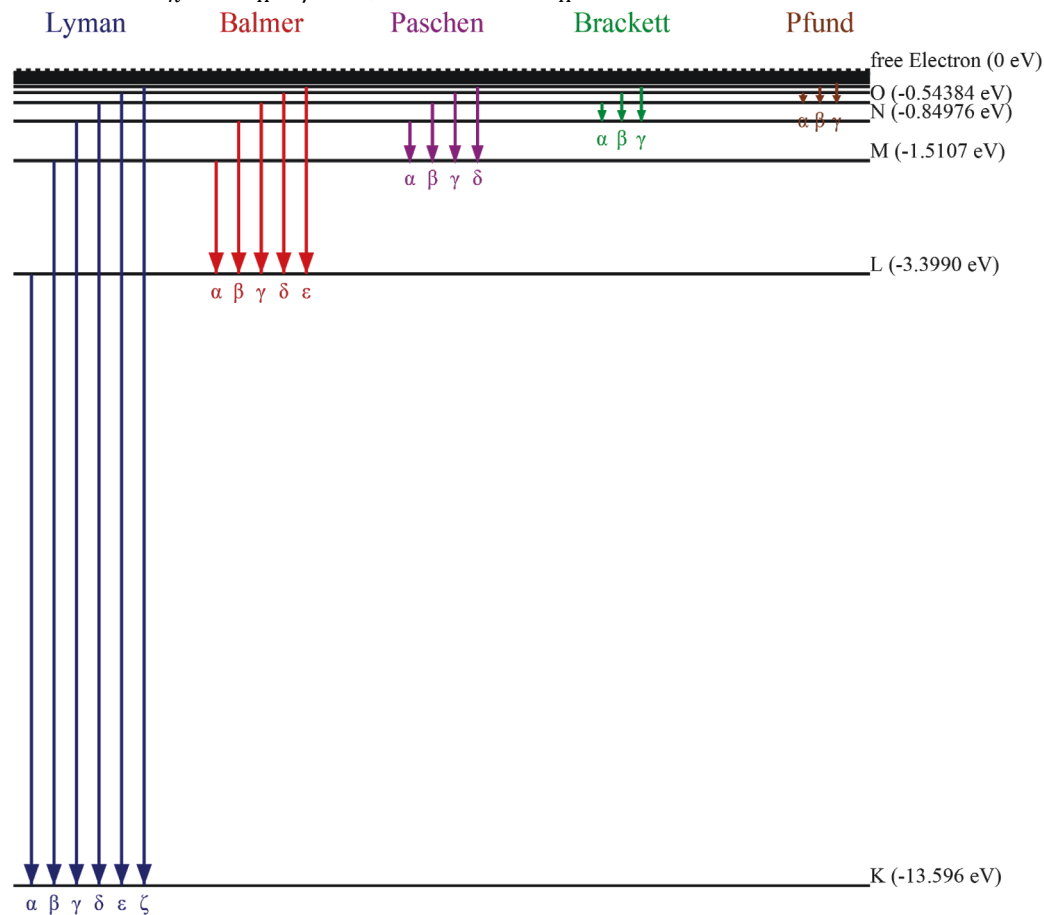


图 2 氢原子能级图

(3) 材料吸收曲线的测量

切换为 PMT 模式，将光源换为溴钨灯。选定波长范围为 400~800nm，不作定标，先测了空白条件下钨灯的光功率谱。然后，依次插入三种颜色的滤光片，分别扫描了光强。结果保存为 blank.txt、blue.txt、green.txt 和 red.txt 文件。用计算机作出各滤光片的光强曲线和透过率曲线分别如图 3、图 4 所示，各滤光片的最大透过率位置如表 2 所示。

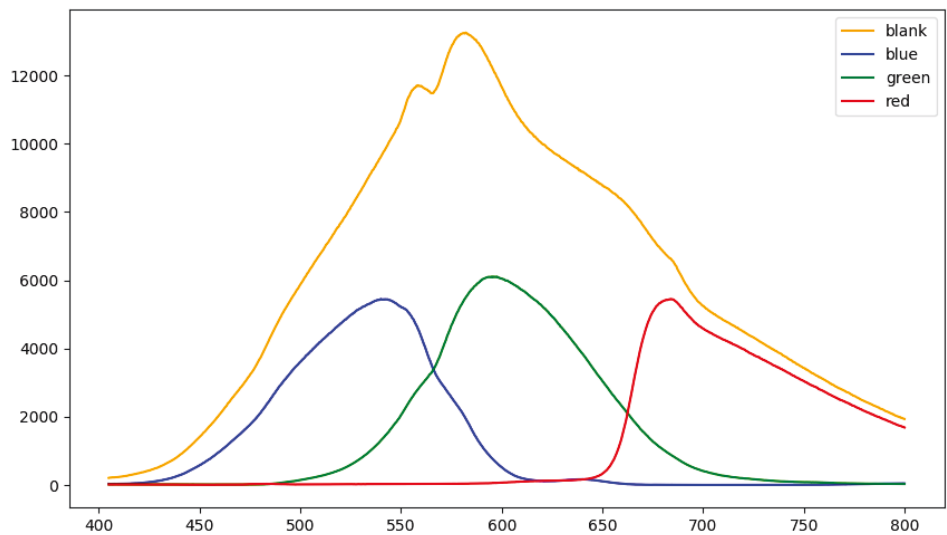


图 3 不同波长扫描得到的光强分布图

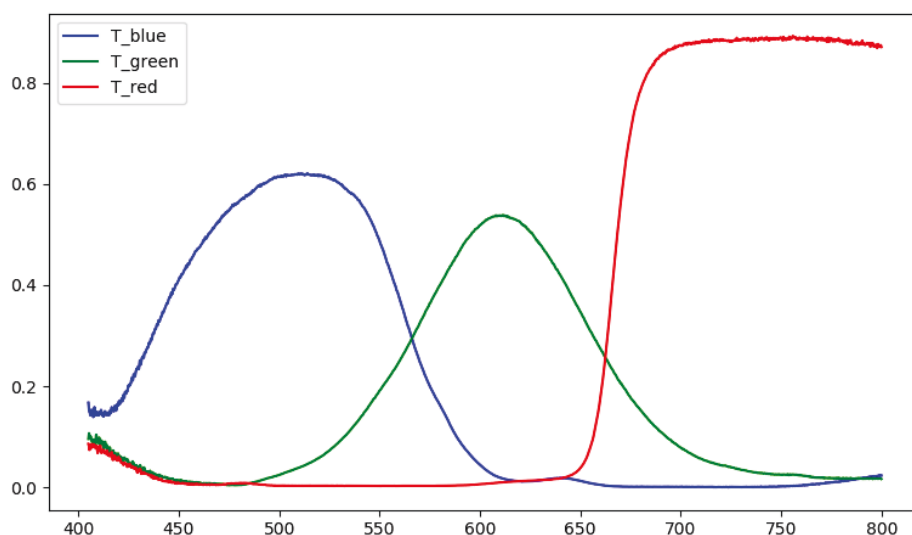


图 4 滤光片的透过率曲线

滤光片名称	兰 QB5	绿 LB1	红 HB600
λ_m/nm	514.0	611.4	755.8
T_m	0.6210	0.5386	0.8929

表 2 滤光片的透过率峰值记录表

2 分析与讨论

(1) 氢原子光谱及里德堡常数的测定

实验结果与理论值的相对偏差为 0.02%，相对不确定度 σ_{R_H}/R_H 为 0.1%，说明实验精度较高。拟合曲线的截距为 R_H/n^2 ，从中算得 $n \approx 1.9998$ ，故用巴尔末公式解释氢原子光谱是较为成功的。与理论值比较时应考虑折合质量的修正，否则理论值偏大而测量值偏小。

实验中，由于各条谱线的亮度不尽相同，需要在测量两条不同谱线时调节入射狭缝宽度，以获得尖锐的光强峰。观察到有的灯管放置会使峰的形状有一定的歪斜，推测是这时光线斜入射而非直入射，造成谱线峰的不对称性。

(2) 材料吸收曲线的测量

最后的图线中可以观察到，在扫描起始波长 400nm 附近，测得的光强会比后来的值有一定提高。推测是由于开始扫描时转动机构与记录器不同步，造成部分杂散光进入 PMT。

从所得的透过率曲线可见，三种颜色滤光片透过率函数均为单峰型，且在对应颜色的波长附近达到最大值，这使得它们获得了我们肉眼观察所见的颜色。此外，观察到 $\lambda < 430\text{nm}$ 处的透过率曲线变得毛糙，信噪比变低，推测原因是此时光源功率下降，造成背景信号和暗电流信号不可忽略，数据的不确定度增大。

上网查阅三种滤光片性能知，红 HB600 为截止波长 600nm 的截止滤光片，绿 LB1 的最大透过波长为 530nm，兰 QB5 的最大透过波长为 420nm。据此推测，仪器坐标系因未校准而有约 +80nm 的系统误差。

3 收获与感想

通过本次实验，我加深了对光栅类分光仪器原理的理解，并掌握了利用光栅光谱仪测量谱线波长的方法；同时，提高了动手操作和处理数据能力，为今后更好地进行各学科实验打下基础。

感谢吴老师对实验过程的指导，以及孙思原同学对操作仪器的帮助。