

# 氢光谱与类氢光谱

实验者 杨文杰      合作者 郭翔      组号 A23  
指导老师 白翠琴

**摘要：**本次实验通过对氢氘光谱和钠原子光谱的观察，测量了里德伯常数的具体值，并计算了钠原子光谱中的量子亏损。

**关键字：**氢氘光谱    里德伯常数    钠原子光谱    量子亏损

**引言：**光谱线系的规律与原子结构有内在的联系。我们从原子结构最为简单的氢原子入手，观察其谱线特点，并且对氢同位素以及类氢原子光谱进行了一系列的研究。

## 实验原理：

氢原子谱线波数可用两光谱项之差来表示：

$$\nu = T(u_1) - T(u_2) = R(1/n_1^2 - 1/n_2^2)$$

其中 R 为里德伯常数。当  $n_1=1$  时，为莱曼线系； $n_1=2$  时，为巴尔末线系； $n_1=3$  时为帕邢线系； $n_1=4$  时，为布拉开线系； $n_1=5$  时，为普峰德线系。

氘是氢的同位素。  $\nu_D = 1/\lambda_D = R/(1+m_e/2m_H)(1/2^2 - 1/n^2)$

碱金属是一种类氢原子。由 Z 个质子与 Z-1 个电子组成。在价电子场作用下，正负电子中心不重合，原子实被极化。又由于价电子轨道能在原子实中贯穿。

所以类氢原子有效量子数  $n' = n - \Delta$ ， $\Delta$  为各线系量子亏损。

$l=0,1,2,3$  时， $\Delta$  值分别用  $\Delta_s, \Delta_p, \Delta_d, \Delta_f$  表示。

所以碱金属原子的谱线波数为：

$$\nu = 1/\lambda = R(1/(n_2 + \Delta_2)^2 - 1/(n_1 + \Delta_1)^2)$$

钠原子光谱有四个主要线系：

主线系： $n^2P \rightarrow 3^2S$  跃迁

锐线系： $n^2S \rightarrow 3^2P$  跃迁

漫线系： $n^2D \rightarrow 3^2P$  跃迁

基线系： $n^2F \rightarrow 3^2D$  跃迁

由于各谱线都有一个固定项，因此，同一谱线中的谱线波数差中该固定项被消除。

## 实验处理：

一 氢氘光谱。

在 400nm~420nm 范围内扫描，入射缝 0.138mm,出射缝 0.462mm，高压 980V，负高压 8，增益 6，采集次数 50。在 419.52nm 处得到一峰，理论上应于 410.18nm 处，对其进行波长修正-9.34nm。此时已可观测到氢氫两条谱线的明显分裂。如下图（后一张为放大图）

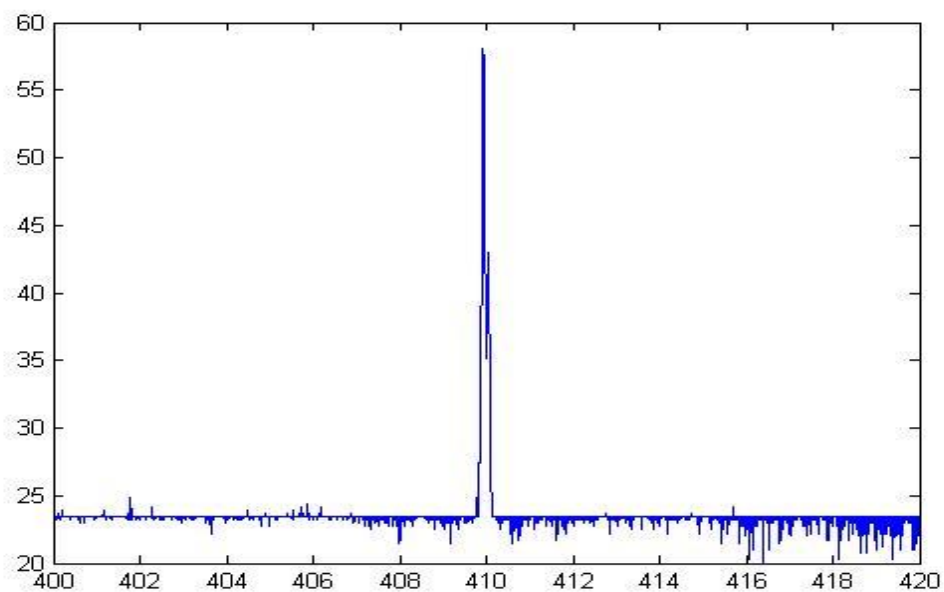


图 1-1

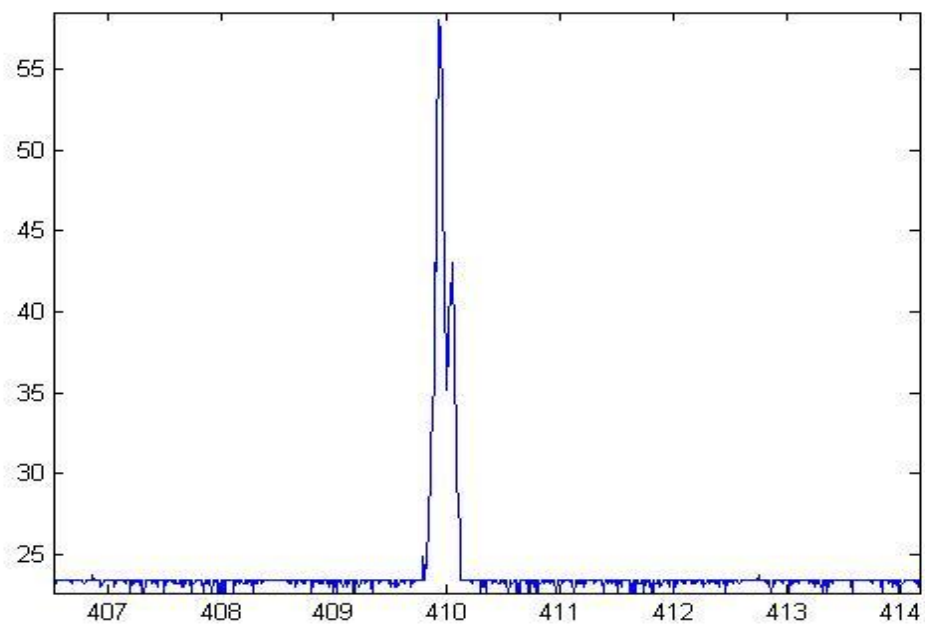


图 1-2

在此条件下，对 400nm~500nm 波段扫描，得到氢的三条谱线。（1-3）

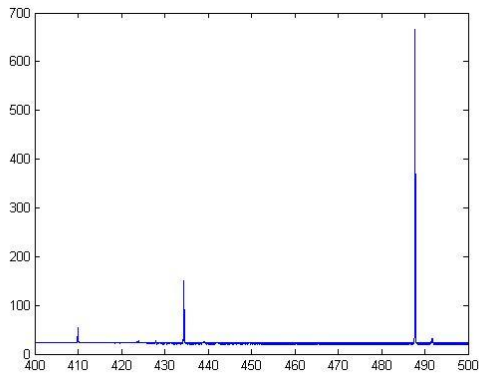


图 1-3

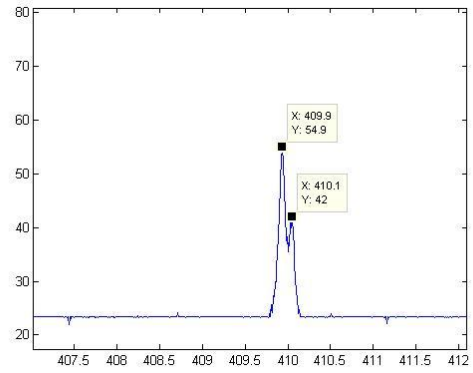


图 1-4 (n=6)

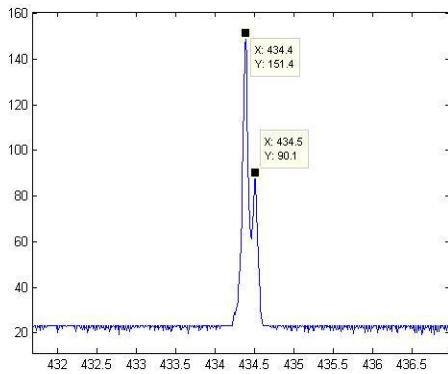


图 1-5 (n=5)

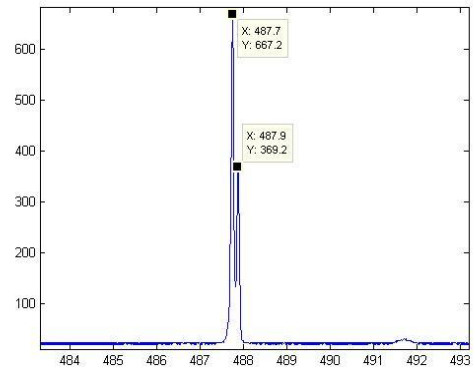


图 1-6 (n=4)

	n=6	n=5	n=4
$\lambda H/\text{nm}$	409.9	434.4	487.7
$\lambda D/\text{nm}$	410.1	434.5	487.9

根据公式， $1/\lambda = R(1/2^2 - 1/n^2)$ 。把 3 组  $\lambda H$  和  $n$  值代入，并把  $1/\lambda$  作为  $y$ ,  $1/n^2$  作为  $x$ ，进行拟合，

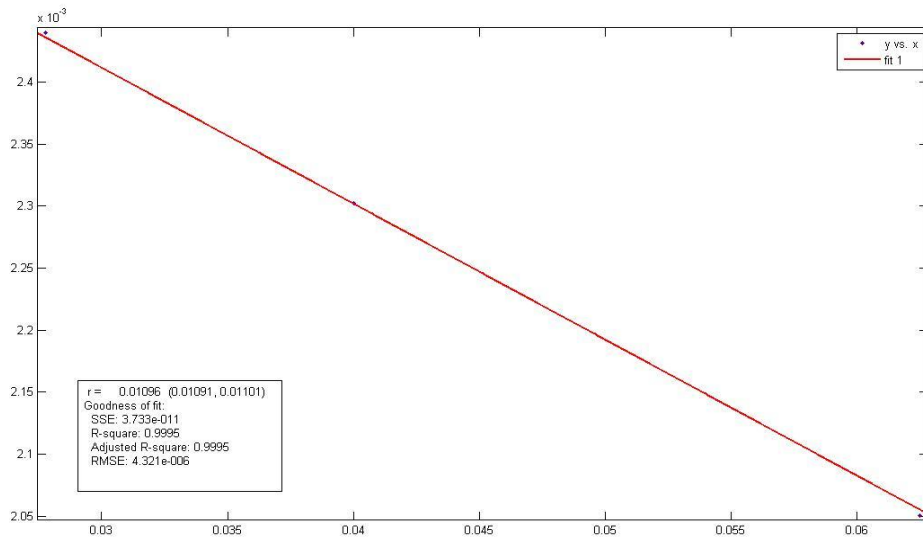


图 1-7

所以试验所得里德伯常数 $R=(1.096\pm 0.005)\times 10^7\text{m}^{-1}$ ，而里德堡常数的国际推荐值为 $R=1.09737\times 10^7\text{m}^{-1}$ ，相对误差为0.09%，比较准确。

## 二 钠原子光谱。

在320~630nm范围内进行钠原子全谱扫描。入射缝0.115mm，出射缝0.712mm，高压900V。扫描图像如下。

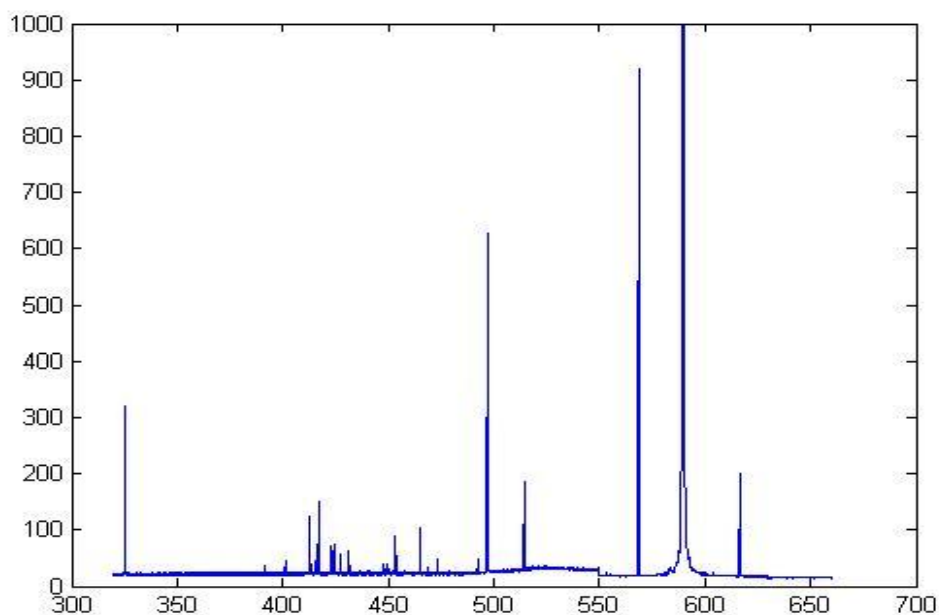


图2-1

从全谱图线中可以发现，钠原子不同波长下的光谱能量落差很大，甚至跨越了几个量级。所以先按照320~550nm,550~630nm两段分别扫描。

320~550段图如下。入射缝0.280mm，出射缝0.563mm，高压900V。

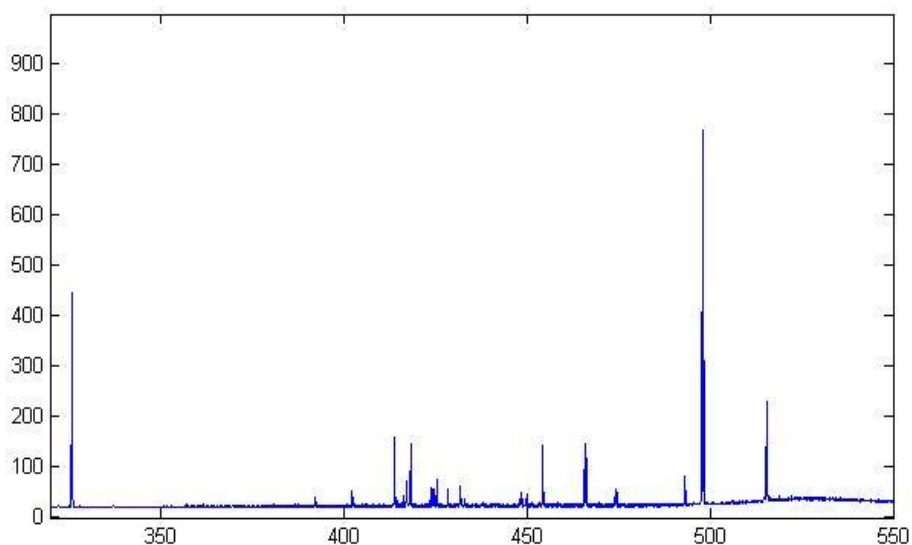


图2-2

可以观察到400~500nm之间，存在着大量的杂志小峰，为了能准确分辨出光谱能量峰值，故尝试降低入射缝至0.235mm。但杂志小峰仍然较为明显。

在550~630nm段扫描，可见钠黄线两边峰。入射缝0.115mm，出射缝0.712mm，高压900V。图像如下。

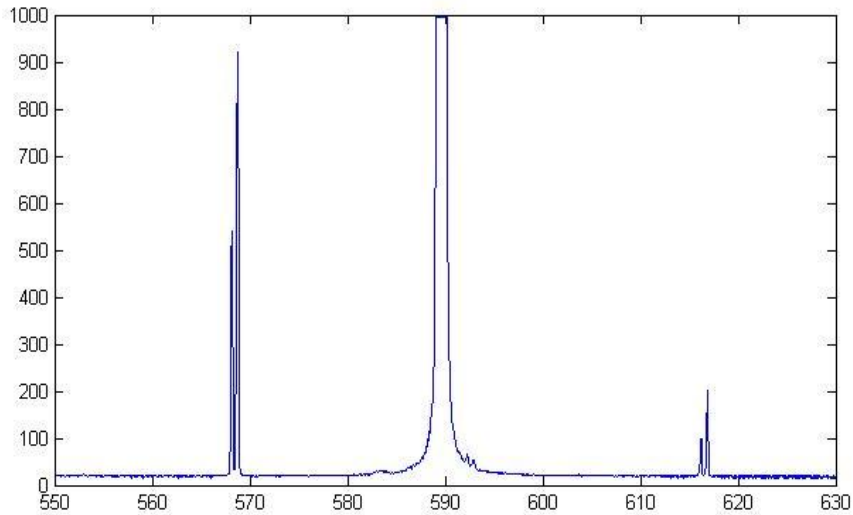


图2-3

最后单独观察钠双黄线，扫描577.62~602.45nm波段。入射缝0.115mm，出射缝0.554mm，高压500V。图像如下。

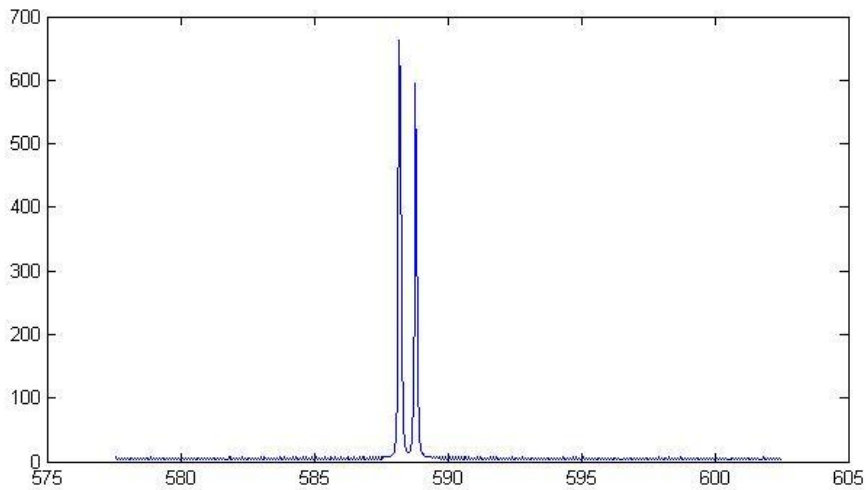


图2-4

从上面的图中依次读出钠光谱的波长。

$\lambda=325.9\text{nm}, 413.9\text{nm}, 418.4\text{nm}, 454.4\text{nm}, 465.8\text{nm}, 466.2\text{nm}, 497.8\text{nm}, 498.3\text{nm}, 515.1\text{nm}, 515.6\text{nm}, 568.2\text{nm}, 568.8\text{nm}, 588.2\text{nm}, 588.8\text{nm}, 616.2\text{nm}, 616.9\text{nm}.$

并由钠光谱计算量子亏损。

锐线系  $\lambda_1: 515.1\text{nm}, 515.6\text{nm}; \bar{\lambda}_1=515.35\text{nm};$

$\lambda_2: 616.2\text{nm}, 616.9\text{nm}; \bar{\lambda}_2=616.55\text{nm};$

主线系  $\lambda_1$ : 325.9nm;  $\bar{\lambda}_1=325.90\text{nm}$ ;

$\lambda_2$ : 588.2nm, 588.8nm;  $\bar{\lambda}_2=588.60\text{nm}$ ;

漫线系  $\lambda_1$ : 497.8nm, 498.3nm;  $\bar{\lambda}_1=498.05\text{nm}$ ;

$\lambda_2$ : 568.2nm, 568.8nm;  $\bar{\lambda}_2=568.60\text{nm}$ ;

利用公式,

$$1/\lambda_1 - 1/\lambda_2 = R[1/(n+\Delta s)^2 - 1/(n+1+\Delta s)^2]$$

代入得出钠的量子亏损:

锐线系  $\Delta s = -1.360348$

主线系  $\Delta p = -0.914209$

漫线系  $\Delta d = -0.013663$

### 实验结论:

1 里德伯常数R测量值为  $(1.096 \pm 0.005) \times 10^7 \text{m}^{-1}$

2 钠原子量子亏损计算值 锐线系  $\Delta s = -1.360348$

主线系  $\Delta p = -0.914209$

漫线系  $\Delta d = -0.013663$

### 参考资料:

戴道宣 戴乐山, 《近代物理实验》, 第二版, 高等教育出版社, 2006.7;

杨福家, 《原子物理学》, 第二版, 高等教育出版社, 1990;

感谢白翠琴老师在本次实验中的指导。感谢俞熹, 马世红老师在本学期其余实验中的教学指导。最后特别感谢乐永康老师对我在实验与物理学习上的帮助。