

用氘光谱及钠光谱测量相关数据

实验者：徐一超 合作者：陈柏良 指导老师：白翠琴

摘要：通过测量氢氘光谱和钠光谱，使用氢光谱的理论值修正实验结果并计算出里德伯常数，同时找到钠光谱的实验值所对应的谱线系的由来，算出实验上的量子亏损。

关键词：氢原子结构，氢氘光谱，里德伯常数，钠光谱，量子亏损

1 引言

1853年，埃格斯特朗对氢光谱作了精确的测量，一百多年来，对氢光谱和氢原子结构的研究从未间断，它是实验研究和理论研究相互促进的典范。1885年巴耳末根据实验结果得出在可见光区的氢光谱分布规律的经验公式，并能精确地预告尚未被测到的谱线。1889年里德伯提出了里德伯方程。1911年，卢瑟福建立了原子结构模型，1913年波尔将量子说引入卢瑟福模型，从而成功建立了氢原子理论，准确推导出巴耳末公式，并从理论上由电子电荷 $-e$ 与质量 m_e 以及普朗克常数 h 计算出了里德伯常数。在这之后，实验与理论不断相互促进，在氢光谱和氢原子结构研究方面不断完善。

2 实验原理

2.1 氢原子光谱

巴耳末根据实验结果得出在可见光区的氢光谱分布规律的经验公式：

$$\lambda = B \frac{n^2}{n^2 - 2^2}$$

式中 B 是一常数，等于 364.56nm ； n 为大于2的正整数。当 $n=3,4,5,6$ 时，上式即给出氢光谱中可见部分的四条谱线的波长，分别称为 $H_\alpha, H_\beta, H_\gamma$ 及 H_δ 谱线。上式给出的一组谱线称为巴耳末线系。

里德伯采用波数来表示光谱，各谱线的波数可以用两个光谱项 $T(n)$ 的差值来表示，即

$$T(n) = \frac{R}{n^2}$$
$$\tilde{\nu} = T(n_1) - T(n_2)$$

式中 $R = \frac{4}{B}$ ， n_2 为大于 n_1 的正整数。当 $n_1 = 1$ 时，称为莱曼线系； $n_1 = 2$ 时，即为巴耳末线系； $n_1 = 3$ 时，称为帕邢

线系； $n_1 = 4$ 时，称为布拉开线系； $n_1 = 6$ 时，称为普丰德线系。

根据波尔的氢原子理论，可以由基本物理常数精确的算得里德伯常数：

$$R_H = \frac{2\pi^2 e^4}{ch^3} \mu$$

式中 μ 为电子的折合质量， $\mu = \frac{m_e m}{m_e + m}$ ， e 是电子的电荷， c ， h 分别是真空中的光速和普朗克常数。

2.2 氘光谱（同位素位移）

尤雷在实验中发现，在氢的 H_α 线的旁边还有一条谱线，两者仅差 0.179nm 。当 $\frac{m_H}{m_D} = \frac{1}{2}$ 时，计算值与实验值相符的很好，肯定了氘（重氢）的存在。

$$R_D = R_\infty \frac{1}{1 + \frac{m_e}{2m_H}}$$

$$\tilde{\nu}_D = \frac{1}{\lambda_D} = R_\infty \frac{1}{1 + \frac{m_e}{2m_H}} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

3 实验结果与讨论

3.1 氢氘光谱：

在入射缝宽为 0.04mm ，出射缝宽为 0.04mm ，高压为 800V ，负高压为 8 ，增益为 6 ，采集次数为 17 次的情况下，扫描得：

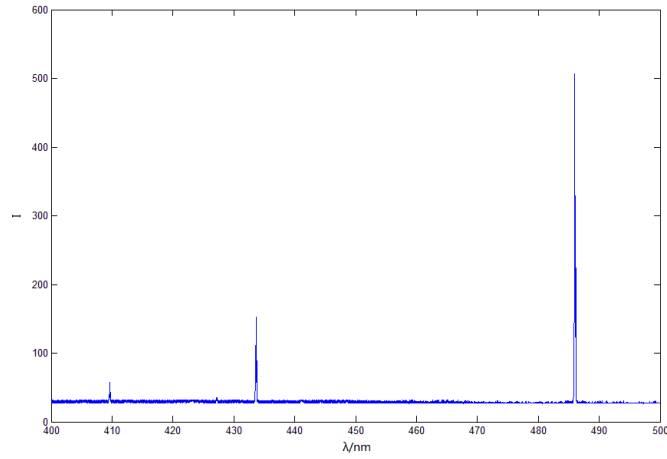


图 3.1.1 氢氦光谱

λ / nm	409.63	409.74	433.65	433.76	486.00	486.13
I	57.4	43.5	152.4	88.6	507.2	269.4

理论上氢光谱的 $\lambda_H=410.18\text{nm}$, 434.05nm & 486.13nm 。用氢光谱的理论值修正得：
氦的 $\lambda_D=410.08\text{nm}$, 433.96nm & 486.01nm 。

用 $\frac{1}{y} = A(B - \frac{1}{x^2})$ 曲线对氢光谱进行拟合得到： $A = (1.104 \pm 0.0065) \times 10^7$, $B = 0.2488$

因此：实验所得里德伯常数为 $(1.104 \pm 0.0065) \times 10^7 / \text{m}$ 。相对误差 $\eta = 0.638\%$ 。

3.2 钠光谱

在入射缝宽为 0.10mm ，出射缝宽为 0.10mm ，高压为 900V ，负高压为 8 ，增益为 6 ，采集次数为 17 次的情况下，扫描得：

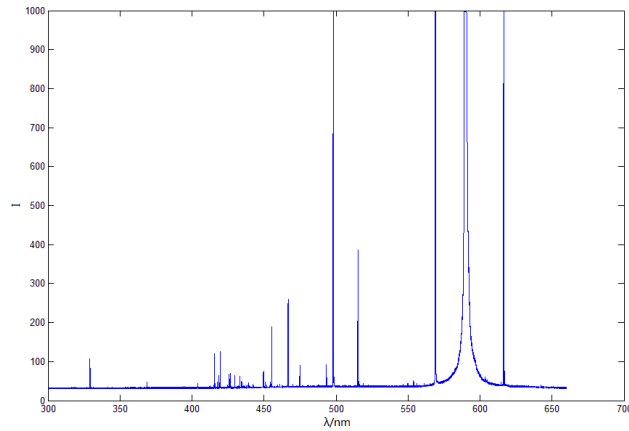


图 3.2.1 钠光谱

其中有部分波长的测量超出了量程，于是分别在入射缝宽为 0.08mm ，出射缝宽为 0.08mm ，高压为 700V 和入射缝宽为 0.03mm ，出射缝宽 0.03mm ，高压为 500V 的情况下，扫描得：

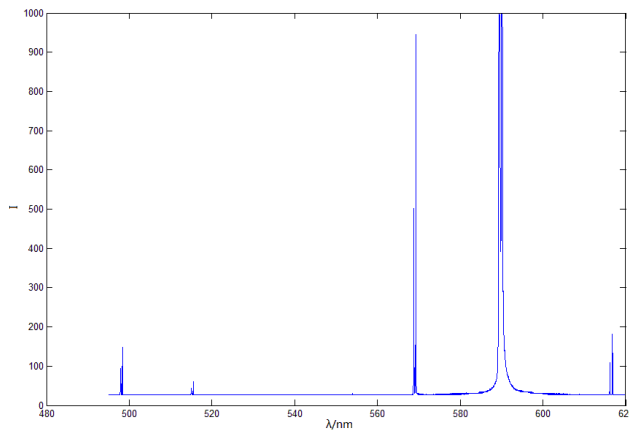


图 3.2.2 钠光谱

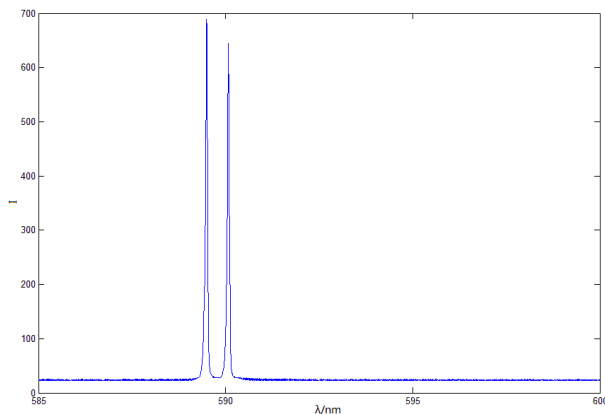


图 3.2.3 钠光谱

从三次扫描结果得到:

λ /nm	329.15	415.55	419.70	455.27	466.39	466.79	475.14	493.42	497.95
λ /nm	498.37	515.04	515.52	568.81	569.30	589.49	590.08	616.22	616.80

用氢的修正公式修正得:

λ /nm	330.05	415.96	420.09	455.45	466.51	466.91	475.21	493.39	497.89
λ /nm	498.31	514.88	515.36	568.35	568.83	588.91	589.50	615.49	616.06

用约值计算得到实验修正值对应的光谱项然后再求得量子亏损:

主线系: $3P \rightarrow 3S$	$\lambda = 588.91, 589.50$	$\bar{\lambda} = 589.21$	$\Delta_p = -0.8914846$
	$4P \rightarrow 3S$	$\lambda = 330.05$	$\bar{\lambda} = 330.05$
锐线系: $5S \rightarrow 3P$	$\lambda = 615.59, 616.06$	$\bar{\lambda} = 615.83$	$\Delta_s = -1.3555022$
	$6S \rightarrow 3P$	$\lambda = 514.88, 515.36$	$\bar{\lambda} = 515.12$
漫线系: $4D \rightarrow 3P$	$\lambda = 568.35, 568.83$	$\bar{\lambda} = 568.59$	$\Delta_d = -0.1198975$
	$5D \rightarrow 3P$	$\lambda = 497.89, 498.31$	$\bar{\lambda} = 498.10$
	$6D \rightarrow 3P$	$\lambda = 466.51, 466.91$	$\bar{\lambda} = 466.71$

4 实验结论:

氢光谱: $n=4, \lambda = 486.13\text{nm};$

$n=5, \lambda = 433.76\text{nm};$

$n=6, \lambda = 409.74\text{nm};$

氘光谱: $n=4, \lambda = 486.01\text{nm};$

$n=5, \lambda = 433.96\text{nm};$

$n=6, \lambda = 410.08\text{nm};$

里德伯常数: $(1.104 \pm 0.0065) \times 10^7/m;$

钠的量子亏损:

主线系: $\Delta_p = -0.8914846;$

锐线系: $\Delta_s = -1.3555022;$

漫线系: $\Delta_d = -0.1198975;$

5 致谢:

感谢我的合作者陈柏良同学以及指导老师白翠琴老师给予的帮助, 同样感谢复旦大学物理教学实验中心提供的实验仪器和样品。

6 参考文献:

[1]戴道宣 戴乐山: 近代物理实验(第二版), 北京, 高等教育出版社, 2006(7);

[2]杨福家: 原子物理学(第二版), 北京, 高等教育出版社, 1990