氢氘光谱与类氢光谱

报告人　文轩　12307110227

合作者　李宏宇　12307110223

2015.6.24

提纲

1. 实验原理
2. 实验器材
3. 氢氘光谱
4. 钠光谱
5. 钠的量子缺计算
6. 钠的能级图
7. 有效电荷数
8. 参考文献

实验原理

1. 氢光谱与氘光谱

巴尔末线系 $$\upsilon = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

里德伯常量 $$\mathrm{R} = \frac{2\pi^2 m_e e^4}{(4\pi\varepsilon_0)^2 h^3 c}$$

氢原子光谱 $$R_H = R\frac{m_p}{m_p + m_e} \qquad \upsilon_H = \frac{1}{\lambda_H} = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

氘原子光谱 $$R_D = R\frac{m_p}{2m_p + m_e} \qquad \upsilon_D = \frac{1}{\lambda_D} = R_D\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

实验原理

2. 钠原子光谱

光谱项：

$$T_{nl} = \frac{(Z_\sigma^*)R}{n^2}$$

Z_σ^*：有效电荷

$$T_{nl} = \frac{R}{(n - \Delta_l)^2}$$

Δ_l：量子缺

谱线波数：

$$\upsilon = \frac{1}{\lambda} = R\left[\frac{1}{(n_2 - \Delta_2)^2} - \frac{1}{(n_1 - \Delta_1)^2}\right]$$

主线系（P线系）：nP→3S 跃迁 (n≥3)
漫线系（D线系）：nD→3P 跃迁 (n≥3)
锐线系（S线系）：nS→3P 跃迁 (n>3)
基线系（P线系）：nF→3D跃迁 (n>3)

实验原理

3. 钠双线

原因：自旋轨道耦合造成能级劈裂。

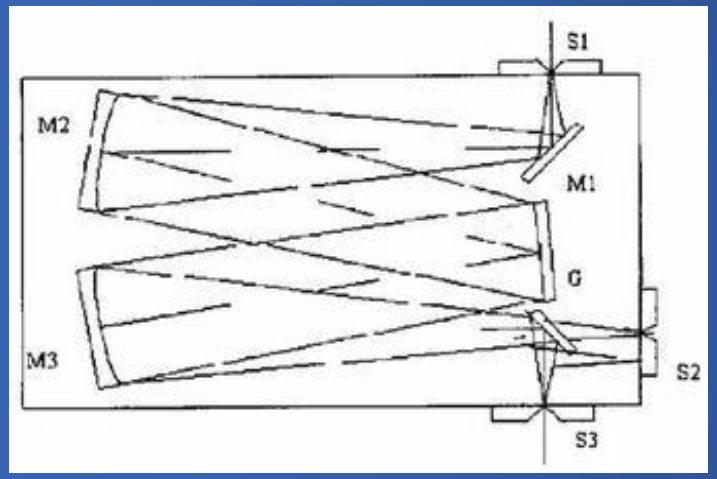
结果：s轨道不分裂；p、d、f轨道分裂为两个能级。

波数差：

$$\Delta \upsilon = \frac{R\alpha^2 (Z_\sigma^*)^4}{n^3 l(l+1)}$$

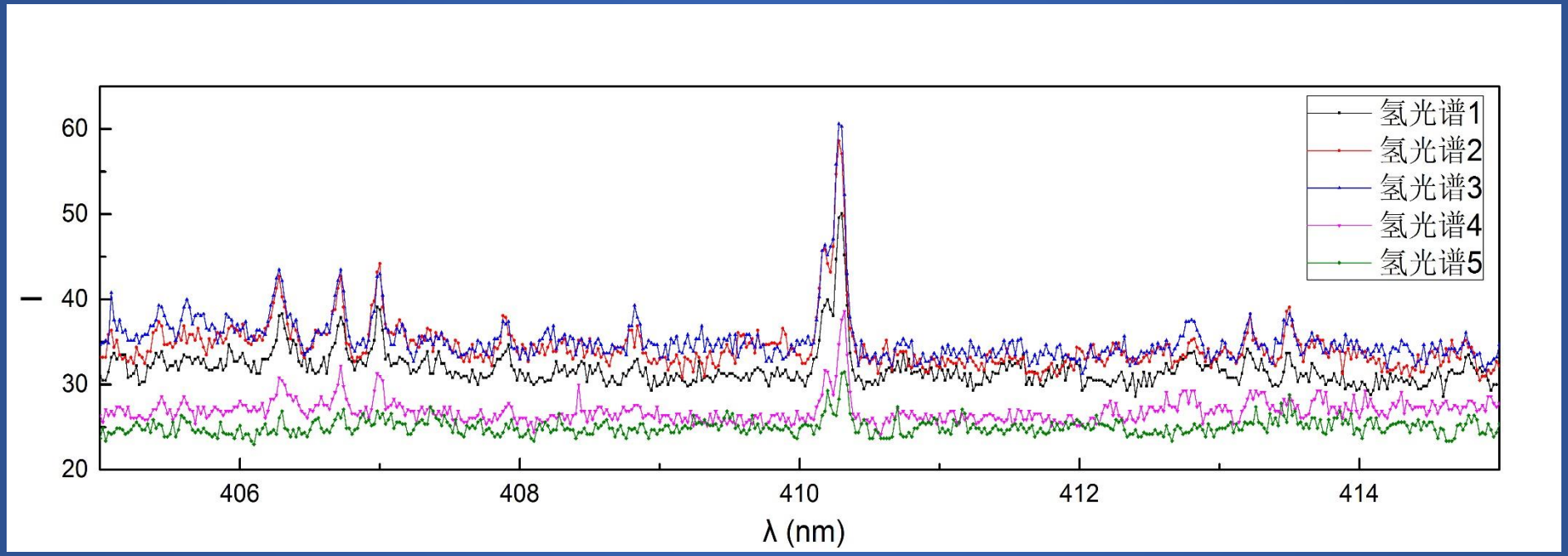
α=137.036 精细结构常数

实验器材



WGD-8A型组合式多功能光栅光谱仪　　内部结构图

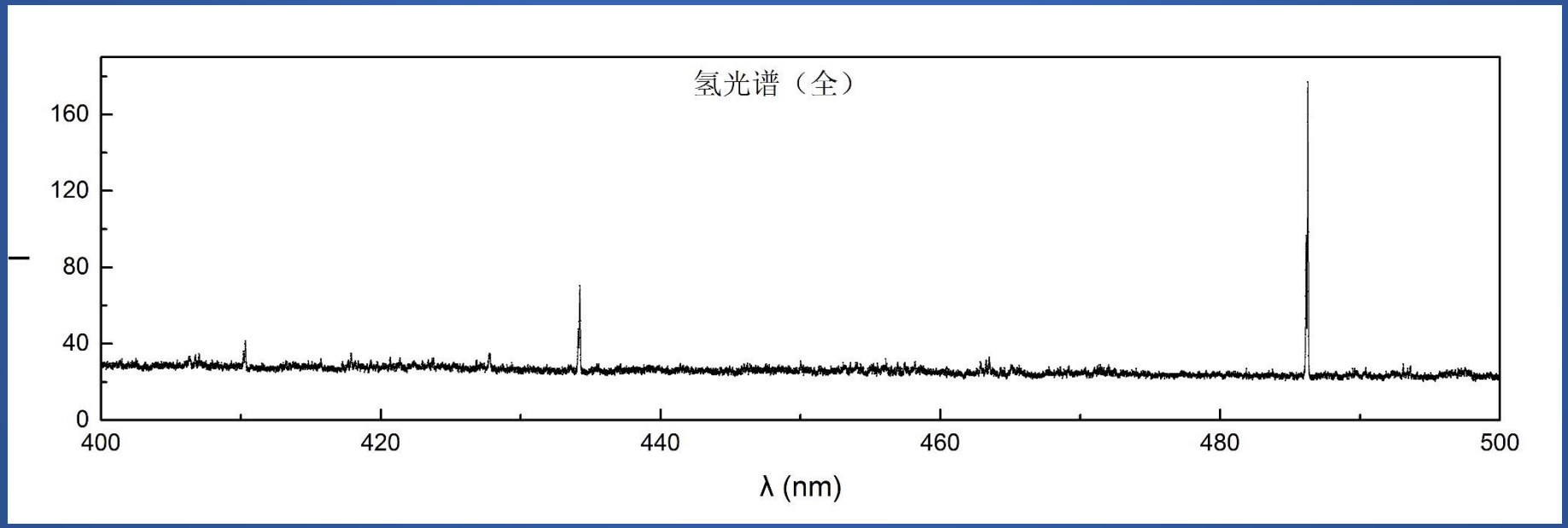
氢氘光谱



氢氘光谱：405—415nm

氢氘光谱

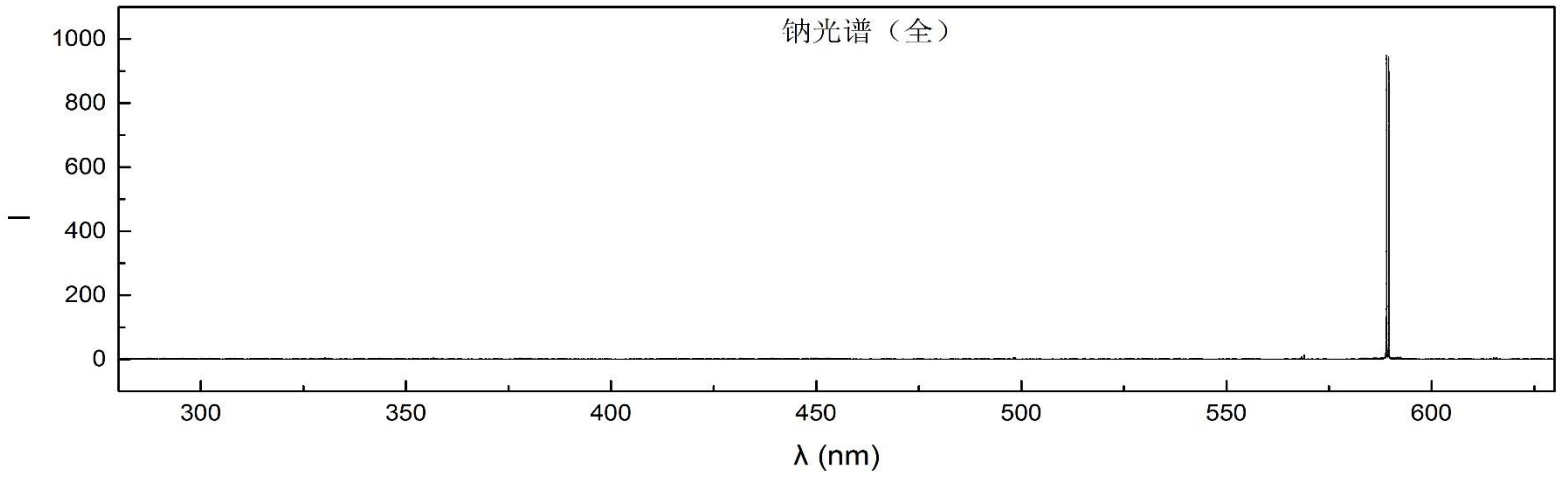
	峰值1(nm)	峰值2(nm)
n=6→n=2	410.19	410.31
n=5→n=2	434.11	434.23
n=4→n=2	486.14	486.27

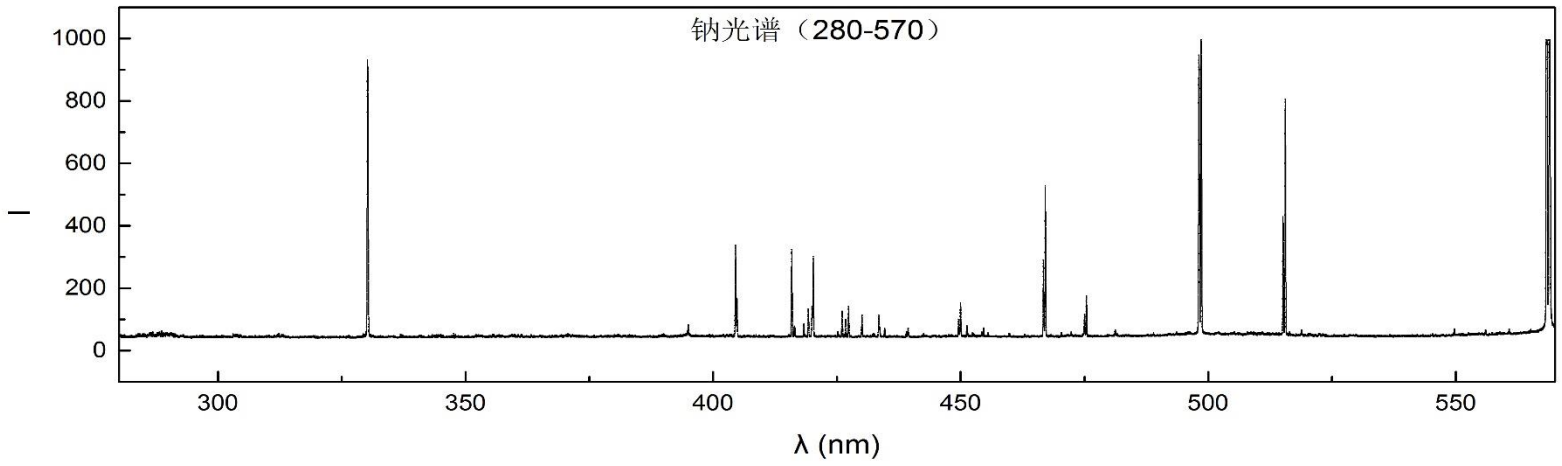


一些物理量的计算

	n=4→n=2	n=5→n=2	n=6→n=2	理论值
里德伯常量 (cm^{-1})	10973711.1	10972386.61	10973736.19	10973731.57
$\frac{m_{氢}}{m_{氘}}$	0.5017	0.5909	0.4996	0.5
$\frac{\mathrm{e}}{\mathrm{m}}$	1.761×10^{-11}	1.761×10^{-11}	1.761×10^{-11}	1.760×10^{-11}

钠光谱


钠光谱（全）
1000
800
600
400
200
0
I
300
350
400
450
500
550
600
λ (nm)


钠光谱（280-570）
1000
800
600
400
200
0
I
300
350
400
450
500
550
λ (nm)

量子缺

$$\upsilon = \frac{1}{\lambda} = R\left[\frac{1}{(n_2 - \Delta_2)^2} - \frac{1}{(n_1 - \Delta_1)^2}\right]$$

以主线系为例：

3P →3S：
$$\upsilon_1 = \frac{1}{\lambda_1} = R\left[\frac{1}{(3 - \Delta_s)^2} - \frac{1}{(3 - \Delta_p)^2}\right]$$

4P →3S：
$$\upsilon_2 = \frac{1}{\lambda_2} = R\left[\frac{1}{(3 - \Delta_s)^2} - \frac{1}{(4 - \Delta_p)^2}\right]$$

两式相减：
$$\Delta\upsilon = \upsilon_2 - \upsilon_1 = R\left[\frac{1}{(3 - \Delta_p)^2} - \frac{1}{(4 - \Delta_p)^2}\right]$$

量子缺

$$\Delta v = v_2 - v_1 = R\left[\frac{1}{(3-\Delta_p)^2} - \frac{1}{(4-\Delta_p)^2}\right]$$

方法一：解方程。

方法二：查里德伯表。 $\Delta v = v_{n+1} - v_n = \frac{R}{(m+a)^2} - \frac{R}{(m+1+a)^2}$

	Δ_s	Δ_p	Δ_d
量子缺	1.35	0.89	0.02
理论值	1.35	0.88	0.01

能级图

Na原子谱项值：

$$T_{nl} = \frac{R}{(n - \Delta_l)^2}$$

对应的能量：

$$E_{nl} = \frac{-hcR}{(n - \Delta_l)^2}$$

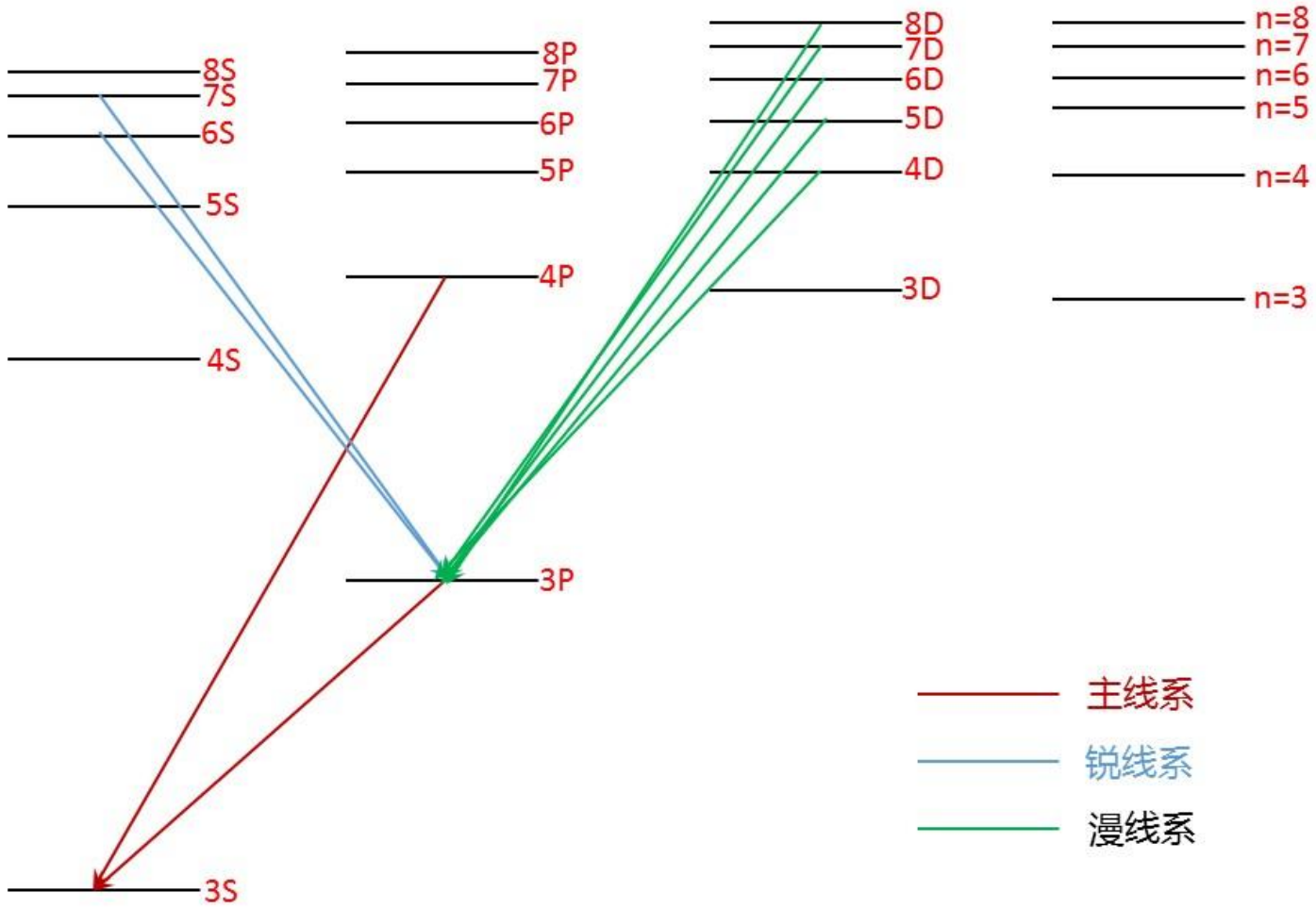
H原子各能级项值：

$$T_n = \frac{R_H}{n^2}$$

对应的能量：

$$E_n = \frac{-hcR_H}{n^2}$$

能级图



钠原子能级图及氢原子能级图

有效电荷

钠双线的波数差： $\Delta \upsilon = \dfrac{R\alpha^2 (Z_\sigma^*)^4}{n^3 l(l+1)}$

3P轨道的有效电荷： $n=3$，$l=1$

3P→3S $\Delta \upsilon = 15.84 cm^{-1}$ $Z_\sigma^* = 3.48$

6S→3P $\Delta \upsilon = 16.94 cm^{-1}$ $Z_\sigma^* = 3.54$

7S→3P $\Delta \upsilon = 18.15 cm^{-1}$ $Z_\sigma^* = 3.60$

理论值： $Z_\sigma^* = 3.5$

参考书目

【1】杨福家.原子物理学[M].北京：高等教育出版社，1985.

【2】吴思诚.王祖铨.近代物理实验[M].北京：高等教育出版社，1986.

【3】戴乐山.戴道宣.近代物理实验[M].北京：高等教育出版社，1986.

Thanks