

南京大学物理学院
近代物理实验

近代物理实验

氢原子光谱 实验报告

姓名	杨峻
学号	111120174
院系 班级	物理学院 5 班
报告日期	2014 年 3 月 20 日

§1 实验目的

1. 熟悉光栅光谱仪的使用方法。
2. 了解氢原子光谱的巴尔末线系。

§2 实验原理

氢原子光谱指的是氢原子内之电子在不同能阶跃迁时所发射或吸收不同波长、能量之光子而得到的光谱。氢原子光谱为不连续的线光谱，自无线电波、微波、红外光、可见光、到紫外光区段都有可能有其谱线。

氢原子 (1H) 由一个质子及一个电子构成，是最简单的原子，因此其光谱一直是了解物质结构理论的主要基础。研究其光谱，可借由外界提供其能量，使其电子跃至高能阶后，在跳回低能阶的同时，会放出能量等同两高低阶间能量差的光子，再以光栅、棱镜或干涉仪分析其光子能量、强度，就可以得到其发射光谱。亦或以一已知能量、强度之光源，照射氢原子，则等同其能阶能量差的光子会被氢原子吸收，因而在该能量形成暗线。另一个方法则是分析来自外太空的氢原子，要取得纯粹氢原子的光谱也非十分容易，主要是因为氢在大自然中倾向以双原子分子存在，但科学家仍能借由阴极射线管使其分解成单一原子。依其发现之科学家及谱线所在之能量区段可将其划分为以下系列，系列中各谱线则用 α, β 等希腊字母来命名：

1. 来曼系列: 主量子数 n 大于或等于 2 的电子跃迁到 $n = 1$ ，所产生的一些列光谱线称为“来曼系列”。此系列谱线能量位于紫外光波段。
2. 巴耳末系列: 主量子数 n 大于或等于 3 的电子跃迁到 $n = 2$ ，所产生的一些列光谱线称为“巴耳末系列”。1885 年，巴耳末 (J.J. Balmer, 瑞士, 1825-1898) 将位于可见光波段，能量位于 410.12 纳米、434.01 纳米、486.07 纳米、656.21 纳米等谱线，以下列经验公式表示: $\lambda_m = 364.56m^2/(m^2 - 4), m = 3, 4, 5, 6, \dots$ ，此方程称为巴耳末公式。
3. 帕申系列: 主量子数 n 大于或等于 4 的电子跃迁到 $n = 3$ ，所产生的一些列光谱线称为“帕申系列”，由帕申于 1908 年发现，位于红外光波段。
4. 布拉开线系列: 主量子数 n 大于或等于 5 的电子跃迁到 $n = 4$ ，所产生的一些列光谱线称为“布拉开线系列”，由布拉克于 1922 年发现，位于红外光波段。
5. 蒲芬德系列: 主量子数 n 大于或等于 6 的电子跃迁到 $n = 5$ ，所产生的一些列光谱线称为“蒲芬德系列”，由蒲芬德于 1924 年发现，位于红外光波段。

§3 试验仪器

光栅光谱仪

§4 实验步骤

1. 接通电源前，检查接线是否正确，检查转化开关的位置。
2. 接通电箱电源，将电压调至 500-900V。
3. 先用氦光源作为标光源，测定氦的原子谱线。

4. 测量后对已知谱线波长进行比较，对仪器进行校准。
5. 将光源换上氢灯，同样调整狭缝，使得谱线的强度在可测量范围内的 70%–100%，扫描完后对曲线进行寻峰，读出波长。

§5 数据处理

Table 1: 实验测得氢原子光谱

谱线	H_δ	H_γ	H_β	H_α
光谱波长 (nm)	410.0	434.2	486.3	656.5
谱线相对能量	19.0	55.9	207.8	247.4

Table 2: 波长的修正值

谱线	H_δ	H_γ	H_β	H_α
$\Delta\lambda_1(mm)$	0.116	0.121	0.136	0.181

Table 3: 真空的氢原子光谱

谱线	H_δ	H_γ	H_β	H_α
光谱波长 (nm)	410.1	434.3	486.2	656.7

§6 误差分析与实验结论

Table 4: 相对误差

谱线	H_δ	H_γ	H_β	H_α
百分比%	0.024	0.046	0.041	0.045

由计算出的相对误差可以看出实验所测量出来的值与标准值的偏差很小。

6.0.1 里德伯常数的计算

1889 年瑞典物理学家里德伯将上述各系列谱线归纳出氢原子谱线的经验公式：

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right) \quad n = 1, 2, 3 \cdots \quad n' = n + 1, n + 2, n + 3 \cdots \quad (1)$$

利用里德伯公式和实验测得的数据可以计算出里德伯常数。通过变形的公式:

$$R_H = \frac{1}{\lambda \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right)} \quad n = 1, 2, 3 \dots \quad (2)$$

计算出里德伯常数:

Table 5: 里德伯常数 R_H

谱线	H_δ	H_γ	H_β	H_α
波长 (nm)	410.1	434.3	486.2	656.7
n	6	5	4	3
里德伯常数/ $10^7 m^{-1}$	1.0976	1.0967	1.0967	1.0967

计算出平均值为 $R_H = 1.097 \times 10^7 m^{-1}$ 。

6.0.2 里德伯常数 R_∞

$$R_\infty = R_H \left(1 + \frac{m}{M_H} \right) = 1.098 \times 10^7 m^{-1} \quad (3)$$

与实验的推荐值相比较得到相对误差为 0.09%

§7 实验分析

实验的误差主要来源于外界光源的影响，另外氢气的纯度不高也会导致实验的误差。

§8 思考题

1. 氢光谱的巴尔末线系的极限波长是多少?

$$\lambda_H = \lambda_0 \frac{n^2}{n^2 - 4} \quad (4)$$

对于极限波长, $\lambda_{min} = \lambda_0 = 364.57 nm$

2. 谱线计算值具有唯一的波长, 但实测的谱线有一定的长度, 其主要原因是什么?

- (a) 由海森伯不确定原理, $\Delta E \Delta t > h$, 由于测量时间是有限的, 故测得的能级有一定展宽。
- (b) 由于发生辐射跃迁的氢原子与探测器之间的相对运动而引入的展宽。
- (c) 原子碰撞时原子间相互作用引入的展宽。
- (d) 实验仪器的灵敏度引入的展宽。