



高等教育“十二五”规划教材

近代物理实验

JINDAI WULI SHIYAN

冯玉玲 汪剑波 李金华 主编



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等教育“十二五”规划教材

近代物理实验

主编 冯玉玲 汪剑波 李金华

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

近代物理实验 / 冯玉玲, 汪剑波, 李金华主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2015. 1

ISBN 978-7-5640-9976-3

I. ①近… II. ①冯… ②汪… ③李… III. ①物理学-实验-高等学校-教材 IV. ①O41-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 279901 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 18

字 数 / 299 千字

版 次 / 2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

定 价 / 38.00 元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 杜春英

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

《近代物理实验》编委会

主编 冯玉玲 汪剑波 李金华

参编 (按姓氏笔画排列)

王大伟 王晓茜 王雪萍 孙 岳

李 霜 张兰芝 张 烨 苟立丹

陈桂波 范 雅 杨 慧 姜 丽

楚学影



前 言

近代物理实验是继普通物理实验之后重要的专业基础实验，是后继专业实验的基础。近代物理实验所涉及的物理知识面广，具有较强的综合性和技术性，它能丰富和活跃学生的物理思想，锻炼他们对物理现象的洞察能力，使学生能够用实验方法研究物理现象和规律并掌握近代物理中的实验技术（如微波技术、低温技术、真空技术等）和实验方法，同时能培养学生严谨的科学作风、创新精神和实践能力，所以全国各高等院校都越来越重视近代物理实验，我校也如此。

实验教学是一项集体事业，从实验室的建设、教材的编写到每个实验项目的不断完善与改进，都与相关领导的关心和各位实验教师的辛勤工作分不开。可喜的是我校近代物理实验室得到了国家财政的资金支持，购进了一批先进的仪器设备，从而开设了一些新实验。同时我校近代物理实验室积累了多年的实验教学、科研及教学改革的经验，为了总结和肯定这些成果并且为学生提供一种反映近代科技、简明实用并与所用仪器密切配合的实验教学用书，我们集体编写了这本《近代物理实验》教材。

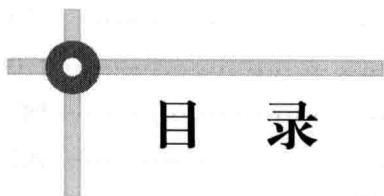
参加本书编写的是长春理工大学正在担任或曾经担任近代物理实验课的教师和实验技术人员，各位编者分别在所编写的内容后面署名。本书是集体智慧和劳动的结晶，主编做了组织和统编工作，我们感谢各位编者对本书出版的支持以及付出的辛勤劳动。在编写过程中参阅了其他高校的近代物理实验教材，在此一并致谢。同时感谢长春理工大学教务处和理学院领导的支持和帮助。

本书共收入 10 个领域的 33 个实验，是参考全国各高等院校的近代物理

实验内容，并结合我校的实际情况而确定的，本书可以作为高校近代物理实验教学用书，也可以供相关专业的师生参考。

由于我们的实验条件和学术水平有限，加之时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者



目 录

一、原子物理实验	1
实验 1.1 氢、钠原子光谱	1
实验 1.2 塞曼效应	11
实验 1.3 电子衍射	18
实验 1.4 激光拉曼光谱实验	28
二、光学实验	33
实验 2.1 法拉第效应	33
实验 2.2 光拍频法测量光速	39
实验 2.3 光探测器光谱特性研究	44
实验 2.4 用 V 棱镜仪测光学玻璃折射率	52
实验 2.5 单光子计数	59
实验 2.6 单色仪的定标	66
实验 2.7 晶体声光调制	70
实验 2.8 磁光调制	79
三、微波实验	88
实验 3.1 微波测量系统的认识与调试	88
实验 3.2 波导波长测量和驻波测量	94
四、磁共振实验	101
实验 4.1 核磁共振	101
实验 4.2 光磁共振	121
五、真空实验	137
实验 5.1 气体放电中等离子体的研究	137
实验 5.2 真空镀膜	148
六、低温实验	156
实验 6.1 小型制冷装置制冷量和制冷系数的测量	156

实验 6.2 低温电导率和交流磁化率的测试	165
七、X 射线衍射	170
实验 7.1 X 射线衍射物相分析	170
八、声学实验	182
实验 8.1 音频信号检测	182
实验 8.2 超声光栅测量声波在液体中的速度	183
九、凝聚态物理实验	190
实验 9.1 居里点的测定	190
实验 9.2 磁电阻效应测量	194
实验 9.3 高温超导材料基本特性测试和低温温度计的比对	200
实验 9.4 pn 结特性研究	214
实验 9.5 变温霍尔效应	219
实验 9.6 半导体发光器件的电致发光	234
实验 9.7 蒸气冷凝法制备纳米颗粒	243
十、应用技术	253
实验 10.1 扫描电子显微镜分析实验	253
实验 10.2 用扫描隧道显微镜观察石墨表面的原子排列	267
实验 10.3 原子力显微镜实验	274

一、原子物理实验

实验 1.1 氢、钠原子光谱

引言

研究元素的原子光谱，可以了解原子的内部结构，认识原子内部电子的运动，并导致电子自旋的发现。原子光谱的观测，为量子理论的建立提供了坚实的实验基础。1885 年年末，巴尔末 (J. J. Balmer) 根据人们的观测数据，总结出了氢光谱线的经验公式 (巴尔末公式)。1913 年 2 月，玻尔 (N. Bohr) 得知巴尔末公式后，3 月 6 日就寄出了氢原子理论的第一篇文章，他说：“我一看到巴尔末公式，整个问题对我来说就清楚了。” 1925 年，海森伯 (W. Heisenberg) 提出的量子力学理论，更是建立在原子光谱的测量基础之上的。现在，对原子光谱的观测研究，仍然是研究原子结构的重要方法之一。

20 世纪初，人们根据实验预测到氢有同位素，1912 年质谱仪发明出来后，物理学家用质谱仪测得氢的原子量为 1.007 78，而化学家由各种化合物测得氢的原子量为 1.007 99。基于上述微小的差异，伯奇 (Birge) 和门泽尔 (Menzel) 认为氢也有同位素 ^2H (元素左上角标代表原子量)，它的质量约为 ^1H 的 2 倍，据此他们算得 ^1H 和 ^2H 在自然界中的含量比大约为 4 000 : 1。由于里德伯 (J. R. Rydberg) 常量和原子核的质量有关， ^2H 的光谱相对于 ^1H 的光谱应该会有位移。1932 年，尤雷 (H. C. Urey) 将 3 L 液氢在低压下细心蒸发出 1 mL 以提高 ^2H 的含量，然后将那 1 mL 注入放电管中，用它拍得的光谱，果然出现了相对于 ^1H 移位了的 ^2H 的光谱，从而发现了重氢，取名为氘，化学符号用 D 表示。由此可见，对样品的考究、实验的细心以及测量的精确，对于推动科学的进步非常重要。

实验目的

1. 通过氘氕光谱的测量和氘氢质量比的测定，加深对氢光谱规律和同位素位移的认识，并理解精确测量的重要意义。

2. 通过对钠原子光谱的观察与分析, 加深对碱金属原子的外层电子与原子实相互作用以及自旋与轨道运动相互作用的了解。

3. 学会使用光谱仪测量未知元素的光谱。

实验原理

1. 氢与氘原子光谱。

巴尔末总结出的可见光区氢光谱线的规律为:

$$\lambda_H = 364.56 \times \frac{n^2}{n^2 - 4} \quad (1.1.1)$$

式中, λ_H 为氢光谱线的波长, n 取 3、4、5 等整数。

若改用波数表示谱线, 由于

$$\tilde{\nu} = 1/\lambda \quad (1.1.2)$$

则式 (1.1.1) 变为

$$\tilde{\nu} = 109\,721 \times \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (1.1.3)$$

式中, 109 721 叫氢的里德伯常量。

由玻尔理论或量子力学得出的类氢离子光谱规律为:

$$\tilde{\nu}_A = R_A \left[\frac{1}{(n_1/Z)^2} - \frac{1}{(n_2/Z)^2} \right] \quad (1.1.4)$$

式 (1.1.4) 中

$$R_A = \frac{2\pi^2 m e^4}{(4\pi\epsilon_0)^2 c h^3 (1+m/M_A)} \quad (1.1.5)$$

式 (1.1.5) 是元素 A 的理论里德伯常量; Z 是元素 A 的核电荷数; n_1, n_2 为整数; m 和 e 是电子的质量和电荷; ϵ_0 是真空介电常量; c 是真空中的光速; h 是普朗克常量; M_A 是原子核的质量。显然, R_A 随 A 不同略有不同, 当 $M_A \rightarrow \infty$ 时, 便得到里德伯常量:

$$R_\infty = \frac{2\pi^2 m e^4}{(4\pi\epsilon_0)^2 c h^3} \quad (1.1.6)$$

所以

$$R_A = \frac{R_\infty}{1+m/M_A} \quad (1.1.7)$$

将上述结论应用到 H 和 D 中, 有:

$$R_H = \frac{R_\infty}{1+m/M_H} \quad (1.1.8)$$

$$R_D = \frac{R_\infty}{1+m/M_D} \quad (1.1.9)$$

可见 R_D 和 R_H 是有差别的, 其结果就是 D 的谱线相对于 H 的谱线会有微小位移, 叫同位素位移。 λ_H 和 λ_D 是能够直接精确测量的量, 测出 λ_H 和 λ_D , 也就可以计算出 R_H , R_D 和里德伯常量 R_∞ , 同时还可计算出 D 和 H 的原子核质量比:

$$\frac{M_D}{M_H} = \frac{m}{M_H} \cdot \frac{\lambda_H}{\lambda_D - \lambda_H + \lambda_D m / M_H} \quad (1.1.10)$$

式中, $m/M_H = 1/1836.1527$ 是已知量。注意, 式中各 λ 是指真空中的波长。同一光波, 在不同介质中波长是不同的。我们的测量往往是在空气中进行的, 所以应将空气中的波长转换成真空中的波长。但在实际测量中, 受所用的实验仪器精度的限制, 这种变化可以忽略不计。

氢的特征谱包括以下几部分。

① 紫外部分。赖曼系: $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, $n = 2, 3, 4, \dots$ 。

② 可见光部分。巴尔末系: $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, $n = 3, 4, 5, \dots$ 。

③ 红外部分。

a. 帕邢系: $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, $n = 4, 5, 6, \dots$ 。

b. 布喇开系: $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, $n = 5, 6, 7, \dots$ 。

(1.1.11)

c. 蓬得系: $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, $n = 6, 7, 8, \dots$ 。

d. 汉弗莱斯系: $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{6^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, $n = 7, 8, 9, \dots$ 。

2. 钠原子光谱。

(1) 原子光谱的线系。

碱金属原子只有一个价电子, 价电子在核和内层电子组成的原子实的中心力场中运动, 和氢原子有些类似。若不考虑电子自旋和轨道运动的相互作用引起的能级分裂, 可以把光谱项表示为:

$$T_{n,l} = \frac{(Z_Q^*)^2 R}{n^2} \quad (1.1.12)$$

式中, n, l 分别是主量子数和轨道量子数; Z_Q^* 是原子实的平均有效电荷, $Z_Q^* > 1$ 。因此还可以把式 (1.1.12) 改写为:

$$T_{n,l} = \frac{R}{(n/Z_Q^*)^2} = \frac{R}{n^*} = \frac{R}{(n-\Delta l)^2} \quad (1.1.13)$$

式中, Δl 是一个与 n 和 l 都有关的正修正数, 称为量子缺。理论计算和实验观测都表明, 当 n 不太大时, 量子缺的大小主要取决于 l , 而随 n 变化不大。本实验中近似地认为 Δl 与 n 无关。

电子由上能级 (量子数为 n, l) 跃迁到下能级 (n', l') 发射的光谱线的波数由式 (1.1.14) 决定。

$$\tilde{\nu} = \frac{R}{(n'-\Delta l')^2} - \frac{R}{(n-\Delta l)^2} \quad (1.1.14)$$

如果令 n', l' 固定, 而 n 依次改变 (l 的选择定则为 $\Delta l = \pm 1$), 则得到一系列的 $\tilde{\nu}$ 值, 它们构成一个光谱线系。光谱中常用 $n', l', -nl$ 这种符号表示线系。 $l=0, 1, 2, 3$ 分别用 S, P, D, F 表示。钠原子光谱有四个线系, 分别为:

$$\begin{aligned} \text{主线系 (P 线系): } & 3S-nP, n=3, 4, 5, \dots; \\ \text{漫线系 (D 线系): } & 3P-nD, n=3, 4, 5, \dots; \\ \text{锐线系 (S 线系): } & 3P-nS, n=4, 5, 6, \dots; \\ \text{基线系 (F 线系): } & 3P-nF, n=4, 5, 6, \dots. \end{aligned} \quad (1.1.15)$$

在各个线系中, 式 (1.1.14) 中的 n', l' 固定不变, 称为定项, 以 $A_{n',l'}$ 表示; n, l 项称为变动项。因此式 (1.1.14) 可写作

$$\tilde{\nu} = A_{n',l'} - \frac{R}{(n-\Delta l)^2} \quad (1.1.16)$$

其中, $A_{n',l'}$ 为常量; $n=n_c, n_c+1, n_c+2, \dots$ 。

在钠原子光谱的四个线系中, 只有主线系的下级是基态 ($3S_{1/2}$ 能级)。在光谱学中, 称主线系的第一组线 (双线) 为共振线, 钠原子的共振线就是有名的黄双线 (589.0 nm 和 589.6 nm)。

钠原子的其他三个线系, 基线系在红外区域, 漫线系和锐线系除第一组谱线在红外区域, 其余都在可见区域。

(2) 钠原子光谱的双重结构。

碱金属原子只有一个价电原子, 由于原子实的角动量为零 (暂不考虑原子核自旋的影响), 因此价电原子的角动量就等于原子的总角动量。对于 S 轨道 ($l=0$), 电子的轨道角动量为零, 总角动量就等于电子的自旋角动量, 因此 j 只取一个数值, 即 $j=1/2$, 从而 S 谱项只有一个能级, 是单重能级。对于 $l \neq 0$ 的 $p, d, f \dots$ 轨道, j 可取 $j=l \pm 1/2$ 两个数值, 依次相应的谱项分裂为双重能级。由于能级分裂, 用式 (1.1.13) 表示的光谱项相应发生变化, 根据量子力学计算结果, 双重能级的项值可以分别表示为

$$T_{n,l,j=l+1/2} = \frac{R}{(n - \Delta l)^2} - \frac{l}{2} \xi_{n,l} \quad (1.1.17)$$

$$T_{n,l,j=l-1/2} = \frac{R}{(n - \Delta l)^2} + \frac{l+1}{2} \xi_{n,l} \quad (1.1.18)$$

式中, $\xi_{n,l}$ 是只与 n, l 有关的因子, 可表达为

$$\xi_{n,l} = \frac{Ra^2 (Z_s^*)^4}{n^3 l(l+1/2)(l+1)} \quad (1.1.19)$$

式中, R 为里德伯常数, $R = 109\,737.312 \text{ cm}^{-1}$; a 为精细结构常数, $a = 2\pi e^2 / 4\pi\epsilon_0 ch = 1/137.036$; Z_s^* 为原子实的有效电荷, 实验中根据式 (1.1.14) 从量子缺确定的原子实有效电荷 Z 和根据光谱线双重结构确定的有效电荷 Z_s^* 不完全相同。由式 (1.1.17) ~ 式 (1.1.19), 双重能级的间隔可以用波数表示为

$$\Delta\tilde{\nu} = \left(l + \frac{1}{2}\right) \xi_{n,l} = \frac{Ra^2 (Z_b^*)^4}{n^3 l(l+1)} \quad (1.1.20)$$

由上式可知, 双重能级的间隔随 n 和 l 的增大而迅速减小。

① 光谱线双重结构不同成分的波数差。

对钠原子而言, 主线系光谱线对应的电子跃迁的下能级是 3S 谱项, 为单重能级, $j = 1/2$; 上能级分别是 3P, 4P 等谱项, 都为双重能级, 量子数 j 分别是 $1/2$ 和 $3/2$ 。由于电子在不同能级之间跃迁时, 量子数 j 的选择定则为 $\Delta j = 0, \pm 1$, 因此, 主线系各组光谱线均包含双重结构的两部分, 它们的波数差分别是上能级中双重能级的波数差。因而测量主线系光谱双重结构两个成分的波长, 可以确定 3P, 4P 等谱项双重分裂的大小。根据式 (1.1.20), $\Delta\tilde{\nu} \propto 1/n^3$, 因此主线系光谱线双重结构两个成分的波数差随谱线波数的增大而迅速减小。

根据锐线系所对应的跃迁, 作同样的分析, 不难看出, 锐线系光谱也包含双重结构的两部分, 但两个成分的波数相等, 其值等于 3P 谱项双重分裂的大小。

漫线系和基线系谱线对应的跃迁的上、下能级, 根据选择定则 $\Delta j = 0, \pm 1$, 每一组谱线的多重结构中应有三个成分, 但这样一组线不叫三重线, 而称为复双重线, 因为它们仍然是由双重能级的跃迁产生的。这三个成分中, 有一个成分的强度比较弱, 而且它与另一个成分十分靠近, 仪器的分辨率如果不够高, 通常只能观察到两个成分。在钠原子的弧光光谱中, 由于漫线系十分弥漫, 从而也只能观察到两个成分。由于 nD 谱项的双重分裂比较小, 因此这两个成分的波数差近似等于 3P 谱项的双重分裂。

② 光谱线双重结构不同成分的相对强度。

碱金属原子光谱不同线系的差别还表现在强度方面。

在实验室中通常用电弧、火花或辉光放电等光源拍摄原子光谱，在这种情况下考虑谱线的强度时只需考虑自发辐射跃迁。原子从上级 n 至下能级 m 的跃迁发出的光谱线强度为

$$I_{nm} = N_n A_{nm} h\nu_{nm} \quad (1.1.21)$$

式中， N_n 为处于上能级的原子数目， $h\nu_{nm}$ 为上、下能级的能量差， A_{nm} 为单位时间内原子从上能级 n 跃迁到下能级 m 的跃迁概率。

考虑碱金属原子在不同能级之间跃迁时，如果没有外场造成双重能级的进一步分裂，每一能级的统计权重为 $g = 2j + 1$ 。在许多情况下（如所考虑的能级间隔不是太大或者光源中电子气体的温度很高），处于不同能级的原子数目和它们的统计权重成正比，对能级 n 和 m ，有

$$\frac{N_n}{N_m} = \frac{g_n}{g_m} \quad (1.1.22)$$

若计算出原子在不同能级之间的自发跃迁概率 A_{nm} ，利用式 (1.1.21) 和式 (1.1.22) 可以计算不同谱线的强度比。

考虑到各个能级的统计权重，可以利用谱线跃迁的强度和定则来估算谱线的相对强度。强度和定则是：① 从同一上能级跃迁产生的所有谱线成分的强度和正比于该能级的统计权重 g_{\uparrow} ；② 同一下能级的所有谱线的强度和正比于该能级的统计权重 g_{\downarrow} 。把强度和定则分别应用于碱金属原子光谱的不同线系，即可得到各个线系双重结构不同成分的相对强度。

主线系光谱的双重线是 $3^2S_{1/2} - n^2P_{3/2,1/2}$ ($n=3, 4, \dots$) 之间跃迁产生的 (图 1.1.1)，其中上能级是双重的，下能级是单重的，根据强度和定则，两个成分 λ_A 和 λ_B 的强度比为

$$\frac{I_{PA}}{I_{PB}} = \frac{g_{3/2}}{g_{1/2}} = \frac{2 \times \frac{3}{2} + 1}{2 \times \frac{1}{2} + 1} = \frac{2}{1} \quad (1.1.23)$$

其中， $g_{3/2}$ 和 $g_{1/2}$ 分别是两个上能级 $n^2P_{3/2}$ 和 $n^2P_{1/2}$ 的统计权重，图中 λ_A 是短波成分， λ_B 为长波成分。因此，主线系光谱双重结构的两个成分中短波成分与长波成分的强度比是 2 : 1。它与根据式 (1.1.21) 和式 (1.1.22) 计算得到的结果是一致的。

锐线系光谱的双重线是 $3^2S_{3/2,1/2} - n^2P_{1/2}$ ($n=4, 5, \dots$) 之间跃迁产生的 (图 1.1.2)，上能级是单重的，下能级是双重的。根据强度和定则，两成分 λ_A 和 λ_B 的强度比为

$$\frac{I_{SA}}{I_{SB}} = \frac{g_{1/2}}{g_{3/2}} = \frac{2 \times \frac{1}{2} + 1}{2 \times \frac{3}{2} + 1} = \frac{1}{2} \quad (1.1.24)$$

其中, $g_{3/2}$ 和 $g_{1/2}$ 是能级 $3^2P_{3/2}$ 和 $3^2P_{1/2}$ 的统计权重。图中 λ_A 和 λ_B 分别是短波成分和长波成分, 因此锐线系光谱线双重结构的两个成分中短波成分和长波成分的强度比是 1 : 2, 这与主线系的情形正相反。

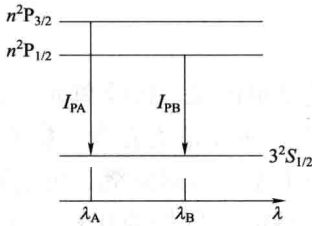


图 1.1.1 主线系光谱线双重结构两个成分的强度比示意图

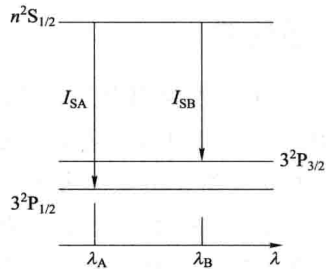


图 1.1.2 锐线系光谱线双重结构两个成分的强度比示意图

漫线系光谱的复双重线是: $3^2P_{3/2,1/2} - n^2D_{5/2,3/2}$ ($n = 3, 4, \dots$) 之间跃迁产生的 (图 1.1.3), 这时上、下能级都是双重的。复双重线的三个成分的波长从小到大依次为 λ_A 、 λ_B 和 λ_C ; 强度分别为 I_{DA} 、 I_{DB} 和 I_{DC} 。根据强度和定则我们有

$$\frac{I_{DB}}{I_{DA} + I_{DC}} = \frac{g_{5/2}}{g_{3/2}} = \frac{2 \times \frac{5}{2} + 1}{2 \times \frac{3}{2} + 1} = \frac{6}{4} \quad (1.1.25)$$

其中, $g_{5/2}$ 和 $g_{3/2}$ 分别是上能级 $n^2D_{5/2}$ 和 $n^2D_{3/2}$ 的统计权重。

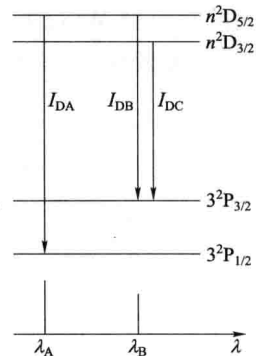


图 1.1.3 漫线系光谱线复双重结构各个成分的强度比示意图

$$\frac{I_{DB} + I_{DC}}{I_{DA}} = \frac{g_{3/2}}{g_{1/2}} = \frac{2 \times \frac{3}{2} + 1}{2 \times \frac{1}{2} + 1} = \frac{4}{2} \quad (1.1.26)$$

其中, $g_{3/2}$ 和 $g_{1/2}$ 分别是下能级 $3^2P_{3/2}$ 和 $3^2P_{1/2}$ 的统计权重。

由以上两式可得

$I_{DA} : I_{DB} : I_{DC} = 5 : 9 : 1$ ，但由于 λ_B 和 λ_C 相距很近，通常无法分开，两个成分合二为一，其波长用 λ_{BC} 表示，这个成分比 λ_A 的波长要长，这时有

$$\frac{I_{DA}}{I_{DB,C}} = \frac{5}{9+1} = \frac{1}{2} \quad (1.1.27)$$

因漫线系双重短波成分与长波成分的强度比也是 $1 : 2$ ，与锐线系的情形相同，而与主线系相反。

基线系的情形和漫线系类似。

实验装置

1. WGD-8A 型组合式多功能光栅光谱仪。

WGD-8A 型组合式多功能光栅光谱仪由光栅单色仪、接收单元、扫描系统、电子放大器、A/D 采集单元和计算机组成。该设备集光学、精密机械、电子学、计算机技术于一体。光学系统采用 C-T 型，入射狭缝、出射狭缝均为直狭缝，宽度在 $0 \sim 2 \text{ mm}$ 范围内连续可调，顺时针旋转为狭缝宽度加大，反之减小，每旋转一周狭缝宽度变化 0.5 mm 。

WGD-8A 型组合式多功能光栅光谱仪的光学原理如图 1.1.4 所示。光源发出的光束进入入射狭缝 S_1 ， S_1 位于过反射式准光镜 M_2 的焦平面上，通过 S_1 射入的光束经 M_2 反射成平行光束投向平面光栅 G 上，衍射后的平行光束经物镜 M_3 成像在 S_2 或 S_3 上。

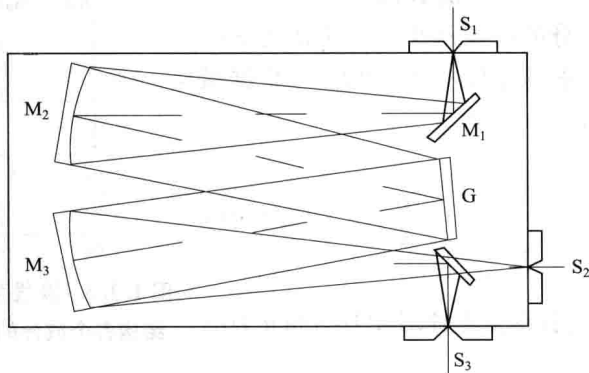


图 1.1.4 WGD-8A 型组合式多功能光栅光谱仪的光学原理图

M_1 —反射镜； M_2 —准光镜； M_3 —物镜； G —平面光栅；

S_1 —入射狭缝； S_2 —光电倍增管； S_3 —CCD

WGD-8A 型组合式多功能光栅光谱仪的参数包括以下几个。

M_2 、 M_3 ：焦距 500 mm ；

平面光栅 G : 每毫米刻线 2 400 条, 闪耀波长 250 nm;

波长范围: 200~660 nm;

相对孔径: $D/F=1/7$, 其中 D 为镜头的有效孔径, 即通过镜头前镜片的光束直径, F 为透镜焦点到主平面的距离;

杂散光 $\leq 10^{-3}$;

分辨率优于 0.06 nm。

光电倍增管接收波长参数范围如下:

(1) 波长范围: 200~660 nm;

(2) 波长精度 $\leq \pm 0.2$ nm;

(3) 波长重复性 ≤ 0.1 nm。

CCD (电荷耦合器件) 的参数如下:

(1) 接收单元: 2 048;

(2) 光谱响应区间: 300~660 nm;

(3) 重量: 25 kg。

两块滤光片工作区间:

(1) 白片: 350~600 nm;

(2) 红片: 600~660 nm。

2. 汞灯。

低压汞灯点燃后能发出较强的汞的特性光谱线, 在可见区辐射光谱波长为 577.0 nm、579.0 nm、546.1 nm、404.7 nm, 可供干涉仪、折射仪、分光光度计、单色仪等仪器作为单色光源使用。汞灯的主要技术数据见表 1.1.1。

表 1.1.1 汞灯的主要技术数据

灯泡型号 ITEM	功率/ W	电压/ V	工作 电压/V	工作 电流/A	平均 寿命/h	主要尺寸			
						灯头型号	外径/ mm	长度/ mm	发光中心
GD-20	20	220	15	1.3	200	E27	28	155	75
						胶木八角		142	90

3. 钠灯。

钠灯是由特种的抗钠玻璃吹成管胆, 管内充有金属钠, 外面封接玻璃外壳而成。钠灯点燃后能辐射出较强的 589.0 nm、589.6 nm 钠谱线, 单色性好, 常作为旋光仪、折射仪、偏振计等仪器中的单色光源, 目前在农业、医学工业、食品工业、石油工业、卫生事业等领域中应用广泛。钠灯的主要技术数据见表 1.1.2。