

物理实验教程

(近代物理实验部分)

张孔时 丁慎训 主编



清华大学出版社

0146999



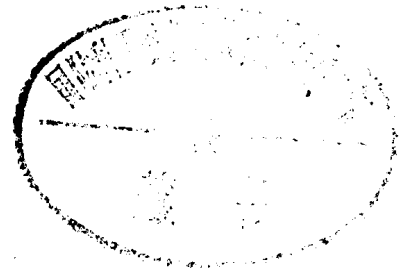
科工委学院802 2 0048711 3

物理实验教程

近代物理实验部分

清华大学实验物理教研组

张孔时 丁慎训 主编



清华大学出版社

内 容 简 介

本书是在清华大学现代应用物理系开设的近代物理实验课程的基础上编写的。全书包括原子物理、激光、晶体衍射、核物理、磁共振、真空和低温、以及其他方面的实验共34个。在每一实验题目中比较详细地叙述了有关的物理原理和实验方法，以利于自学。在许多实验的附录中适当地介绍了有关单件仪器的工作原理和使用方法，或者包括了需用的数值表。书后有基本物理常数19P荐值。

本书适合作为高等学校有关理工科本科生和研究生的近代物理实验课程的教材或教学参。也可作为有关学科中实验工作者的参考书。

物 理 实 验 教 程

近代物理实验部分

清华大学实验物理教研组

张孔时 丁慎训 主编

☆

清华大学出版社出版

北京 清华园

北京顺义北方印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

☆

开本：787×1092 1/16 印张：21 3/8 字数：503 千字

1991年7月 第1版 1991年7月 第1次印刷

印数：0001~8000

ISBN 7-302-00826-4/O·116

定价：5.10元

序

物理学是一门实验科学。在物理学的发展进程中，无可置疑的是理论物理学曾起过重要的作用，如 Maxwell 的电磁理论、Einstein 的相对论、Rutherford 和 Bohr 的原子模型、Schrödinger 和 Heisenberg 等人的量子学说等等，都使本世纪的物理学大放异彩。但是我们必须看到，这些无一不是以实验中的新发现为依据，而又都被进一步的实验所验证的。所以实验与理论是相辅相成，而从根本上讲物理是一门实验科学。

从事物理学的工作以侧重实验者居多，专攻理论者为少。实验物理学家既必须谙练理论，理论物理学家也必须对实验工作有较深的了解，否则其工作就是无源之水和无本之木。因此物理实验是一切物理学家的基本训练。

我们根据先简后繁、先易后难和循序渐进的原则，将物理实验分为普通物理和近代物理两部分。前者包括各种量测的基本训练，有力学、热学、电磁学、光学及综合性的各种实验。它们一般都比较基本、直观、或多或少地牵涉能感受到的宏观现象和直接量测。而近代物理实验部分涉及物理学中各项专门知识，有一些则是二十世纪中著名的、开拓物理学新发展方向和方法的实验。这些开拓者都因而获得过诺贝尔物理奖。这些实验最初都经过若干年的精心计划、探索、甚至几经失败而后成功的。即使是在我们准备这些实验时，也是经过教师和实验技术人员的长期努力而置备起来的。这样才使得同学们在几个小时或稍长的时间内学习和领悟所用方法和所得结果的要领。因此这些实验都是“高度浓缩的”。学生在作实验时要特别领会和珍惜这一点。学生们有时使用的是一些比较复杂的、昂贵的、甚至是娇嫩的仪器，因此要特别小心和加以爱护。学生们所用的观察和测量方法是从宏观进入微观，从直接进入间接，包含着种种推理和计算。实际上这也正是现代物理学实验的一般趋势。我们希望同学们在经过这样的实验以后，能够在方法论和认识论上有一个质的演进和变化。

完成物理学实验的正常程序是通过观察、测量、推理等多次循环来寻求物质运动（包括能量变化）的内在联系和规律。但是在学生作实验时，这个程序正好被颠倒过来，即先已知道了这些规律，然后用实验对它们进行验证。我们了解到这一点就可以利用它来深刻地体会实验的理论背景，特别是前人的思路和解决问题的方法。“吃透”这些以后，再以严肃认真客观的态度进行观察与测量。切不可有成见在胸，等待（甚至“编造”）预期的结论。这样才能学到前人的长处，培养出独立思考的能力。

普通物理实验与近代物理实验将为以后作科学研究提供非常好的训练，因此可说是为以后从事科学研究的先行准备工作。

清华大学是一个以理工科为主的综合性大学。因此物理实验必须适应不同系别和专业的具体培养目标。除了必修的实验以外还安排有一些供选修的，可按学生的专业、个人兴趣、和富裕时间等而定。为了节省学生的时间，绝大部分实验的仪器设备都已事先调好，但在可能条件下也让学生自己配置、安装和调整仪器，以培养他们的动手能力和

使其了解实验各部的组成。即使是准备好的实验，也尽量要求学生亲自操作，如安装样品、摄取谱线、显像、定影等。我们还有几个“大实验”，由有兴趣和条件的学生选作。在这些实验里，皆由学生提出方案和设计、仪器选择和安排、实验步骤等，经指导教师同意后进行。这样的实验自然要求相当多的时间，但对于学生则是更全面和深入的训练，为他们将来作科学研究打下一点基础。

清华大学物理系向来重视实验教学。在抗日战争以前，本科的物理实验就已达到了相当的规模。院系调整时曾取消物理系，只保留了物理教研组和普通物理实验室。当时从原有的实验设备中留下了基础部分的教学仪器。1957年又重建中级物理实验室，后改名为近代物理实验室。直到1978年之后，特别是在1984年成立了现代应用物理系之后，这两个实验室才有了较大和较快的发展。经过许多教师和实验技术人员的辛勤劳动，现在已能开出普通物理实验四十多个和近代物理实验三十多个。我们希望通过这些实验，能培养出手脑并用、思维缜密、观察详尽、分析精湛的物理实验家来，为将来从事物理学或高级工程学的科研打下一个扎实的基础。

孟昭英

1989年9月于清华园

编者前言

本书是根据清华大学近代物理实验的教学实践以及多次铅印的近代物理实验讲义而编写的。1952年以前清华物理系曾多年开设近代物理实验课程，颇受当时主修物理的学生欢迎。1952年院系调整后中断。到1957年，因校内部分新专业的需要，筹建了中级物理实验室，逐渐发展成今天的近代物理实验室。现在学习近代物理实验课程的有应用物理专业及与现代物理学关系较密切的各工科专业的本科生及部分研究生。实验课程内容就是按照这些专业的需要和可能而安排的。我们经常遇到这样的学生，他们怀着浓厚的兴趣来做实验，认真钻研，多年后还能在自己从事的工作中回忆起在近代物理实验中的收获。

近代物理实验是介于普通物理实验和专题研究之间的重要环节。所选题目中，有些是在近代物理学发展中起过重要作用的著名实验，它们能使学生了解前人的物理思想和探索过程，并且从中受到很大启发；有些涉及现代实验研究中不可缺少的专门技术，它们能使学生在进行专题研究之前了解有关的新实验技术和方法；还有一些反映了我系科研的部分成果。从目录中可以看到选题范围有一定的广度和深度。通过这些实验可以进一步掌握近代物理的某些原理、实验方法和各种探测分析仪器，锻炼综合运用各种技术的能力，加强理论与实践的结合和培养科学作风。

为了完成一个实验，一般要求学生在实验室内工作六或八小时，视内容难易和多少而定。按目前的教学安排，应用物理专业的学生约完成十六个实验，其他专业的八个，有兴趣的可以选作更多的实验。收入本书的题目中，多数每学期都开设，少数则不定期地开设。

在本书的每一题目中，对实验原理都作了比较详细的叙述，以便读者清楚了解该实验的物理思想。对实验方法和要求一般都有比较完整的说明，以利学生能自己拟出实验步骤和独立进行实验。教学过程中证明，这样的教材比较适合我校学生的需要，也有利于培养他们的独立工作能力。其他内容，如实验装置和仪器说明等，都争取做到繁简适当，便于阅读。书中原则上采用SI制，在某些专门的实验技术中也保留习惯用的单位。书末给出了物理基本常数的1986年推荐值。我们希望本书不仅适用于工科院校师生，也能成为理科及师范院校相近专业师生和有关学科中的实验工作者的一本有用参考书。

在一定意义上说这本教材是实验室建设的总结。建设实验室必须依靠集体的智慧和劳动，因此对本书编写工作作出贡献的实际上包括所有先后在我们实验室工作过的教师和实验技术人员。可是参加过每个实验的开设和讲义编写的所有工作人员难以一一记述，只能在每篇末尾载明少数主要工作者姓名。这次改编出版前，对内容和文字作了全面修订和补充。参加最后编写工作的是丁慎训(实验8,10,31)，杜毓良(6,9,30)，余加莉(7,21)，张孔时(1,3,5,13,34)，张连芳(14,15,19,22)，张校(12,16,17,20，

23, 24), 林世珩(11, 18, 27)和黄贺生(2, 25, 26, 29)。第 4, 28, 32, 33实验是新开设的一批题目中的几个, 作者也为这次出版对原讲义或原稿作了修订和补充。王文鉴先生对全书作了认真细致的审阅。衷心感谢孟昭英先生为我们作序。我们诚恳欢迎读者对本书的指正。

1989年9月

目 录

序.....	V
编者前言.....	VI
I 原子物理	1
实验一 氢原子光谱的研究.....	1
实验二 夫兰克-赫兹实验.....	9
实验三 基本电荷的测定.....	19
实验四 斯特恩-革拉赫实验.....	26
实验五 塞曼效应.....	35
实验六 钠原子光谱的拍摄与分析.....	43
实验七 通过共振线的吸收测量激发态的寿命.....	51
II 激光	63
实验八 氦氛单模稳频激光器的频率稳定性.....	63
实验九 氦氛激光器纵模频率间隔的测量.....	76
实验十 光学法多普勒效应测速度.....	83
实验十一 双频激光干涉仪测长.....	93
实验十二 利用傅里叶变换全息图存储资料.....	105
实验十三 激光喇曼谱.....	114
III 晶体衍射	125
实验十四 X射线晶体分析——德拜相法.....	125
实验十五 X射线晶体分析——劳厄相法.....	141
实验十六 X光衍射实验.....	148
实验十七 电子衍射.....	154
IV 核物理	164
实验十八 用单板机研究 β 衰变的统计规律.....	164
实验十九 γ 能谱的测量.....	174
实验二十 穆斯堡尔效应.....	181
实验二十一 正电子湮没寿命谱的测定.....	196
实验二十二 磁偏转质谱实验.....	206
V 磁共振	214
实验二十三 核磁共振实验.....	214
实验二十四 光泵磁共振实验.....	227
VI 真空和低温	237

实验二十五	真空的获得与测量	237
实验二十六	真空镀膜	249
实验二十七	椭圆偏振仪测量薄膜厚度和折射率	259
实验二十八	四极滤质器和残余气体分析	268
实验二十九	超导材料临界温度的测定及减压降温技术	276
VII	电子学、微波及其他	285
实验三十	逸出功的测量	285
实验三十一	微波实验	290
实验三十二	锁相放大器的原理及应用	301
实验三十三	单光子计数	313
实验三十四	调整小型棱镜摄谱仪	323
附表	基本物理常数1986年推荐值	327

常用仪器目录

(括号内为实验题号及附录代号)

小型摄谱仪(1A)	5
恒偏向棱镜(34A)	325
平面光栅摄谱仪(6A)	47
映谱仪和铁光谱图(1B)	7
比长仪(1C)	8
单色仪(13)	114
原子吸收分光光度计(7)	51
法布里-珀罗标准具(5)	38
扫描干涉仪(9)	79
氩离子激光器(13)	121
氮氛激光稳频器(8)	63
X光机(14)	125
电子衍射仪(17)	157
盖革-弥勒计数管(18)	167
定标器(18)	168
γ 能谱仪(19)	176
多道分析器(20)	191
时间谱仪(21)	199
机械真空泵(25)	238
油扩散泵(25)	243
吸附泵和离子泵(4B)	32
真空镀膜机(26)	255
复合真空计... (25)	244
质谱仪(22)	206
椭圆偏振仪(27)	259
微电流测试仪(2A)	14
函数记录仪(2B)	16
锁相放大器(32)	301
光子计数器(33)	313

1. 原子物理

实验一 氢原子光谱的研究

[引言]

氢原子的结构最简单，它的线光谱明显地具有规律，早就为人们所注意。各种原子光谱线的规律性的研究正是首先在氢原子上得到突破的。氢原子又是一种典型的最适合于进行理论与实验比较的原子。本世纪上半世纪中对氢原子光谱的种种研究在量子论的发展中多次起过重要作用。1913年玻尔建立了半经典的氢原子理论，成功地解释了包括巴耳末线系在内的氢光谱的规律。事实上氢的每一谱线都不是一条单独的线，换言之，都具有精细结构，不过用普通的光谱仪器难以分辨，因而被当作单独一条而已。这一事实意味着氢原子的每一能级都具有精细结构。1916年索末菲考虑到氢原子中电子在椭圆轨道上近日点的速度已经接近光速，他根据相对论性力学修正了玻尔的理论，得到了氢原子能级精细结构的精确公式。但这仍是一个半经典理论的结果。1925年薛定谔建立了波动力学（即量子力学中的薛定谔方程），重新解释了玻尔理论所得到的氢原子能级。不久海森伯和约丹（1926年）根据相对论性薛定谔方程推得一个比索末菲所得的在理论基础上更加坚实的结果；将这结果与托马斯（1926年）推得的电子自旋轨道相互作用的结果合并起来，也得到了精确的氢原子能级精细结构公式。尽管如此，根据该公式所得巴耳末系第一条的（理论）精细结构与不断发展着的精密测量中所得实验结果相比，仍有约百分之几的微小差异。1947年蓝姆和李瑟福用射频波谱学方法，进一步肯定了氢原子第二能级中轨道角动量为零的一个能级确实比上述精确公式所预言的高出1057MHz（乘以普朗克常数即得相应的能量值），这就是有名的蓝姆移动。直到1949年，利用量子电动力学理论将电子与电磁场的相互作用考虑在内，这一事实才得到了解释，成为量子电动力学的一项重要实验根据。

[实验目的]

学习摄谱、识谱和谱线测量等光谱研究的基本技术。

通过测量氢光谱可见谱线的波长，验证巴耳末公式的正确性，从而对玻尔理论的实际基础有具体了解。力求准确测定氢的里德伯常数，对近代测量所达到的精度有一初步了解。

[原理]

在可见光区中氢的谱线可以用巴耳末的经验公式(1885年)来表示, 即

$$\lambda = \lambda_0 \frac{n^2}{n^2 - 4} \quad (1)$$

式中 n 为整数 3, 4, 5, ...。通常称这些氢谱线为巴耳末线系。为了更清楚地表明谱线分布的规律, 将(1)式改写作

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{4}{\lambda_0} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right) = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (2)$$

式中 R_H 称为氢的里德伯常数。上式右侧的整数 2 换成 1, 3, 4, ..., 可得氢的其他线系。以这些经验公式为基础, 玻尔建立了氢原子的理论(玻尔模型), 并从而解释了气体放电时的发光过程。根据玻尔理论, 每条谱线对应于原子从一个能级跃迁到另一个能级所发射的光子。按照这个模型得到的巴耳末线系的理论公式为

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{(4\pi\epsilon_0)^2} \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3 c \left(1 + \frac{m}{M}\right)} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (3)$$

式中 ϵ_0 为真空中介电常数, h 为普朗克常数, c 为光速, e 为电子电荷, m 为电子质量, M 为氢核的质量。这样, 不仅给予巴耳末的经验公式以物理解释, 而且把里德伯常数和许多基本物理常数联系起来。即

$$R_H = R_\infty \left(1 + \frac{m}{M}\right)^{-1} \quad (4)$$

其中 R_∞ 为将核的质量视为 ∞ (即假定核固定不动) 时的里德伯常数

$$R_\infty = \frac{1}{(4\pi\epsilon_0)^2} \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3 c} \quad (5)$$

比较式(2)和(3), 可以看出它们在形式上是一样的。因此, (3)式和实验结果的符合程度, 成为检验玻尔理论正确性的重要依据之一。实验表明(3)式与实验数据的符合程度是相当高的。当然, 就其对理论发展的作用来讲, 验证公式(3)在目前的科学研究中已不再是个问题。但是, 由于里德伯常数的测定比起一般的基本物理常数来可以达到更高的精度, 因而成为调准基本物理常数值的重要依据之一, 占有很重要的地位。目前的公认值为

$$R_\infty = 10973731.534 \pm 0.013 \text{ m}^{-1}$$

设 M 为质子的质量, 则 $m/M = (5446170.13 \pm 0.11) \times 10^{-10}$, 代入式(4)中可得

$$R_H = 10967758.306 \pm 0.013 \text{ m}^{-1}$$

[实验仪器]

实验中需要的仪器为: 拍谱用的摄谱仪(见附录A), 寻找和辨认谱线的映谱仪和

铁谱图 (见附录 B), 测量谱线距离用的比长仪 (及附录 C), 氢谱光源和作为铁谱光源的电弧发生器。

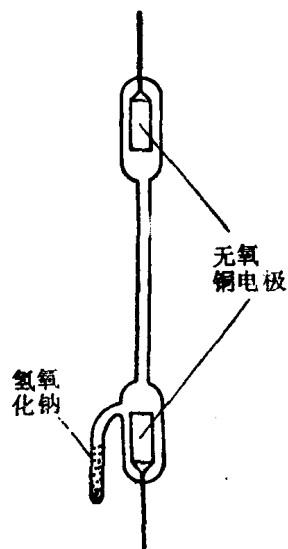


图 1-1 氢放电管

这里就氢谱光源作一说明。在充有纯净氢气的放电管的两端, 加适当的电压, 氢原子受到加速电子的碰撞被激发, 从而产生辐射。这样的过程即所谓辉光放电。辉光放电发出的光就可以作为氢谱光源。我们所用氢放电管中的氢是由下述方法获得的。在放电管的支管中装有氢氧化钠 (如图1-1所示), 氢氧化钠所吸收的水随时可以蒸发, 以保持放电管中有一定压强的水蒸气。通电后, 水蒸气离解为氧和氢, 氧被铜电极吸收, 于是, 放电管中只留下氢。使用这种放电管时切勿倒置, 以防氢氧化钠将支管口堵死。氢放电管的电源暂以“激光电源”代替。为了保护电源, 放电电流不要太大, 一般不要超过8mA。

[实验内容]

实验的主要内容就是测出氢光谱在可见区和近紫外区的谱线波长。测量波长的方法如下: 用摄谱仪在底片上并排拍下氢光谱和铁光谱。由于铁谱中各谱线的波长已由前人精确测定, 因此可以用铁谱作为尺子来测定氢谱线的波长。从底片上氢谱线相对于铁谱线的位置, 即可计算出氢谱线的波长。

为了并排拍下氢谱和铁谱以作为一组, 可利用摄谱仪的哈特曼光阑 (见附录 A)。在一组中, 由于铁谱线很多, 总可以在每根氢谱线附近找到两根铁谱线, 使一根的波长稍大于氢谱线的, 另一根稍小, 如图 1-2 所示。

谱片上谱线间的距离随波长差而增加, 在波长很接近时可以认为距离与波长差成正比。

量出选定的铁谱线间的距离 d 和氢谱线与一根铁谱线间的距离, 例如与波长较短的一根之间的为 x , 则

$$\lambda_H = \lambda_{Fe1} + \frac{\lambda_{Fe2} - \lambda_{Fe1}}{d} x \quad (6)$$

由此即可计算出该氢谱线波长。上式中各符号的意义不难从图1-2中看出。

为了拍摄出一张好谱片, 可参照以下方法进行。

1. 拟订摄谱计划。由于氢谱线强度彼此相差悬殊, 在相同的曝光时间下, 很可能

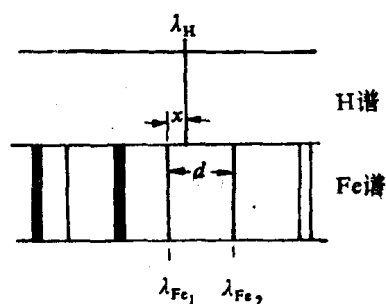


图 1-2 氢谱线波长的测定

强线已经很粗，而弱线却尚未拍出来。于是可采用不同的曝光时间拍两组（每组中都必须拍下并排的氢谱和铁谱），以便能分别照顾到氢谱中的强线和弱线。摄谱条件中包括波长鼓轮读数、物镜位置、底片匣位置和倾角、哈特曼光阑位置、光源和聚光镜位置、以及曝光时间等，都应事先订好。拍摄时逐项检查按计划进行（实验室有供参考的摄谱计划，可参照拟订）。

2. 在全黑的暗室中安装底片。应注意使乳胶面向着光源。

3. 准备好氢谱光源和铁谱光源。利用哈特曼光阑依次按计划拍摄。拍摄时可用停表或有秒针的挂钟计时，用遮光板控制曝光时间。在拍同一组光谱的过程中，拍摄次序要合理，做到严格保持底片匣不动，以保证氢谱和铁谱位置无相对错动。

由于氢光源较弱，拍摄时要将氢放电管平行地尽量靠近狭缝（勿与摄谱仪接触），使进入狭缝的光尽可能地强。铁谱光源的光通过透镜聚在狭缝上，使其成为直径约为一厘米的光斑即可。两种光源都用高压电源，必须注意人身安全，调整电极时必须先断电源，戴橡皮手套并站在橡皮垫上。调整电极与操纵电源要由同一人进行，以防多人配合不当，发生危险。对铁谱光源，还要戴防护镜以防紫外线伤眼。

4. 在暗室中冲洗拍好的底片，应遵照实验室给出的冲洗条件进行，培养科学的暗室工作习惯。冲洗毕用吹风机的冷风吹干。

5. 利用映谱仪找出全部拍下的氢谱线，并且利用铁谱图上标出的铁谱线测定它们的波长。直接在映谱仪上用钢尺进行测量，作为粗测。

6. 选择一根细而清晰的氢谱线，用比长仪（见附录C）进行精确测量。重复测量约十次。

[数据处理]

1. 从粗测的氢谱线波长求出其倒数。寻求合适的 n 值，使 $1/\lambda$ 和 $1/n^2$ 有直线关系，如(2)式所示。验证各 n 是否确为从3开始的各整数。由此所得的 $1/\lambda \sim 1/n^2$ 曲线与直线的拟合程度如何。以上可从以 $1/n^2$ 为横坐标和 $1/\lambda$ 为纵坐标的图上得出。由于可以测得很精确，图必须有足够的精度，运算时也应采用相应的计算工具。

2. 利用精测数据求该氢谱线的波长 λ 和误差。应分析主要的可能误差来源。在判明一切可能的人为系统误差都已在实验中避免掉时，推导相应的误差公式，求出测量结果的标准偏差。

3. 用精测所得 λ 值及相应的 n 值代入(2)式，求出氢的里德伯常数，并从 λ 的误差求出 R_H 测量值的误差。但要注意：铁谱图上所标是空气中的波长，并且我们的测量是在空气中进行的。在计算 R_H 时，应该以真空中的波长代入。空气的折射率为 $n=1.00029$ ，请思考如何作修正。将修正后的 R_H 值与公认值比较是否在误差范围内相符。

附录A 小型摄谱仪

[工作原理和结构]

小型摄谱仪与其他更精密摄谱仪相比具有结构简单,使用方便等特点,适合于分辨率要求不很高的光谱工作。它的主要结构如图 1A-1 所示。工作原理如下:从光源发出的光经过聚光透镜后照射在狭缝上。射入狭缝的光经过平行光管透镜变成平行光,然后在棱镜上发生折射。由于色散,不同波长的光以不同角度射出。这些光再经暗箱物镜而在暗箱后端的底片上聚成谱线,曝光后的底片冲洗出来就成为谱片。下面就各个部分作简单介绍。

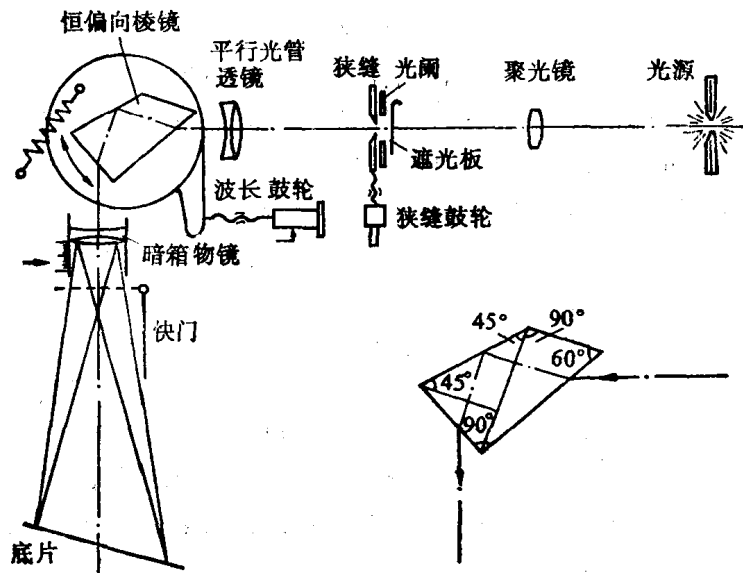


图 1A-1 小型棱镜摄谱仪原理图。附图中画出了中心波长的光线在恒偏向棱镜中的光路

1. **铁谱光源** 光源一般采用两根铁棒作电极,通过电弧或火花在电极间放电。电极支架可以上下、左右和前后调节,使发光点处于合适位置。

2. **聚光透镜** 使光源发出的通过透镜的光聚在狭缝上。为了充分和稳定地照亮狭缝以获得一良好光谱,聚光透镜到狭缝的距离以及光源到狭缝的距离都要比较适当。

3. **狭缝** 由两个特制刀片组成。狭缝宽度决定谱线的宽度和谱线的强度。缝宽可由一螺旋作精细调节,其上有一刻度轮供读数用。刻度轮上的一分格代表 0.005mm,与刻度轮配合的圆柱上标尺的每一分格代表 0.25mm。由于狭缝结构精细,缝的质量(刀片刃口几何形状是否规则)决定了谱线的质量。因此,它是决定摄谱仪质量的一个重要部分,但又极易受损,粗心的调节动作或碰撞都容易造成机械损伤。又因它常暴露在外面,室内尘埃和呼吸时的水汽都会使它沾污以致受损,因此必须特别加以维护。

4. **棱镜** 小型摄谱仪的分光元件为一恒偏向棱镜,其中的光路如图 1A-1 的附图

所示。置棱镜的小台，可通过调节螺旋使之转动。螺旋外附一鼓轮，称为波长鼓轮。将小台调到某一方位时，相应地有某一称为中心波长的光线以 90° 的偏向角自棱镜射出。相应光线的波长值可由波长鼓轮上的读数来确定（详见实验三十四）。如果是用底片拍摄，同时可拍很多谱线，这时应将鼓轮置于一定的读数上以保证全部谱线清晰，并使所研究的各谱线在谱片上的位置适当。

5. 底片匣 安装底片的底片匣又称暗匣，它的结构如图1A-2所示。背面有一匣盖，打开后可将底片放入，压上一块铁片使底片平整，然后盖严用小铁片按紧。正面有一个挡板。将底片匣装在暗箱上之后，摄谱时必须将挡板抽出（但不能抽走，以免漏光）。才能使底片曝光，摄谱时不要忘了。

底片尺寸约 $80 \times 30\text{mm}$ 。摄谱时狭缝像的高度不到 4mm 。因此，一次曝光后底片上只有很窄的一条会感光。如果上下移动一下底片匣，就可以在底片上未感光部分再拍，从而在一张底片上拍下多排谱线。底片匣架旁有一个标尺用于指示底片匣的上下位置，便于多组曝光。摄谱前必须注意标尺上读数，防止重拍或其他错误。

6. 光阑 狭缝前有一用金属片制成的光阑，其形状如图1A-3所示。用它来遮挡狭缝使光线只能通过狭缝全部高度的一段。光阑分为两部分：（1）右侧燕尾形的部分称为V形光阑。把这部分挡在狭缝前，就可以随着光阑的左右移动来调节狭缝的有效高度（允许光通过的高度）。（2）为了精确比较两排谱线（两次拍得的）中谱线的波长，就要用中间的哈特曼光阑。它有三个方形孔，下孔的上端与上孔的下端在同一直线上（图1A-3）。左右移动光阑，可以使光先后通过不同小孔而照亮狭缝上相邻两段，效果就和狭缝在上下移动一样。因此可保持底片匣（及底片）不动而依次用相邻两小孔拍两个谱，就能获得并排而又无相对错动的两个光谱，即相同波长的两条谱线在底片上将落在同一根直线上。这样才可能进行波长的比较或测定。我们用的哈特曼光阑上有上中下三个孔，可拍三个并排的谱。究竟哪一个孔对准狭缝，可由光阑上左侧的刻线指出。

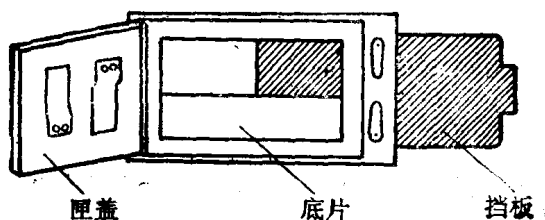


图 1A-2 底片匣

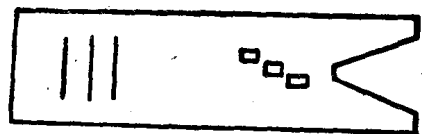


图 1A-3 光阑

光阑的移动用手操作，动作必须轻缓。拍同一组谱片时，应特别注意切勿触动底片匣（即使是百分之一毫米的左右移动，也会造成不能容忍的误差）。

7. 遮光板 装在光阑外边，可以使光路封闭或打开以控制曝光时间。在仪器不用时遮光板还起防尘作用。

[注意事项]

1. 摄谱仪是贵重精密仪器，使用时必须小心爱护。特别是狭缝，实验室已调好，

不宜再动。仪器不用时，要随时关闭遮光板和装上底片匣，以保护狭缝和防尘。

2. 调节光源时，必须按安全操作规程进行。

附录B 映谱仪和铁光谱图

映谱仪和铁光谱图配合起来供辨认谱片和寻找谱线使用。一般谱片上有很多谱线，又都很细，用肉眼难以观察。映谱仪实际上是一个投影仪，把底片投影在白色屏上，放大约20倍以便观察。放置谱片的谱片架可以用两个把手前后、左右移动，用以观察谱片的不同部位。调节镜头位置可以获得谱线清晰的像。

谱片上每一根谱线的波长是多少，每根属于什么元素，这些都可以通过和纯铁谱的比较来确定。铁的谱线极多，而它的各根谱线的波长多已精确测定，将拍好的纯铁光谱放大，制成图片，就是铁谱图。图上标明谱线的波长，就成为一把很好的“尺子”。从拍摄的谱片上待测谱线相对于铁谱线的位置，就可以很容易估计出该谱线的波长（利用公式(6)）。铁谱图上还标有各元素的较强谱线位置，可以根据谱片上谱线的位置，查明它是属于哪一个元素的。

辨认谱线的步骤如下：

1. 直接用肉眼观察谱片，确定哪一侧波长长，哪一侧波长小。波长长的一侧背景较强，这是热辐射的连续光谱造成的。

2. 将谱片波长长的一侧放在左边，乳胶面向上，置于映谱仪谱片架上。接通光源电钮，调节放大镜头使成像清晰，找到所拍的铁谱。注意，跟谱片上相反，这时波长长的部分在右侧，依次向左波长逐渐减小，与铁谱图上相同以便比较。

3. 找出铁谱图的第21号图片，在4950~4850 Å附近有四条很强、排列比较整齐的铁谱线，因为它外形特殊而附近没有什么很强的谱线，易于寻找，所以一般都以它作为起点。左右移动谱片，在映谱仪白屏上找到上述四根线。然后根据铁谱上的谱线分布花样，依次向左（波长逐渐减小）或向右（波长逐渐增大）逐段查对，直到找到所要辨认的谱线。辨认铁光谱时，建议只注意很强的，或排列有特点的谱线，这样易于和铁谱图对照。

附录C 比长仪

比长仪是一种精度较高的测量距离的仪器，实验室现有的6W型比长仪的外型如图1C-1所示。它是用两个显微镜相互配合来测量距离的，左边一个是看谱显微镜，右边一个是读数显微镜。显微镜下的置片台，可以通过转动微移转轮而左右移动，也可以松开制动螺丝（在置片台左部，图中因遮挡掉未画出）而直接推动。读数用的主标尺固定在置片台上，每分格为1mm。当置片台载着谱片左右移动时，主标尺也随着一起移动。因此，谱片的移动直接反映在主标尺的移动上。

主标尺移动的距离要通过读数显微镜进行测量。在读数显微镜的视场中，有一个固定不动的横向标尺，称为副标尺，见图1C-2。副标尺共分10格，每格为0.1mm。当主