



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 大学物理实验 (第二版)

■ 李相银 主编    ■ 徐永祥 王海林 王志兴 副主编



高等教育出版社  
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 大学物理实验

(第二版)

李相银 主 编

徐永祥 王海林 王志兴 副主编

高等教育出版社

## 内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是在第一版普通高等教育“十五”国家级规划教材的基础上,按照教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导分委员会制定的《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》(2008年版)编写的。本书以培养学生自主性学习、研究性学习能力为宗旨,以开放式实验教学为手段,以分层次、递进式教学(基础性实验、提高性实验、研究性实验或创新性实验)为主线,重点突出了学生科学实验素质的培养,将基础性实验、设计性实验与研究或创新性实验有机地结合起来,更具有启发性、研究性和实用性,层次分明,便于学习,适用于不同类型学校和不同层次教学的需要。

全书共分三篇。第一篇:实验基础知识和基础实验;第二篇:提高性实验(综合性实验、设计性实验);第三篇:研究性实验(专题性实验常用仪器介绍、研究与创新性实验)。

本书可作为高等学校理工科专业的教材,也可作为相关专业技术人员和其他人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/李相银主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2009.6

ISBN 978-7-04-026493-7

I. 大… II. 李… III. 物理学-实验-高等学校-教材 IV. 04-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第067730号

策划编辑 刘伟 责任编辑 张海雁 封面设计 于文燕  
责任绘图 尹莉 版式设计 余杨 责任校对 王超  
责任印制 韩刚

出版发行 高等教育出版社  
社址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
总机 010-58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印刷 廊坊市科通印业有限公司

开本 787×960 1/16  
印张 27.75  
字数 520 000

购书热线 010-58581118  
免费咨询 400-810-0598  
网址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landracom.com>  
<http://www.landracom.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版次 2004年12月第1版  
2009年6月第2版  
印次 2009年6月第1次印刷  
定价 32.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 26493-00

# 前 言

物理实验课程是时代性、社会性十分强的一门课程。许多现代高新技术是随着物理学及物理实验为代表的基础学科的成长而发展起来的,如20世纪60年代的电子计算机技术,70—90年代迅速发展的高分子、半导体、激光、光学显微术、高温超导、激光生物医学、纳米等技术。可以说,物理学与物理实验是自然科学的重要基础,是培养高素质人才必须具备的自然科学素养之一。

本书是以教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导分委员会制定的《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》为指导编写的大学物理实验教材,是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。教材的编写以培养学生“宽实验基础、获取新技术实验能力基础、具备科技实验创新基础”为目的,以开放式实验教学为手段,以分层次、递进式(基础性实验、提高性实验、研究性实验或创新性实验)为教学体系,将物理实验课程教学融于本科生整个培养过程,层析分明,便于学习,彰显了物理实验课程在人才培养中的作用和地位。

在教材编写过程中,以学生自主性学习、研究性学习是培养学生创新能力的重要基础作为指导思想,凝练了一批实验课程建设和科研成果转化而来的内容,以深化教学内容和技术研究,不仅涉及面广,而且内容新颖,具有启发性、研究性和实践性。不同类型的学校与专业,可根据其特点及实际需要,灵活选择实验内容。针对本科生的学习特点,提出了创新性实验指导思想,即:“创新性实验是培养学生实验创新能力的重要基础,激发学生的实验兴趣和拓展学生的实验个性是创新性实验的目的,注重实验过程创新是创新性实验的原则,总结创新性实验成败原因是创新性实验的结果”。

全书共10章,分为三篇。第一篇:实验基础知识和基础实验(1—6章),主要内容有:测量误差、数据处理方法、常用实验方法、基本测量仪器介绍、力学和热学实验、电磁学实验、光学实验。第二篇:提高性实验(7—8章),主要内容为综合性实验和设计性实验。第三篇:研究性实验(9—10章),主要内容为专题性实验仪器介绍和研究与创新性实验。

物理实验教学是一项集体事业,从实验仪器的制作、购置到实验的编排和实验内容的撰写,都需要许多教师和实验员同志长期的努力与改进,本书就是南京理工大学物理实验中心集体劳动的成果。

本书由李相银、徐永祥、王海林、王志兴等负责编写。李相银担任主编,统编

全稿。书中1—3章由李相银、严伟编写,第4章由李相银、王海林、袁俊编写,5—6章由李相银、王海林、徐永祥、杨庆编写,第7章由李相银、王海林、徐永祥、王晓雄、陈恺、王海燕、蒋剑莉、马春光、王茂香、司嵘嵘编写,第8章由李相银、王海林、徐永祥编写,第9章由徐永祥、王晓雄、陈恺、李相银编写,第10章由李相银、王志兴、王海林、徐永祥、王晓雄、严伟编写。在编写过程中,参阅了一些编著者的著作和文章,在参考文献中未能一一列出,谨在此一并向他们表示诚挚的感谢和敬意。

由于编者水平有限,书中难免还存在缺点和不妥之处,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

2008年9月于南京

# 目 录

绪论 .....	1
----------	---

## 第一篇 实验基础知识和基础实验

<b>第 1 章 测量误差及其数据处理方法 .....</b>	<b>11</b>
1.1 测量与误差的关系 .....	11
1.2 测量结果误差估算及评定方法 .....	16
1.3 直接测量结果误差估算及评定方法 .....	20
1.4 间接测量结果误差估算及评定方法 .....	22
1.5 有效数字及其运算 .....	28
1.6 常用数据处理方法 .....	31
1.7 数据处理在物理实验中的其他应用 .....	40
<b>第 2 章 常用物理实验方法 .....</b>	<b>44</b>
2.1 比较法 .....	44
2.2 放大法 .....	45
2.3 补偿法 .....	46
2.4 转换法及传感器 .....	47
2.5 模拟法 .....	53
2.6 测量宽度展延法 .....	54
<b>第 3 章 一般常用基础性物理实验测量仪器介绍 .....</b>	<b>55</b>
3.1 长度测量仪器 .....	55
3.2 时间测量仪器 .....	65
3.3 质量测量仪器 .....	68
3.4 温度测量仪器 .....	74
3.5 电流测量仪器 .....	77
3.6 电压测量仪器 .....	80
3.7 电阻、电容和电感测量仪器 .....	83
3.8 常用光学仪器 .....	85
参考文献 .....	92
<b>第 4 章 力学和热学实验 .....</b>	<b>93</b>
实验 1 刚体转动惯量的测定 .....	93
实验 2 金属杨氏模量的测量 .....	99
实验 3 固体线膨胀系数的测定 .....	102
实验 4 高温超导体电阻 - 温度测量的研究 .....	107

实验 5	液体表面张力系数的测定 .....	114
实验 6	用稳态法测定橡胶板导热系数 .....	117
实验 7	气体比热容比的测定 .....	123
实验 8	用波尔共振仪研究受迫振动 .....	129
实验 9	声速测定 .....	138
参考文献	.....	145
<b>第 5 章</b>	<b>电磁学实验 .....</b>	<b>146</b>
实验 10	弱电流测量及 PN 结物理特性的研究 .....	147
实验 11	直流电桥 .....	151
实验 12	半导体热敏电阻特性研究 .....	159
实验 13	伏安特性曲线的测绘 .....	164
实验 14	示波器的使用 .....	167
实验 15	霍尔效应法测量磁场 .....	177
实验 16	磁阻效应 .....	184
参考文献	.....	188
<b>第 6 章</b>	<b>光学实验 .....</b>	<b>190</b>
实验 17	双棱镜 .....	191
实验 18	牛顿环 .....	193
实验 19	氢原子光谱 .....	198
实验 20	衍射光栅 .....	203
实验 21	光的偏振特性实验研究 .....	207
实验 22	迈克耳孙干涉仪 .....	216
实验 23	旋光效应 .....	223
实验 24	双光栅实验研究 .....	226
<b>第二篇 提高性实验</b>		
<b>第 7 章</b>	<b>近代物理和综合性实验 .....</b>	<b>233</b>
实验 25	光电效应和普朗克常量测定 .....	233
实验 26	全息照相 .....	238
实验 27	弗兰克 - 赫兹实验 .....	245
实验 28	微波分光计 .....	250
实验 29	核磁共振 .....	254
实验 30	铁磁共振 .....	259
实验 31	光磁共振 .....	263
实验 32	顺磁共振 .....	272
实验 33	表面磁光克尔效应 .....	278
实验 34	脉冲固体激光器的输出特性 .....	282
实验 35	多普勒效应 .....	288

实验 36 锁定放大器测量微弱信号 .....	291
实验 37 法拉第 - 塞曼效应 .....	298
实验 38 光纤通信 .....	305
实验 39 纳米微粒材料制备 .....	309
参考文献 .....	316
<b>第 8 章 设计性实验 .....</b>	<b>318</b>
实验 1 用气垫导轨测定物体倾斜时的运动加速度 .....	318
实验 2 测量重力加速度 .....	319
实验 3 弦驻波法测定音叉固有频率 .....	319
实验 4 用弦音仪测定弦上传播的横波波速 .....	320
实验 5 组装电阻表 .....	321
实验 6 用示波器测量电容 .....	322
实验 7 用补偿法测量电流 .....	323
实验 8 用 $RLC$ 谐振电路法分析谐振电路的选频特性 .....	323
实验 9 用激光反射法间接测定光学黑匣子中物体的形状 .....	324
实验 10 用溶胶 - 凝胶法制备纳米 $TiO_2$ 薄膜 .....	324
实验 11 用迈克耳孙干涉仪测量空气折射率 .....	325
实验 12 测定未知光波长及角色散率 .....	326
实验 13 用霍尔效应测量通电线圈的匝数 .....	327
实验 14 液体体膨胀系数测量 .....	328
实验 15 用劈尖法测量细丝的直径 .....	328
实验 16 用自准直法测凹透镜焦距 .....	329
实验 17 用 Lou's 效应测定透镜焦距 .....	329
实验 18 混合法测定金属的比热容 .....	330
实验 19 透明薄膜折射率(或厚度)的测量 .....	331
实验 20 薄膜光吸收系数的测量 .....	332
实验 21 使用分光计测量三棱镜材料的折射率 .....	333
实验 22 用全息方法制作光栅 .....	333
实验 23 测量铜丝的电阻温度系数 .....	334
实验 24 用偏振片设计角位移传感器 .....	335
实验 25 阻尼对摆轮受迫振动特性影响的测量 .....	336
实验 26 水中声速与温度关系测量 .....	336
参考文献 .....	337

### 第三篇 研究与创新性实验

<b>第 9 章 专题性实验常用仪器介绍 .....</b>	<b>341</b>
9.1 $B-H$ 特性测试仪 .....	341
9.2 四探针测试仪 .....	345



9.3 单光子计数实验系统 .....	348
9.4 色度测量仪 .....	350
9.5 紫外近红外光谱仪 .....	353
9.6 双光束紫外可见分光光度计 .....	355
9.7 荧光分光光度计 .....	358
9.8 激光拉曼光谱仪 .....	361
9.9 椭偏仪 .....	364
9.10 1.5 GHz 矢量网络分析仪 .....	367
9.11 移相式数字波面干涉仪 .....	372
9.12 扫描探针显微镜 .....	374
9.13 超声探伤仪 .....	377
9.14 激光光束分析仪 .....	381
9.15 HD150 手持激光测距仪 .....	384
9.16 自动粉末压片机 .....	387
9.17 可拆卸装调方便小型 TEA CO <sub>2</sub> 激光实验仪 .....	389
参考文献 .....	391
<b>第 10 章 研究与创新性实验 .....</b>	<b>394</b>
实验 1 Co 掺杂 ZnO 薄膜的磁光克尔效应研究 .....	395
实验 2 Mg 掺杂 ZnO 薄膜的光谱研究 .....	398
实验 3 双电极对间距及放电脉冲时间选择研究 .....	400
实验 4 多电极对脉冲放电同步触发时的能量增强效应研究 .....	402
实验 5 纳米 ZnO 薄膜的反射和偏振特性研究 .....	404
实验 6 毫米量级口径的球面曲率半径的测量 .....	405
实验 7 用牛顿环法测量光纤连接器端面的顶点偏移 .....	406
实验 8 光纤弯曲损耗实验研究 .....	408
实验 9 磁阻传感器测量地磁场 .....	410
实验 10 亥姆霍兹线圈扩展应用研究 .....	413
实验 11 条码定位测长技术应用研究 .....	414
实验 12 超导磁悬浮力测量研究 .....	417
实验 13 激光束在水中传输特性的研究 .....	420
实验 14 生物组织光学特性测试方法研究 .....	421
实验 15 声波在水中的传播特性和水中目标探测的研究 .....	424
实验 16 激光束发散角在空间的传输特性研究 .....	426
实验 17 气体组分对 TEA CO <sub>2</sub> 激光器输出特性影响的研究 .....	429
实验 18 非金属材料线膨胀系数精密测量研究 .....	431

# 绪 论

科学实验是科学理论的源泉,是工程技术及其应用的重要基础。物理学是以实验为基础的科学,物理规律的发现、理论的建立及物理学自身的不断发展,都离不开物理实验。

纵观历史上各次科学与产业革命,它们的形成都根源于以实验为基础的物理学理论的突破。经典力学体系的建立与热力学的发展使人类进入了纺织机、蒸汽机时代;电磁学理论的建立使人类迈入了电气化时代;原子物理学与量子力学的发展,又促进了原子核、半导体、激光及计算机技术的迅猛发展。随着物理新材料理论与实验的研究,纳米材料、光电子学材料的发明及其应用已成为现实。21世纪的物理学不仅是自然科学的重要基础,它的发展也必将是高新技术发展的源泉和先导,可以说,以实验为基础的物理科学,是培养高素质人才必须具备的自然科学基础知识之一。

## 一、大学物理实验课程体系、内容及要求

大学物理实验是高等学校公共基础教学的一个重要组成部分,同时又是培养和训练学生自主性学习和研究性学习的开端。现代科学技术发展迅猛,要求对学生的培养目标必须与之相适应。以《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》为指导,将物理实验教学融于本科整个培养过程,以分层次、递进式教学(从基础性实验、提高性实验到研究性实验)为课程体系,着重强化实验基本技能、方法与物理实验思想的训练。实验教学内容以现代培养观点为指导,改变传统的实验教学思想,使实验课程体系与内容体现时代性、特色性和实用性。在着重培养和训练实验基本技能、方法和物理实验思想的基础上,加强设计性实验和创新性实验能力与素质的培养。在实施过程中,以五个结合为核心,以全面提升物理实验课程在人才培养中的作用和地位。

### 1. 基础实验与现代化教学手段相结合

充分利用网络技术、多媒体教学软件等现代化教学手段,不断丰富教学资源,拓宽教学的时间和空间,为满足学生个性化教育、全面提高学生科学实验素质提供良好的教学环境。例如,在教学过程中,根据实验的内容和性质,配置CCD摄像及显示系统、多媒体课件等,增强内容的直观性和实验效果;利用网络教学进行在线答疑等互动,开展仿真实验。

### 2. 实验技能的训练与实验设计方法及实验技术的进展相结合

作为基础课的物理实验,其目的与作用,并不是粗略地去验证理论,而是在进行实验技能训练的同时,培养科学的实验素质. 在实验内容的安排上,注重实验技能训练与实验设计的原理、方法有机结合. 例如,三线摆转动惯量与智能化惯量实验仪并存;分立元件组装的低电阻测量与型号产品低值电阻实验仪并存;可拆卸固体激光器与测量参量的固体激光器相并存等. 前者突出实验技能训练,后者突出实验仪器整体结构设计的训练,这种方法有利于学生科学实验素质的培养与提高.

基础实验与新技术并存,原则上每个实验大类配置 1~2 台反映现代技术水平和物理实验原理、方法紧密结合的实验仪器,例如:基本长度实验类中配置激光测距仪、数字式水准仪等;光谱和光栅实验中配置光栅光谱仪、全息头盔目镜等;电磁学类实验中配置 B-H 特性测试仪、磁光克尔效应实验仪、电光效应和磁光效应实验仪,等等. 通过基础实验的训练与现代技术实验仪器的观摩相结合,有利于学生在基础实验过程中了解现代技术的发展及应用,有利于拓宽学生知识面,引领学生站在新技术实验领域高度来审视实验技术发展的过程,激发学生的实验兴趣.

### 3. 实验教学模式与科学实验素质的培养与提高相结合

以学生为主体,采用启发式、讨论式等教学方式,突出学生学习的自主性,激发学生的实验兴趣与积极性. 例如,通过热电偶测量温差实验,引导学生查阅资料,了解其他测温方法,如辐射测温法、声学测温法、核定向测温法、磁学测温法等. 又如,示波器实验中,有时会出现示波器扫描基线倾斜,或测得的信号周期与信号发生器输出信号的实际周期不吻合现象. 通过教师的启发和引导,可使学生找到排除简单故障的方法. 采用分层次、递进式教学模式,有利于提高学生的科学实验素质,促进学生解决新问题的能力. 例如,对薄膜厚度的测量,通过基础实验,使同学们掌握了劈尖干涉法;通过提高性实验,又使其学会了基于迈克耳孙干涉仪的白光干涉法;通过创新性实验,又使其进一步领会了椭圆偏振法. 再比如,在衍射光栅实验基础上,适时引导学生思考能否用两块光栅常量相同的光栅构成光栅腔,来测定平板玻璃的折射率和光束相干性;在弦驻波实验基础上,适时引导学生思考能否用此原理及方法测定流场的速度. 总之,科学的教学方法与循序渐进的教学模式,有利于激发学生的求知热情,提高学生的科学实验素质和创新意识.

### 4. 课程考试(考核)方式与实验综合能力的培养相结合

以学生为本,实施科学、规范的课程考核内容及方法,有利于学生实验综合能力的培养与训练,有利于提高物理实验课程在人才培养中的作用和地位. 课程考核内容及实验细则根据学校自身的特点确定. 现给出课程考核内容框架,以供参考.

(1) 考核分为三部分:基础性实验(60分)+提高性实验或设计性实验(35分)+研究性实验或创新性实验(25分),满分为120分(其中附加分为20分)。

(2) 评定等级:优,90—120分;良,80—89分;中,70—79分;及格,60—69分;不及格, $\leq 59$ 分。

(3) 凡总分超过100分的学生可推荐参加分院、校、省乃至全国各类大学生创新竞赛活动。

#### 5. 研究性实验与课外科技活动相结合

研究性实验是启发学生科学思维和培养创新能力的重要手段之一。采用课堂教学与课外科技活动相结合的教学模式,有利于激发学生的实验兴趣,拓展学生实验研究的个性,使学生在受到科研基本素质训练的同时,养成刻苦钻研、实事求是的科学作风,为培养高素质并具有创新精神的人才奠定基础。

在基础性实验和提高性实验基础上,为了培养学生研究性学习能力和创新能力,使学生尽早参加科研基础训练。在教材编写过程中,在参阅许多资料的基础上,介绍了一些专题性实验仪器,并结合本校物理实验中心科研项目及科研成果,安排了研究与创新性实验,给出了创新性实验原理、方法、提示和结果要求等内容,在此基础上,提供了一些创新性实验项目、原理及提示作参考,其涉及面广,内容新颖,尤其是工程技术中的单元技术研究内容,更具有启发性、研究性、实用性。

## 二、实验物理课程基本训练的有程序

学生在物理实验课程中通过对实验现象的观察、分析和对物理量的测量,加深了对物理学原理的理解。实验教学基本思想和程序归结为:实验思想→实验仪器→实验条件→实验方法→实验测量→实验分析→实验结果数据处理。根据这一教学思想和程序,学生应遵循的基本学习程序可分为以下三个阶段。

### 1. 实验前预习

由于实验课课内时间有限,课前必须预先熟悉实验内容,否则要在短短的课内时间完成整个实验无疑是困难的。在实验之前,应对待测物理量、实验原理、期待的结果等做到胸有成竹。若事先不了解,只是机械地按教材所述步骤看一步动一步,虽然获得了实验数据,但却不了解其含义,收获是不会大的,因此必须做好课前预习。预习一般以理解本教材所述原理为主,并大致了解实验具体步骤。为了使测量结果眉目清楚,防止漏测数据,应按实验要求拟好数据草表,注明文字、符号所代表的物理量及单位,并确定测量次数。

预习时,应撰写预习报告。预习报告内容主要包括:

- (1) 实验名称;
- (2) 实验目的;

- (3) 仪器设备;
- (4) 基本原理,包括重要的计算公式、电路图、光路图及简要的文字说明;
- (5) 数据草表.

其中,数据草表是供实验时记录实验数据用的.

## 2. 课堂实验

实验开始前,首先要熟悉一下将要使用的仪器(设备)的性能以及正确的操作规程,切忌盲目操作;其次是要全面熟悉实验操作步骤,不要急于动手,因误解一步或调错一次,都有可能使整个实验前功尽弃.

实际操作时应注意观察实验现象,尤其对所谓的“反常”现象,更应仔细观察分析,不要单纯追求“顺利”,要学会对观察到的现象随时进行判断,以确定正在进行的实验过程是否正常合理;对实验过程中出现的故障,要学会及时排除.

每次测量时应将数据记录在数据草表内,并注意其有效位数.若实验结果与实验条件有关,还应记下相应的实验条件,如当时的室温、湿度、大气压等.

实验结束后,要将测得的数据交给指导教师检查签字.对不合理或错误的实验结果,经分析后必须补做或重做.离开实验室前,应整理好使用过的仪器,做好清洁工作.

## 3. 撰写实验报告

实验报告是对当次实验的全面总结.撰写时,要以简单扼要的形式将实验结果完整而又真实地表达出来.报告要用统一规格的实验报告纸,要求文字通顺、字迹端正、图表规范、结果正确、讨论认真,并在规定时间内按时上交.

一份完整的实验报告通常包括下述内容:

- (1) 实验名称;
- (2) 实验目的;
- (3) 仪器设备;
- (4) 基本原理,包括重要的计算公式、电路图、光路图及简要的文字说明;
- (5) 数据表格及处理(包括计算和作图),这里的“数据表格”不同于预习报告中的“数据草表”,应该另行正规画出,并将数据草表中记录的原始数据填入数据表格中;
- (6) 实验结果;
- (7) 问题讨论;
- (8) 预习报告中的“数据草表”,应作为附件,附于实验报告之后.交实验报告时一并交给指导教师.

以上(1)~(4)部分内容,如无大的变动,就可以使用预习报告中的相应内容代替,而不必重写.

## 附 实验报告范例

学号  $\times \times \times \times \times \times \times$ 姓名  $\times \times \times$ 

一、实验名称：衍射光栅。

二、实验目的：测定光栅常量  $d$ ；用已知  $d$  的光栅测量未知谱线的波长。三、实验仪器：JJY 型分光计（最小读数  $1'$ ）、衍射光栅、汞灯（ $\lambda_{\text{绿}} = 546.07 \text{ nm}$ ）。四、实验原理：当平行光垂直光栅入射时，满足光栅公式  $d \sin \varphi = k\lambda$  ( $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ) 的光形成明线。由上式，如果已知波长  $\lambda$  和衍射级次  $k$ ，就可根据测得的衍射角  $\varphi$  求出光栅常量  $d$ ；如果知道光栅常量  $d$  和衍射级次  $k$ ，就可根据测得的衍射角  $\varphi$  求出相应光谱线的波长。

为了保证平行光入射与出射，并减小测量误差，在测量前必须将分光计调节到使用状态。分光计调好的标准为：平行光管能够发出平行光；望远镜能够接收平行光；平行光管光轴、望远镜光轴都要垂直于仪器的旋转主轴。

## 五、实验步骤

(1) 调节分光计。

(2) 将光栅放置在载物平台上，并注意让它与平行光管垂直，使光栅条纹垂直于旋转主轴。

(3) 测出绿谱线 ( $\lambda_{\text{绿}} = 546.07 \text{ nm}$ )  $\pm 1$  级和  $\pm 2$  级的衍射角，由光栅公式求出光栅常量  $d$ 。(4) 测出蓝谱线  $\pm 1$  级和  $\pm 2$  级衍射角，根据前面测得的  $d$  和光栅公式，求出蓝谱线的波长  $\lambda_{\text{蓝}}$ 。

## 六、实验数据

## (一) 测定光栅常量

亮纹级数	读 数			衍射角		$\sin \bar{\varphi}_k$	$\lambda/\text{nm}$	$d/\text{nm}$	$\bar{d}/\text{nm}$
	$\theta$	$\theta'$	平均	$\varphi_k$	$\bar{\varphi}_k$				
$k = 0$	$50^\circ 18'$	$230^\circ 17'$	$140^\circ 18'$						
$k = +1$	$30^\circ 5'$	$210^\circ 5'$	$120^\circ 5'$	$20^\circ 13'$	$19^\circ 13'$	0.3219	546.07	$1.659 \times 10^3$	$1.658 \times 10^3$
$k = -1$	$68^\circ 32'$	$248^\circ 32'$	$158^\circ 31'$	$18^\circ 13'$					
$k = +2$	$6^\circ 18'$	$186^\circ 18'$	$96^\circ 18'$	$44^\circ 0'$	$41^\circ 13'$	0.6590		$1.657 \times 10^3$	
$k = -2$	$88^\circ 45'$	$268^\circ 46'$	$278^\circ 46'$	$38^\circ 26'$					

## (二) 测定光波波长

亮纹级数	读 数			衍射角		$\sin \bar{\varphi}_k$	$d/\text{nm}$	$\lambda/\text{nm}$	$\bar{\lambda}/\text{nm}$
	$\theta$	$\theta'$	平均	$\varphi_k$	$\bar{\varphi}_k$				
$k = 0$	$50^\circ 18'$	$230^\circ 17'$	$140^\circ 18'$	$\varphi_k$	$\bar{\varphi}_k$				
$k = +1$	$34^\circ 23'$	$214^\circ 21'$	$124^\circ 22'$	$15^\circ 56'$	$15^\circ 13'$	0.2626	$1.658 \times 10^3$	435.4	435.8
$k = -1$	$64^\circ 47'$	$244^\circ 48'$	$154^\circ 48'$	$14^\circ 30'$					
$k = +2$	$16^\circ 52'$	$196^\circ 54'$	$106^\circ 53'$	$33^\circ 25'$	$31^\circ 45'$	0.5262		436.2	
$k = -2$	$80^\circ 23'$	$260^\circ 22'$	$170^\circ 23'$	$30^\circ 5'$					

计算对于标准值的相对误差:

$$\lambda_0 = 435.8 \text{ nm}$$

$$E = \left| \frac{\bar{\lambda} - \lambda_0}{\lambda_0} \right| \times 100\% = 0.2\%$$

## 七、问题讨论

(1) 光栅光谱和棱镜光谱有哪些不同之处?在上述两种光谱中,哪种颜色的光偏转最大?

答:光栅光谱和棱镜光谱采用不同的分光器件——衍射光栅和三棱镜得到。前者依据光栅方程 $d \sin \varphi = k\lambda$  ( $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ );后者根据不同波长的光在玻璃中的折射率不同——色散。在光栅光谱中,对于同一衍射级次 $k$ , $\lambda$ 越大 $\varphi$ 也越大,即红光偏转最大;在棱镜光谱中,由于 $\lambda$ 越大折射率越小,偏向角也越小,故紫光偏转最大。

(2) 当狭缝太宽或太窄时将会出现什么现象?为什么?

答:狭缝太宽时谱线太亮、太宽,所以会造成较大的测量误差;狭缝太窄时谱线亮度不够,甚至会造成找不到谱线。因此应该使狭缝宽窄合适。

(3) 入射光未垂直照射光栅所造成的后果:

从本次实验数据来看, $k$ 为正值时的衍射角均大于 $k$ 为负值时的衍射角。通过分析可知,这是由于入射光未垂直照射光栅所造成的,由此给实验带来了系统误差。

当光线以 $\theta$ 角入射光栅时,光栅公式变为

$$d(\sin \varphi + \sin \theta) = k\lambda \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

由于对正、负 $k$ 级而言, $\theta$ 值为一正一负,所以造成两边衍射角不相等。如果只取一侧的衍射角,代入 $d \sin \varphi = k\lambda$ 计算,则误差较大。在本实验中,由于把正、负同级衍射角取了平均,部分地消除了由此造成的误差。在测波长时,由于入射角 $\theta$ 不变,所以进一步抵消了由此造成的误差。

但是从操作技能等方面考虑,今后应尽量避免类似情况发生。

### 附 原始数据草表(略)

点评:这是一份比较好的实验报告.

(1) 在报告首页上方,写明班级、学号、姓名,可以避免与别人的报告搞混,也便于教师登记成绩,发还报告.

(2) 写明实验日期、时间,可供今后查阅.如能进一步注明环境条件,如气温、天气等,则会有更大的参考价值.

(3) 仪器一栏,写明了仪器型号,往往可以由此知道极限误差以及使用方法.

(4) 用自己的语言对原理作了概述,有主要公式.如能画上光栅衍射示意图则更佳.

(5) 数据表格清晰.在记录及处理数据时,遵循了有效数字运算规则.例如,由于仪器误差约为 $1'$ , $\varphi$ 在 $15^\circ \sim 42^\circ$ 范围内,故 $\sin \varphi$ 的末位在小数点后第4位;由于 $d = \frac{k\lambda}{\sin \varphi}$ , $\lambda$ 为5位, $\sin \varphi$ 为4位,故 $d$ 也取4位有效位数,等等.

(6) 发现了实验数据中的问题,并进行了一定的分析.这是一种值得提倡的科学态度.千万不能看到数据中的问题后,采用篡改数据的自欺欺人办法.

如果能进一步作定量的分析,收获可能会更大一些.

(7) 报告完整,并把原始数据附在报告最后一起交来,便于核对数据.

### 三、物理实验规则

为了保证基础实验教学的正常进行,培养同学严肃认真、实事求是的科学态度,培养善于思考、勤于动手的学习作风,特制定以下规则,望大家严格遵照执行.

(1) 实验前要充分做好预习准备工作,必须按要求写好预习报告,否则不得参加实验.上次实验的报告应在下次实验前交指导老师.

(2) 在实验中,应严格遵守课堂纪律和实验规程,正确操作,认真观测.要保持室内安静、整洁,严禁喧哗、嬉闹,禁止吸烟,禁止乱涂乱画,禁止随地吐痰,维护良好的实验环境.

(3) 对实验中使用仪器设备及实验结果,要作实事求是的分析,反对掩盖矛盾或弄虚作假的学风.原始数据应经教师审阅签字,实验结束后应整理好实验仪器,方可离开实验室.交实验报告时,必须附上原始测量数据.

(4) 要自觉爱护仪器设备,实验过程中应注意安全,未经教师许可不要擅自接通仪器电源等,光学仪器的玻璃加工面不要用手去触摸,不允许擅自擦拭,各组仪器不得擅自调换.

(5) 因故不能准时到课的学生,必须在课前向老师请假,经准许后方可安排补做实验,否则按旷课处理,缺交实验报告者,不得参加实验考试,实验成绩按不及格处理.



