



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

物理量测量

(第五版)

主编 袁文峰 王家政 张静华 刘瑞金



科学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

物理量测量

(第五版)

主 编	袁文峰	王家政	张静华	刘瑞金	
编 委	耿 雪	郝子文	孙 艳	刘玉金	李 强
	盛爱兰	穆晓东	王 军	杨赞国	王立刚
	赵玉辉	吴 兵	孙玉萍	贾福超	周 通
主 审	袁长坤	荣 玮			

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书根据《高等工业学校物理实验课程教学基本要求》编写而成,立意新颖,突出物理量的测量.全书分章节介绍了测量误差与数据处理,力学量、热学量与波动特征量测量,电磁学量测量,光学量测量,综合性实验,设计性实验;书末附表还给出了常用物理量表.书中列出的不同层次的实验,内容比较全面,强调学生基本测量技能的培养和科学观念、科学行为的养成教育.

本书可作为高等学校工科各专业本、专科及理科类学生的物理实验教材,也可供成人教育学院、函授大学和职工大学选用或参考.

图书在版编目(CIP)数据

物理量测量/袁文峰等主编.—5版.—北京:科学出版社,2019.1
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-03-060232-9

I.①物… II.①袁… III.①物理量-测量-高等学校-教材 IV.①O4-34

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 292738 号

责任编辑:窦京涛 / 责任校对:郭瑞芝
责任印制:师艳茹 / 封面设计:华路天然工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

石家庄继文印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年11月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2019年1月第 五 版 印张:28 3/4

2019年1月第十五次印刷 字数:580 000

定价:55.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第五版前言

物理量是构成物理知识的基础,也是反映物质现象、演绎物理规律的基本单元。在探索、验证、研究物质世界的性质和规律中,物理实验不可或缺,极其重要。物理实验通常以物理量的测量,从量的角度反映客观事物的性质,量度物质属性和描述其运动状态,从这个意义讲,物理量测量是物理实验的基础与根本。

《物理量测量》一书自出版以来,已历经四次修订。历次修订都十分重视“厚实基础,注重综合,与时俱进,注重创新”,具体表现为每次修订都十分重视充实基础物理实验,如力学量、热学量、波动学量、电磁学量、光学量的测量;历次修订都注意加强综合性物理实验;贴近社会时代发展,及时引进新的实验项目内容;越来越注重学生创新研究能力的培养,不断改进设计研究性实验内容。该书内容覆盖面广,实验内容由浅入深,实验项目按照基础性、综合性、设计研究性进行设计;实验仪器种类多,可以给学生提供广阔的实践研究平台;对标新工科要求,注重内涵和质量的提高,为大力培养和提高学生的实践能力提供了一个有效的工具。

较前四版,新版的显著特点是:随着实验仪器的更新,改进充实了部分基础性实验,如(惯性秤实验,不良导体的导热系数测量,金属比热容测量,弦振动研究,空气绝热指数测量)等实验项目;增加了数字电路的实验内容(如数字电表原理与万用表设计);光学量测量方面,改进了分光计的调节与使用、迈克耳孙干涉实验、透明材料折射率测量等实验项目;继续加大综合性实验内容,增加了太阳能电池基本特性研究、多普勒效应综合实验、偏振光综合实验、光敏传感器光电特性测试实验、温度传感器测试与半导体制冷控温实验等实验项目;进一步梳理了设计研究性实验,使其内容更趋合理科学,有效地提高了学生的设计能力和研究水平。

本次修订由袁文峰、王家政、张静华、刘瑞金任主编,编委有耿雪、郝子文、孙艳、刘玉金、李强、盛爱兰、穆晓东、王军、杨赞国、王立刚、赵玉辉、吴兵、孙玉萍、贾福超、周通。

袁长坤和荣玮教授对本书的编辑和修订提出了很多宝贵的意见和建议,并受邀担任本书的主审。

本书编写过程中参考和借鉴了其他兄弟院校的相关教材,在此表示衷心感谢!由于编者水平所限,书中的疏漏和不当之处在所难免,敬请读者不吝指正。

编者

2018年9月于山东理工大学

第四版前言

所谓物理实验,其实就是使用仪器仪表对相关物理量进行测量,不论是基础物理实验还是近代物理实验,概莫例外.有的物理量可以直接测量,有的物理量需要间接测量.通过物理量测量,可以验证物理学规律;也可以通过物理学规律,来创新物理量的测量方法.后者对培养学生的科学素养可能更为重要.

《物理量测量》一书出版以来,已经历三次修订.可以看出,以往历次修订都十分重视充实基础物理实验,如力学量、热学量、电磁学量、光学量的测量;历次修订都注意适当加强近代物理及综合性实验;历次修订越来越注重学生的创新能力培养,越来越注重设计性和应用性实验.该书实验项目内容覆盖面广,实验内容由浅入深,涉及实验仪器品种多,给学生提供实践研究的空间,对学生进行技能的培养和训练,使其养成良好的实验习惯和严谨的科学作风.

较前三版,新版的显著特点,是进一步加强了设计创新性实验.例如增加了光电设计及创新应用性实验 5 个(光照度计测量光照度、光功率计测量光照度、PSD 位移测量、光电转速里程测量、光电传感器的特性测量),光电探测综合实验 3 个(光敏电阻特性测试、光电二极管特性测试、光电三极管特性测试),光纤压力传感器测压力,以及感应式落球法测量液体黏度系数、用千分表法测量金属线膨胀系数、用悬丝耦合弯曲共振法测量金属材料杨氏模量、声速综合实验的研究等实验项目.让学生在掌握了大量的基础性试验的训练后,能有充足的设计性实验项目供他们选择,充分发挥学生动手和思考能力,进一步培养学生的自主研究能力,提高学生的设计水平和创新素质.

此次修订由袁长坤、张静华、袁文峰、王家政任主编,编委有耿雪、郝子文、闫兴华、刘玉金、李强、盛爱兰、穆晓东、王军、杨赞国.

荣玮教授对本书的编辑和修订提出了很多宝贵的意见和建议,并受邀担任本书的主审.

由于编者水平所限,错误在所难免,敬请读者指正.

编 者

2014 年 9 月于山东理工大学

第三版前言

《物理量测量》一书,从开始以《物理实验教程》为名出版,并在工科类大学投入使用,至今已经历了 17 个年头.期间经过更名及几次修订,使本书立意更加科学,内容更趋完善,编排更为合理,受到同行专家的好评.

我们知道,大学物理实验不只是对物理学理论的简单应用,也不只是对传统物理实验项目的机械重复,最重要的是让学生熟悉基本的科学仪器的使用方法,掌握常规物理量的测量方法,在此基础上设计物理量的测量方法和编制实验程序.概言之,大学物理实验承担了对学生进行科学实验的基础训练的功能.我们这次修订就是以进一步使学生得到科学实验训练为目的,除了更新一些必要的实验项目外,着力加强了设计性实验.本书由修订前的 11 个设计性实验项目增加到 17 个,覆盖了力学、热学、电磁学、光学和近代物理学.这样不仅可以方便实验指导教师增加设计性实验,同时也扩大了学生选择设计性实验项目的余地.

此次再版由袁长坤任主编,王家政、张静华、袁文峰任副主编,参加编写的有耿雪、郝子文、闫兴华、刘玉金、李强、盛爱兰、穆晓东、王军、杨赞国.

荣玮教授对本书的编辑和修订提出了很多宝贵的意见和建议,并受邀担任本书的主审.

在本书编写和修订过程中,得到了科学出版社及山东理工大学有关部门的鼎力支持和热情帮助,征求了许多实验指导教师的意见,也借鉴了兄弟院校的宝贵经验,在此一并致以诚挚的谢意.

由于编者理论水平和实践经验有限,书中疏漏和不妥在所难免,诚望读者不吝指教.

编 者

2012 年 11 月于山东理工大学

第二版前言

科学实验大多要涉及物理量的测量,在工程技术中,测量物理量的大小也是必不可少的.因此,对于理工科的学生来说,物理量测量是培养学生科学行为、训练学生基本技能不可或缺的重要课程之一.

大学物理实验教材《物理量测量》出版以来,以其新颖的立意,宽泛的内涵,系统而全面的内容受到使用者的青睐,在教学实践中收到了较好的效果.

随着科学技术的不断进步,仪器设备的更新换代,物理量测量的方法也不断得以改进.为了适应测量方法的改进,编者认为有必要对原书进行修订,删去某些相对过时的内容,增加若干新的测量方法.例如,随着科学技术的发展,微位移测量技术也越来越先进,这次新增加的实验项目“霍尔元件传感器测量杨氏模量”,采用先进的霍尔位置传感器,利用磁铁和集成霍尔元件间位置的变化输出信号来测量微小位移,并将其用于梁弯曲法测杨氏模量的实验中.又如以往测量导热系数和比热大多采用稳态法,使用稳态法要求温度和热流量均要稳定,因而导致重复性、稳定性、一致性较差,测量误差大.为了克服稳态法测量误差大的问题,此次引进了“准稳态法测导热系数和比热”.再如“用硅压阻式力敏传感器测量液体的表面张力系数”,用硅半导体材料制成的硅压阻式力敏传感器灵敏度高、稳定性好,并可以使用数字电压表直接读数.

此次修订版由袁长坤任主编,王家政、郝子文、闫兴华任副主编.参加编写的有刘玉金、李强、盛爱兰、穆晓东、耿雪、王军、张静华、杨赞国、袁文峰.

本书由荣玮教授主审,他对本书的编写给予了极大的鼓励和支持.

全书编写中,采纳了物理实验中心多年来的实验教学改革及实践的成果,征求了许多实验指导教师的意见,也吸收了兄弟院校的宝贵经验,在此表示衷心的感谢.

由于编者水平有限,时间仓促,书中不妥和疏漏之处在所难免,敬请专家和读者不吝批评指正.

编 者

2009年7月

第一版前言

世界是物质的,研究物质的基本结构和运动规律是物理学的任务.科学地、理性地、正确地研究物质世界的方法,就是伽利略首先倡导并身体力行的实验方法.迄今为止,在研究、验证、探索物质世界的性质和规律中,实验仍然是极其重要、不可或缺的手段.物理实验通常以测量物理量来验证物理定律或检测物质的性质.从这个意义上讲,物理实验就是对物理量的测量,大学物理实验也是如此.

在工科院校众多的实验课中,只有“大学物理实验”单独设课.这是因为“大学物理实验”课不是“大学物理”课的附属或延续,它具有自己独立、独特的教学目的和任务.仅就学习各种基本仪器的使用,掌握各种物理量的测量方法而言,它对理工类各专业学生今后的学习和工作都具有重要的意义.

当今任何重大科学发现或高技术的发展,只要与物质有关,都会与物理量测量或多或少相关联.无论是机械制造、交通运输、电子通讯,还是生命科学、考古学,甚至是历史学研究领域,只要是涉及自然科学的,无一不存在对物理量的测定问题.基于上述考虑,将《大学物理实验》定名为《物理量测量》以显示其宽泛、深厚的内涵.

本书是编者根据《高等工业学校物理实验课程教学基本要求》,以1996年出版的《物理实验教程》为基础,结合编者多年教学实践,修改补充而成.

全书共分7章.首先介绍了不确定度和误差处理,以及部分仪器的使用,然后以物理量测量为主线,介绍了力学量、热学量和波动特征量的测量,电磁学量测量,光学量测量和近代物理与综合性实验,以及设计性实验.教学中,不一定按教材中顺序进行.

在具体实验项目选取上,力求新颖、现代.在编写中,力求做到实验原理叙述清楚、计算公式推导完整、实验步骤简明扼要,以适应大学物理实验独立设课的要求.

本书由袁长坤任主编,武步宇、王家政、闫兴华任副主编.参加编写的有刘玉金、李强、盛爱兰、穆晓东、耿雪、王军等.

本书由荣玮主审.

编写中,参考了兄弟院校的有关教材,在此表示衷心感谢.

由于编者水平有限,疏漏和错误在所难免,恳请读者不吝批评指正.

编 者

2004年4月

目 录

第五版前言

第四版前言

第三版前言

第二版前言

第一版前言

绪论	1
第 1 章 测量误差与数据处理	5
1.1 测量、误差及不确定度	5
1.1.1 测量与误差	5
1.1.2 误差的处理	7
1.1.3 测量结果的不确定度	9
1.1.4 直接测量结果的不确定度	10
1.1.5 间接测量结果的合成不确定度	11
1.2 数据处理	12
1.2.1 测量结果的有效数字	12
1.2.2 数据处理	14
第 2 章 力学量、热学量与波动特征量测量	19
2.1 力学、热学量测量基本知识	19
2.1.1 长度的测量	19
2.1.2 质量的测量	20
2.1.3 时间的测量	21
2.1.4 温度的测量	21
2.2 密度测量	22
2.2.1 游标卡尺、螺旋测微计与天平的使用	22
2.2.2 液体与不规则物体密度的测量	29
2.3 惯性秤实验	30
2.4 物理摆实验	36
2.4.1 单摆法测重力加速度	36
2.4.2 复摆法测重力加速度	37
2.5 转动惯量测量	40

2.5.1	扭摆法测物体的转动惯量	40
2.5.2	转动惯量仪的使用	46
2.6	杨氏模量测量	49
2.6.1	拉伸法测量杨氏模量	50
2.6.2	梁弯曲法测量杨氏模量	56
2.6.3	霍尔元件传感器测量杨氏模量	60
2.7	液体表面张力系数测量	66
2.8	不良导体的导热系数测量	70
2.9	金属比热容的测量	75
2.10	金属线膨胀系数测量	80
2.11	冰的熔解热测量	83
2.12	弦振动研究	87
2.13	空气绝热指数的测量	93
2.14	液体黏滞系数的测定	97
第3章	电磁学量测量	103
3.1	电磁学量测量基本知识	103
3.2	电表使用	108
3.2.1	电表改装与校正	108
3.2.2	制流电路与分压电路	113
3.3	电阻测量	117
3.3.1	惠斯通电桥测电阻	118
3.3.2	双臂电桥测电阻	122
3.4	电动势测量	126
3.4.1	板式电势差计测电池电动势	126
3.4.2	电势差计测量温差电动势	130
3.5	霍尔效应及应用	139
3.5.1	霍尔元件基本参数测量	139
3.5.2	霍尔元件测量磁感应强度	145
3.6	静电场测绘	152
3.7	半导体PN结的物理特性研究	157
3.8	恒温控制温度传感器实验	162
3.8.1	热敏电阻温度传感器的温度特性测量	163
3.8.2	集成电路温度传感器的特性测量及应用	166
3.9	热敏电阻特性与温度系数测量	169
3.10	磁滞回线和磁化曲线的测绘	172

3.11	磁电阻传感器的测量及应用	177
3.12	霍尔效应法测量亥姆霍兹线圈磁场	182
3.13	电子比荷的测量	189
3.14	示波器原理与使用	196
3.15	数字电表的原理与万用表的设计	204
第4章	光学量测量	230
4.1	光学量测量基本知识	230
4.2	读数显微镜的调节与使用	232
4.2.1	牛顿环法测量透镜曲率半径	233
4.2.2	劈尖干涉法测量微小直径或厚度	237
4.3	单缝衍射	239
4.4	两次成像法测量凸透镜焦距	242
4.5	分光计的调节与使用	246
4.5.1	分光计测量三棱镜的顶角	251
4.5.2	三棱镜折射率的测定	254
4.5.3	光栅衍射	257
4.6	迈克耳孙干涉实验	261
4.7	透明材料折射率的测量	266
4.8	旋光物质溶液浓度测量	272
4.9	光强分布的测量	277
4.10	双棱镜干涉法测光波的波长	282
第5章	综合性实验	286
5.1	电子电量测量	286
5.2	爱因斯坦方程验证及普朗克常量测量	293
5.3	金属电子逸出功的测量	299
5.4	智能法测刚体转动惯量	305
5.5	气体流速测量	312
5.6	声速测量	318
5.7	太阳能电池基本特性的研究	323
5.8	多普勒效应综合实验	328
5.9	偏振光综合实验	338
5.10	光敏传感器的光电特性测试实验	344
5.11	温度传感器测试与半导体致冷控温实验	354
第6章	设计性实验	362
6.1	设计及创新应用性试验概述	362

6.2	霍尔效应的研究及磁场强度测量	362
6.3	气轨斜面上测滑块的瞬时速度	369
6.4	千分表法测量金属线膨胀系数	370
6.5	悬丝耦合弯曲共振法测量金属材料的杨氏模量	373
6.6	单臂电桥法测微安表内阻	380
6.7	测定电流计内阻 R_g 和电流计灵敏度 S_i	380
6.8	电子和场设计	380
6.9	自组迈克耳孙干涉仪——空气折射率测量	394
6.10	光电设计及创新应用性实验	396
6.10.1	光照度计测量光照度	397
6.10.2	光功率计测量光照度	400
6.10.3	光电传感器的特性测量	402
6.11	光电探测设计实验	406
6.11.1	光敏电阻特性测试	406
6.11.2	光电二极管特性测试	413
6.11.3	光电三极管特性测试	418
6.12	光纤压力传感器测压力	422
6.13	菲涅耳双棱镜干涉	425
6.14	杨氏双缝干涉	426
6.15	劳埃德镜干涉	427
6.16	夫琅禾费圆孔衍射	428
6.17	菲涅耳单缝衍射	429
6.18	光栅衍射	430
附表		432
附表 1	基本物理常数、常量表	432
附表 2	在海平面上不同纬度处的重力加速度	433
附表 3	20℃时某些金属的弹性模量	433
附表 4	水的表面张力与温度的关系	434
附表 5	液体的比热容	434
附表 6	固体的比热容	434
附表 7	固体的线膨胀系数	435
附表 8	水的沸点随压强变化的参考值	435
附表 9	不同温度下干燥空气中的声速	436
附表 10	某些金属合金的电阻率及其温度系数	437
附表 11	几种标准温差电偶	437

附表 12	铜-康铜热电偶分度表	437
附表 13	常用光源的谱线波长	438
附表 14	几种常用激光器的主要谱线波长	439
附表 15	常温下某些物质相对于空气的折射率	439
附表 16	一毫米厚石英片的旋光率	439
附表 17	光在有机物中偏振面的旋转	439
附表 18	常用材料的导热系数	440
附表 19	Cu-50 铜电阻的电阻-温度特性	440
附表 20	蓖麻油黏度系数	441
参考文献		442

绪 论

认识源于实践,又要得到实践的检验.科学实验是实践的重要形式之一,自然规律的认识与应用,无不与实验息息相关,其在科学研究和生产活动中,有着十分重要的作用.随着教学改革的深入,作为一门独立的实验课程,大学物理实验不再仅仅是对物理理论的简单应用和机械重复,而应当承担起对学生进行科学实验基础训练的功能.鉴于此,使学生掌握基本科学仪器的使用方法和常规物理量的测量方法,成为这种基础训练的重中之重,这也是开设“物理量测量”课程的目的所在.通过本课程的学习,为今后更高层次的科学实验研究打下牢固的基础,以适应新形势下的人才培养要求.

一、大学物理实验课程的地位

以物质的结构、运动规律以及相互作用为研究内容的物理学是建立在实验基础之上的,物理学是实验的科学,物理学概念的建立和规律的发现依赖于反复实验.物理实验的思想、方法、技术和仪器已经普遍运用于自然科学研究的各个领域和工程技术的各个部门.

大学物理实验是高等学校理工类学生进行科学实验基本训练的一门独立的必修基础课程,是学生进入大学后系统学习实验方法和实验技能的开端.它的教学目的在于使学生学习物理实验基础知识的同时,受到严格的科学训练,掌握初步的实验能力,养成良好的实验习惯和严谨的科学作风.

二、大学物理实验课程的基本任务

《高等院校理工科本科基础课程教学基本要求》明确提出了大学物理实验课程的基本任务:

(1) 通过对实验现象的观察、分析和对物理量的测量,学习物理实验知识,加深对物理学原理的理解.

(2) 培养与提高学生的科学实验能力,其中包括以下几方面.

- ① 能通过阅读实验教材或资料,做好实验前的准备.
- ② 能借助教材或仪器说明书正确使用物理实验仪器.
- ③ 能运用物理学理论对实验现象进行初步分析判断.

④ 能正确记录和处理实验数据,绘制曲线,分析实验结果,撰写合格的实验报告.

⑤ 能够完成简单的设计性与研究性内容的实验.

(3) 培养与提高学生的科学实验素养,要求学生具有理论联系实际和实事求是的科学作风,严肃认真的工作态度,主动研究的探索精神,遵守纪律、团结协作和爱护公共财产的优良品德.

三、大学物理实验课程的基本要求

(1) 对学生进行辩证唯物主义世界观和方法论的教育,使学生了解科学实验的重要性,明确物理实验课程的地位、作用和任务.

(2) 在整个实验过程中,教育学生养成良好的实验习惯,爱护公共财物,遵守安全制度,树立优良学风.

(3) 要求学生了解评定测量结果可靠性的基本知识和基本方法,具备正确处理实验数据的初步能力.

(4) 通过物理实验的基本训练,要求学生做到以下几点.

① 能够自行完成预习、进行实验和撰写实验报告等主要实验环节.

② 能够正确调试常用的实验装置,掌握基本的操作技术.

③ 了解物理实验中常见的实验方法和测量方法,能够进行基本物理量的一般测量和数据处理,了解常用仪器的性能,并掌握使用方法.

④ 通过一定数量的综合性实验,真正提高进行综合实验的能力.

⑤ 通过设计性与研究性实验,在实验方案的制订、测量仪器的选择和配置、测量条件的确定等方面得到基本训练.

⑥ 适当利用计算机进行一些模拟、仿真和实时数据采集的实验.

四、大学物理实验课程的基本教学环节

大学物理实验教学一般可分为实验预习、实验操作和撰写实验报告三个环节.

(一) 实验预习

实验预习是为实验操作做准备的,通过实验预习,应明确以下三个问题:做什么?怎么做?为什么?为此需要做到以下几点.

(1) 认真阅读实验指导书、参考资料等,对于验证性实验应充分理解与要验证的规律有关的概念、理论及物理过程;对于探索性实验更应充分熟悉与实验有关的知识及要研究的物理过程和期望得到的带有规律性的物理现象,明确实验目的与要求.

(2) 弄清实验中使用的 basic 仪器的构造原理、操作规程、读数原理和方法及注意事项,特别是注意事项,不仅要仔细看,还要牢记,否则会造成仪器损坏,甚至人身安全事故。

(3) 弄懂实验原理和实验方法。

(4) 拟定实验步骤、数据表格等。

(5) 完成预习思考题。

(二) 实验操作

实验操作是整个实验教学中最重要的一个环节,动手能力、分析问题和解决问题等能力的培养,主要在具体的实验操作时完成。在该环节中,学生要在教师指导下进行仪器的正确安装和调整,各种物理现象的仔细观察,实验原始数据的完整记录。为此要注意下述方面的问题。

(1) 掌握“三先三后”的原则,即先观察后测量,先练习后测量,先粗测后细测。

(2) 注意“三基”,即实验的基本知识、基本方法和基本技能,抓住重点。

(3) 不要单纯追求实验数据,应学会分析实验问题。

(4) 实验中要贯彻“三严”,即严肃的态度、严格的要求、严密的观测。遵守各项规章制度,注意安全。

(5) 实验原始数据经实验指导教师审核、签字后,方才有效,应认真对待实验原始数据,它将为以后的计算和问题分析提供宝贵的第一手资料。

(6) 离开实验室前,应自觉整理好仪器,关闭电源、水源,填写“仪器设备使用记录本”并做好实验室的卫生保洁工作。

(三) 撰写实验报告

写出合格的实验报告是培养科学实验能力的组成部分,是物理实验课程所应担负的具体的培养训练任务之一。实验报告是对实验工作的全面总结,既要全面,又要简单明了,应做到用词确切、字迹工整、数据完整、图表规范、结果明确。撰写实验报告的过程主要是对综合思维能力和文字表达能力的训练,也为日后在科学研究、工程实践等实际工作中撰写实验报告、研究成果报告、科技论文等打下基础,这种能力将直接影响以后从事科学与工程实践活动的工作能力和工作业绩。一份完整的实验报告应包括以下几个方面的内容。

(1) 实验名称。

(2) 实验目的。

(3) 实验原理,包括基本关系式,必要的电路、光路等简图以及数据表格。书写原理时不要照抄实验指导书,应用自己理解了的语言来概述。

(4) 仪器设备,包括型号、规格、参数等。

(5) 实验步骤,概括地写出实验进行的主要过程。

(6) 实验数据图表。

(7) 数据处理与误差分析.

(8) 实验结果,要给出完整的表达式,在观察现象或验证定律时,要写出实验结论.

(9) 问题讨论,包括对实验中现象的解释、对实验方法的改进与建议、作业题、实验后的心得体会等.

五、撰写实验报告,必须注意以下两个问题

(1) 不可把实验报告与实验指导书混为一谈.实验报告与实验指导书从语体到具体内容都有原则的区别.实验指导书向学生提出实验的任务、目的、要求,阐明实验原理,提供实验的思路和方法,告诉学生应该怎么做.而实验报告是在完成实验过程之后写出的总结,具体回答如何做,获得了什么结果,实验的意义价值何在.这些必须由实验者在实验后用自己的语言来归纳、总结.

(2) 实验报告的核心特征就是实事求是.因此,在实验报告中,对实验过程中所应记录的实验条件、实验现象、实验数据应严格如实地予以记录,对测量数据的有效位数不得随意增删.