

高等学校规划教材

普通物理实验(上)

PUTONG WULI SHIYAN

PHYSICS

陈晓莉 王培吉 主编

西南师范大学出版社
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

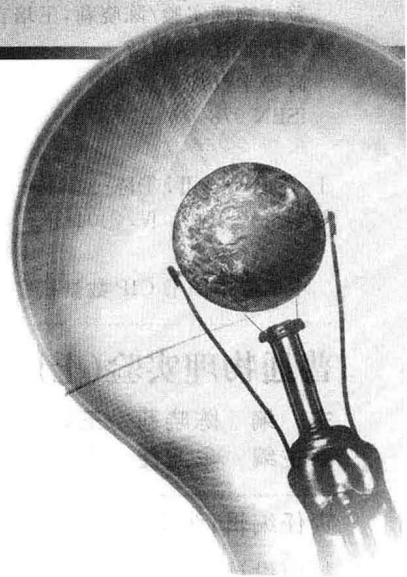


高等学校规划教材

普通物理实验 (上)

PUTONG WULI SHIYAN

主 编 陈晓莉 王培吉
副主编 牟波佳 邓 涛 李 晓
参 编 邵明辉 黄继阳 崔晓军
薛 曦 谭兴文 刘存业



西南师范大学出版社
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

内容提要

本教材分为上下册。上册内容分为两编,第一编“物理实验基础知识”,内容涵盖绪论、测量及不确定度、有效数字、物理实验常用实验数据处理方法、物理实验常用技术与方法、物理实验常用基本仪器等,第二编是 26 个基础性实验,书后附有一些物理常数的参考值。下册为第三编,内容涵盖设计与研究性实验相关知识概述、29 个综合性实验、33 个设计与研究性实验及课程论文的写作与答辩相关知识。

考虑教学内容与方法的层次性,各层次实验项目采用不同形式编写。基础性实验,采用传统的实验教材编写形式;综合性实验,采用新的编写形式,每个项目包含引言、实验、问题三部分;设计研究性实验,只写出实验目的、提供的实验器材、要掌握的物理知识、要完成的主要实验内容及参考文献等,由学生自己设计实验方案完成实验。

本套教材适用于物理学专业的普通物理实验课程,上册适合理工科各专业的大学物理实验课程,也可作为从事物理实验教学研究专家们的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

普通物理实验/陈晓莉,王培吉主编. —重庆:西南师范大学出版社,2011.7
高等学校规划教材
ISBN 978-7-5621-5378-8

I. ①普… II. ①陈…②王… III. ①普通物理学—实验—高等学校—教材 IV. ①04-33

中国版本图书 CIP 数据核字(2011)第 122018 号

普通物理实验(上册)

主 编 陈晓莉 王培吉
副主编 牟波佳 邓 涛 李 晓

责任编辑:张浩宇

封面设计:  周娟 钟琛

照 排:文明清

出版发行:西南师范大学出版社

重庆·北碚 邮编:400715

网址:www.xsebs.com

印 刷:重庆东南印务有限责任公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:15.75

字 数:390千字

版 次:2011年10月 第1版

印 次:2011年10月 第1次

书 号:ISBN 978-7-5621-5378-8

定 价:29.00元

前 言

如果说物理学是一座大厦,那么物理实验就是其脊梁,正是物理实验这坚实的支柱才使物理学这门自然科学得以突飞猛进地发展。后人在前人的实验基础上采用新的实验方法和手段,进行更加精密的、艰苦的实验,得出更加完善的理论,理论又被拿到物质世界中经过大量的实践证明肯定其正确性,然后在此基础上人们又开始新的实验、新的证明,从而使物理学不断地向前发展壮大。

普通物理实验是高等院校理科专业学生的入门实验课程,是对学生进行科学实验训练的基础课程,是本科生接受系统实验方法和实验技能训练的开端。物理实验课覆盖面广,具有丰富的实验思想、方法、手段,同时能提供综合性较强的基本实验技能训练,是培养学生科学实验能力、提高科学素质的重要基础,在培养学生严谨的治学态度、创新意识、理论联系实际和适应科学技术发展的综合应用能力等方面具有其他课程不可替代的作用。

本教材是根据高等院校“大学本科物理实验课程教学基本要求”来编写的。本着物理实验教学应该时刻面对时代发展和学生特点的宗旨,基于改革、发展的教学理念,考虑教学内容与方法的层次性,并结合多年物理实验教学的实际情况,各层次实验项目采用不同形式编写,体现出发展、提高、创新的物理学实验教学的思想。基础性实验,采用传统的实验教材编写形式,对实验目的、实验器材、实验原理、实验内容与步骤等作了较详细的叙述,力图让学生在仔细阅读实验教材后,能根据教材和教师要求在教师的指导下顺利完成实验。综合性实验在教材内容和组织结构上改变了基础性实验的编写模式,采用新的编写形式,每个项目包含引言、实验、问题三部分,突出对物理学思想、方法的展现,激发和引导学生认真观察物理现象、探索物理问题,有利于训练和提高学生观察、判断、分析、综合的能力,培养学生的创新思维。在教材内容安排上注意到实验内容的拓宽,注意到物理图像的描述与分析,有利于学生个性的发展和优秀学生的培养。在经过了基础性实验与综合性实验训练之后,学生对物理实验的基本方法、基本环节有了一定的了解,基本具备了进行自主性、创新性实验学习的心理准备、知识准备和能力准备。基础性实验与综合性实验都是在教材和教师的具体、详细的指导下进行的,与实际的科学研究实验尚有很大的差距,为了进一步提高学生的实验技能,培养学生的创新能力,为将来的科学研究打下基础,普通物理实验课程有必要开设一些研究性设计性的实验,实行开放式教学方式,即学生自主选择实验项目与实验时间,经过自

主学习后进行实验。为了达到此目的,本教材中研究性设计性实验,只写出实验目的、提供的实验器材、要掌握的物理知识、要完成的主要实验内容及参考文献等,由学生自己设计实验方案完成实验。

本教材分为上下册。上册内容分为两编,第一编“物理实验基础知识”分为6章,内容涵盖绪论、测量、不确定度、有效数字、物理实验常用实验数据处理方法、物理实验常用技术与方法、物理实验常用基本仪器等,第二编是26个基础性实验,书后附有一些物理常数的参考值。下册第三编分为4章,第一章是设计性、研究性实验相关知识概述,第二章是29个综合性实验,第三章是33个设计性与研究性实验,第四章是课程论文的写作与答辩相关知识。

本教材编写工作由陈晓莉、王培吉、邓涛、李晓、牟波佳、邵明辉、黄继阳、崔晓军、薛曦、陶敏龙、刘存业、谭兴文等老师完成。由陈晓莉统稿,陈晓莉、邓涛、王培吉、李晓等校稿。物理实验教学是一项集体工作,凝聚着全体实验教师和技术人员的智慧和劳动成果,在编写过程中还参考了其他院校的相关教材。在此,对参加物理实验教学的西南大学和济南大学教师和其他院校同仁表示衷心的感谢!

由于编者的经验和水平有限,本教材不妥之处在所难免,恳请读者和同行们提出宝贵的意见!

编者

2011年4月

目录 MU LU

第一编 物理实验基础知识

第一章 绪论	002
第一节 物理实验的地位和作用	002
第二节 物理实验课程的目的和任务	003
第三节 物理实验课程的基本教学环节和要求	004
第四节 学生实验注意事项	006
第二章 测量、误差及不确定度基础知识	007
第一节 测量与仪器	007
第二节 误差及其计算	008
第三节 测量结果的不确定度及其计算	011
第三章 有效数字	014
第一节 有效数字与仪器读数、记录	014
第二节 有效数字的修约与运算规则	015
第四章 实验数据处理	018
第一节 实验数据处理的常用方法	018
第二节 练习思考题	023
第五章 物理实验中的基本测量方法	025
第一节 比较法	025
第二节 放大法	026
第三节 补偿法	027
第四节 模拟法	027
第五节 干涉法	028
第六节 非电量电测法	029
第六章 物理实验常用实验仪器	031
第一节 力学与热学实验基本仪器	031
第二节 电磁学实验基本仪器	046
第三节 光学及现代实验技术基本仪器	061

第二编 基础物理实验

实验 1	密度测定	073
实验 2	碰撞实验	076
实验 3	刚体转动惯量的测定	079
实验 3-1	三线摆法	079
实验 3-2	扭摆法测转动惯量	084
实验 3-3	转动惯量实验仪	087
实验 4	液体表面张力系数的测定	092
实验 5	空气 γ 值测定	097
实验 6	惯性秤	102
实验 7	冷却法测量金属的比热容	106
实验 8	水的汽化热测定	110
实验 9	落球法测液体的粘滞系数	114
实验 10	杨氏模量的测定	120
实验 10-1	拉伸法测定杨氏模量	120
实验 10-2	动力学法测杨氏模量	126
实验 11	声速的测定	129
实验 12	弦振动实验研究	134
实验 13	温差电动势的测定与热电偶温度计的标定	138
实验 14	惠斯通电桥测电阻	142
实验 15	非线性电阻伏安特性测量与描绘	146
实验 16	示波器的原理及应用	150
实验 17	静电场的模拟与描绘	159
实验 18	电子束偏转实验	164
实验 19	电表的改装与校准	175
实验 20	利用霍尔效应测量磁场	182
实验 21	薄透镜焦距的测定	192
实验 22	分光计的调节和使用	197
实验 23	用透射光栅测定光波波长	204
实验 24	等厚干涉的应用	208
实验 25	用阿贝折射计测定透明介质的折射率	213
实验 26	光电效应测普朗克常数	217



附 录

附表 1	国际单位制基本单位	224
附表 2	构成十进制单位的词头和符号	225
附表 3	具有专门名称的 SI 导出单位	226
附表 4	国家选定的非 SI 单位	227
附表 6	国际单位制的组合单位	228
附表 5	常用物理常数表	229
附表 7	我国某些城市的重力加速度	230
附表 8	20 °C 时常用固体和液体的密度	231
附表 9	水在不同温度下的密度	232
附表 10	铜-康铜热电偶的温差电动势	233
附表 11	20 °C 时某些金属的杨氏弹性模量	234
附表 12	水的表面张力系数	235
附表 13	几种金属的线膨胀系数	236
附表 14	某些液体的粘滞系数	237
附表 15	某些金属 20 °C 时的电阻率和温度系数	238
附表 16	某些物质中的声速	239
附表 17	某些液体的折射率	240
附表 18	某些玻璃的折射率和色散率	241
附表 19	常用光源的谱线波长	242
附表 20	部分常用器具的仪器误差限值	243
参考文献	244

第一编

物理实验基础知识

第一章 绪论

第一节 物理实验的地位和作用

一、物理实验在物理学发展中的重要作用

物理学本质上是一门实验科学,在物理学发展的进程中,物理实验和物理理论始终是相互促进、相互制约、相得益彰的。一方面,任何物理概念的建立,物理规律的发现,都必须以严格的科学实验为基础;人们提出的理论是否正确,也必须通过实验或生产实践来检验其正确性。另一方面,没有理论指导的实验是盲目的,实验必须经过总结使抽象上升为理论才有其存在的价值。这些可以用物理学发展史中许多生动的事实来证明。

“地心说”的破产:1610年,伽利略用新发明的望远镜观察到木星有四个卫星,这一重要发现粉碎了“地球是宇宙唯一中心”的观点,从而宣告了地心说的彻底破产。

经典电磁学理论的发展:没有法拉第等实验科学家进行电磁学实验的研究,发现电磁感应定律等一系列实验规律,麦克斯韦就不可能建立麦克斯韦方程组。在确定了经典电磁学理论之后,麦克斯韦预言电磁波的存在,后经过赫兹的实验研究,证实了电磁波的存在,才使经典电磁学理论更为人们所信服。

量子理论的发展:普朗克在关于黑体辐射问题的研究中,于1900年首先提出了量子化的假说,并结合鲁宾和克尔包姆做的一些仔细的测量,经过理论推断,得出了后来叫做普朗克常数的数值 $h = 6.5 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ (现在公认为 $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)。但是他的假说未能引起人们足够的重视,直到后来爱因斯坦以光电效应事实为依据,进一步对量子理论进行了有力的论证,量子理论才得以发展起来。

二、物理实验在科学技术发展中的重要作用

物理实验科学的发展在推动物理学发展的同时,导致了历史上一一次次重大的技术革命。热力学、分子物理学的发展,使人类进入热机蒸汽机时代;电磁学的发展使人类跨入电气化时代;原子物理学、量子力学的发展,促使了半导体、原子核、激光、电子计算技术的迅猛发展。

三、物理实验在其他学科发展中的重要作用

随着科技的进步,物理实验科学与物理学发展的关系更为密切,在许多边缘科学的创立过程中起了重要的作用。现在物理实验的思想、方法、技术和仪器与化学、生物、天文学、材

料科学等领域相结合已经取得了丰硕的成果,建立了生物物理、材料物理、工程物理、物理化学等交叉学科。

四、物理实验在物理教学中的重要作用

物理实验在物理教学中占有越来越重要的地位,物理学科专业的许多物理实验课程都单独设课,普通物理实验就是其中的一门,通过这门课的学习,让学生掌握基本的实验思想和方法,为以后学习“近代物理实验”和其他专业实验课奠定坚实的基础,同时也是学生在校期间培养理论联系实际能力、独立工作能力和良好科学作风的重要途径之一。

第二节 物理实验课程的目的和任务

普通(大学)物理实验课程是高等学校理工科学生进行科学实验基本训练的一门独立的必修基础课程,是对学生进行科学实验教育的入门课程,其教学目的在于使学生在物理实验基础知识的同时,受到严格的训练,培养初步的实验能力,养成良好的实验素养和严谨的科学作风。

1. 掌握物理实验的基本知识、基本方法和基本技能,进一步加深对物理学知识的理解

通过对实验现象的观察分析和对物理量的测量与数据处理,使学生进一步掌握物理实验的基本知识、基本方法和基本技能;通过运用物理学原理对物理实验的现象、结果进行分析解释,从而加深对物理学知识的理解与运用。

2. 培养和提高学生从事科学实验的素质

科学实验的素质包括: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;不怕困难、主动进取的探索精神;遵守操作规程、爱护公共财物的优良品德以及在实验过程中同学间的相互协作、共同探索的合作精神。

3. 培养和提高学生的实验能力

实验能力应包括:

自学能力——能够自行阅读实验教材和参考资料,正确理解实验原理和内容,在实验前做好准备。

动手实践能力——能够借助教材和仪器说明书,正确安装、调整和使用常用实验仪器。

思维判断能力——能够运用物理学知识选取实验条件,对实验现象进行分析,判断实验中出现的故障和审查实验数据等。

表达书写能力——能够正确记录和处理实验数据,绘制实验图表,分析实验结果,撰写合格的实验报告。

简单的实验设计能力——能够根据课题要求,阐述其实验原理,确定实验方法和条件,合理选择实验仪器,拟定具体的实验程序。

实验课虽然是在老师指导下的学习环节,但在实验课上学生是教学活动的主体,有较大的独立性。我们期望同学们以研究者的态度去组装实验装置,进行观测与分析,探讨最佳实

验方案,从中积累经验,锻炼技巧和机智,为以后独立设计实验方案和解决新的实验课题创造条件。

第三节 物理实验课程的基本教学环节和要求

一、物理实验课程的基本教学环节

实验课程的基本教学环节一般有三个阶段:

1. 实验预习

实验预习是为课堂实验做好准备的,通过预习应该明确3个问题:做什么?怎么做?为什么?因此要求学生:

(1)课前要仔细阅读实验教材或有关的资料,并从中整理出实验的基本原理与方法、主要内容,自拟数据记录表格等。

(2)对所要用的实验仪器的性能、基本工作原理和使用时的注意事项做到心中有数(在条件许可时,可安排在实验室预习)。

(3)对设计性实验还要自拟实验方案、自己设计线路图或光路图等。

(4)要对实验中提出的预习思考题认真思考,在此基础上写出预习报告,预习报告的内容详见预习报告纸(预习报告是实验报告的一部分)。

2. 上实验课

上实验课是学生到实验室完成实验任务的过程。学生应按课程安排表在指定的时间内带教材、预习报告与笔等按时到实验室上课。上课时教师先检查学生的预习报告及预习情况,提示性讲解实验的原理、实验操作的内容、方法及注意事项等,然后学生才开始做实验。因此,进入实验室后,不要急于实验,应先对照仪器进一步了解仪器的结构、使用方法等,待老师讲解完毕后才开始实验。

上实验课是整个实验教学中最重要的一个环节,动手操作、分析问题、解决问题等能力的培养主要在此环节完成,为此,要注意以下几方面的问题:

(1)实验时要按要求正确组装和调整实验装置,按照正确的观察、测量步骤进行实验。

(2)实验中注意“三基”知识的掌握:基本实验知识、基本实验方法和基本实验技能。

(3)实验中要有“三严”精神:严肃的态度、严格的要求和严密的观测。自觉遵守实验室的规章制度及学生实验守则,像一个科学工作者那样要求自己,爱护仪器,安全操作,细心观察实验现象,认真钻研和探索实验中的问题。

(4)测量时不要单纯追求实验数据,应学会分析实验中的问题,一定要如实记录实验数据(除实验数据外,还要记录实际使用仪器的名称、型号等),有条件可以重复测量。实验完成后对获得的数据或观察到的现象进行分析,在肯定结果基本合理后,交给老师审查签字。

(5)整理自己使用的实验仪器,然后听从组长安排打扫卫生,征得老师同意后方可离开。

(6)组长协助老师检查实验设备、凳子的归位情况和实验室安全(关闭水电门窗),在实

验运行记录本上签字后方可离开。

3. 课后完成实验报告

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。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,同时也为以后在科学研究、工程实践等实际工作中撰写总结报告、研究报告、科技论文等打下基础,这些能力将直接影响以后从事科研工作的能力和业绩。

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,应做到用词准确、字迹工整、数据完整、图表规范、结果明确。整理、分析所获得的实验数据或观察到的实验现象,得出合理的实验结论,并对结果进行一定的分析。实验报告的内容一般包括以下几部分:

实验项目名称

实验目的

实验仪器:注明仪器名称、型号、编号、精度。

实验原理:一般只需写出原理概要(包括原理图)、计算公式的简要推出过程、公式中各物理量的意义及单位等。书写实验原理时不要照抄实验指导书,应用自己的语言来概述。

实验装置示意图:要有插图序号和图名称。

实验操作步骤:操作步骤是实验工作者实践其实验思想及实验原理的具体过程,一定要写出实际实验的具体操作步骤及注意事项。(不要抄书)

实验数据记录与处理:实验数据一般应采用三线表格形式记录,在预习时要设计好表格。记录时要正确使用物理量的单位制、符号及单位符号。数据处理包括计算实验结果及其不确定度(误差),注意直接测量量、间接测量量及不确定度的有效数字使用与运算法则。画出实验图线(要用坐标纸或计算机及绘图软件)等。

误差原因分析:结合实验结果分析误差的主要来源。

实验结果或结论

实验讨论:实验的心得、实验的改进方法、回答思考题等。

二、要求

1. 课前要进行预习,写预习报告,不预习者不能实验。

2. 实验时,首先检查和熟悉仪器,仔细听老师讲解,然后根据操作规程正确实验。

3. 原始记录(即课堂上的实验记录)要用钢笔或圆珠笔将数据记录在相应表格里,用铅笔书写的无效。原始记录不可重新抄写,不准用橡皮、胶带纸或修正液修改实验数据。若部分数据需要整理必须在原来的记录纸上,更换记录纸则记录无效。原始记录要经教师签字,无教师签字的记录无效。

4. 及时整理实验数据,交与老师检查。

5. 严格遵守实验室规则,爱护实验仪器和公共财物。若损坏仪器,及时反映给老师并协助指导教师在管理员处登记。

6. 认真独立按时完成实验报告。写实验报告时,要把实验数据重新整理到实验报告上,并完成实验数据处理,交报告时必须将教师签字的原始记录附在实验报告后。

第四节 学生实验注意事项

1. 缺席学生应写出情况说明,需辅导员签字后,再安排补做实验;非特殊情况本次实验成绩按零分处理,不得补做。
2. 手机应处于振动或关机状态,在实验室内及过道处不得打、接电话。
3. 实验过程中一般不得离开实验室,若有特殊情况需离开实验室,要给教师打招呼。不得到其他实验室逗留。
4. 不得提前离开实验室,若有个别同学提前完成实验可以思考些与实验相关的问题。
5. 实验室内不得做与本次实验不相关的事情(如看其他书籍,做其他作业,写实验报告等)。
6. 实验后将仪器归位,做好清洁。不得将垃圾留在实验桌上或抽屉里。
7. 不得将水杯、食物带进实验室,不得穿拖鞋进入实验室。
8. 下雨天不得将伞带进实验室内。

第二章 测量、误差及不确定度基础知识

第一节 测量与仪器

一、测量

所谓测量是指为确定被测量的量值而进行的被测物与仪器相比较的实验过程。例如：一桌子的长度与米尺相比，得出桌子的长度为 1.248 m。

二、测量分类

1. 按测量方式与性质分类

一般来说，对于一个待测物理量的测量方法，按测量方式与性质可分为直接测量和间接测量两种。

(1) 直接测量：指被测物与测量工具、量具或仪器直接相比较就能直接得出被测量量值的测量。如：天平称质量、米尺测长度、钟表测时间等。

(2) 间接测量：指由一个或几个直接测得量经已知函数关系计算出被测物量值的测量。如：重力加速度的测量、声速的测量等。

2. 按测量次数分类

对于一个待测物理量的测量方法，若按照所实施的测量次数多少进行分类，一般可分为：单次测量和多次测量，多次测量又分为多次等精度测量和多次不等精度测量。

(1) 单次测量：指把一次测量的量值作为测量结果的测量。如：混合法测固体或液体的比热容实验中平衡温度的测量，因平衡温度一瞬即逝，无法多次测量。

(2) 多次等精度测量：同一测量者，用同一仪器、同一测量方法，在同样的环境下，对同一物理量进行多次的重复测量，用算术平均值作为测量结果。

(3) 多次不等精度测量：对同一物理量的多次测量中，所用仪器、方法、测量者或外界条件中，有一个或多个因数发生变化，测量的精度就不同。用各测量值的加权平均值作为测量结果。

在实验过程中，一般是采用单次测量和多次等精度测量。

三、测量仪器

1. 测量仪器

测量仪器指被用来直接或间接测出被测物量值的所有器具。如：游标卡尺、物理天平、

秒表、温度计、电流表等。

2. 测量仪器的选择

(1) 选择恰当的测量范围。若测量值超过仪器的测量范围,对仪器要造成损伤,如:温度计、电流表等;若量程过大,则读数不明显,会增大误差。

(2) 选择恰当的准确度等级。一般在满足测量要求的条件下,尽量选择准确度等级低的仪器,以延长准确度等级高的仪器的使用寿命。

在测量过程中,是以仪器为标准进行比较而得到测量结果的,当然要求仪器准确,不过由于测量的目的不同对仪器准确度等级的要求也不同。如:称体重和卖蔬菜用的秤要求就不同,卖蔬菜用的秤要求准确到 50 g,而称体重的秤只需准确到 500 g。

第二节 误差及其计算

一、真值

各被测量在实验条件下均有不依赖人的意志为转移的客观真实大小,称此值为被测物的真值,用“ a ”表示。由于测量工具、技术方法、环境条件等多方面的原因致使实验结果带有不确定性,因此测量值(或实验值)和真值之间总是存在差异。

二、误差

1. 误差

测量值(实验结果) x 与真值 a 之间存在的偏差,称为误差,用“ ϵ ”表示, $\epsilon = x - a$,可正可负。

2. 误差的来源

- (1) 理论上的近似、假设;
- (2) 仪器的准确度;
- (3) 实验装置;
- (4) 实验条件的变化;
- (5) 观察者和监视器等。

如:用单摆测重力加速度的实验中,误差来源可能有:

①米尺和停表本身不准确;②对仪器操作不恰当;③读数不准确;④摆线质量不为零;⑤摆锤体积不为零;⑥摆角的大小不符合要求;⑦空气的阻力;⑧支点状态不理想;⑨支架震动;⑩摆动小球运动轨迹不在同一平面内;⑪理论公式的近似等。

3. 误差分类

按对测量值影响的性质和产生的原因可分为:系统误差和随机误差。

按计算的方法不同可分为:绝对误差和相对误差。

(1) 系统误差

在同一条件下,多次测量同一物理量时,误差的数值和符号总保持不变或按照一定的规律变化。

① 产生原因

A. 仪器误差:仪器制造的缺陷、使用不当或未校准造成。例如:砝码的质量不准确、天平不等臂、电表的零点不准确等。

B. 理论和方法误差:测量原理或方法不完善,即理论公式的近似、实验条件和方法不完全满足要求所造成的误差。例如:忽略阻力、忽略散热、忽略导线和接触电阻等。

C. 装置误差:对测量装置和电路、光路布置、安装、调整不当而产生的误差。

D. 人为误差:测量者的不良习惯、心理或生理特点引起的误差。如:按表过快或过慢、分辨能力低等。

② 减少办法

首先要求改进实验仪器、修正理论公式、改善实验的环境和条件,然后要求提高实验技能、技巧和改进实验方法等。

(2) 随机误差

在同一条件下,对某一物理量进行多次重复测量,测量结果并不相同,而是围绕某一值“跳动”,误差的数值和符号变化不定。

① 特点:测量值和误差显现出统计规律——正态分布。

如:用秒表测单摆的运动周期 100 次,测量值的大小变化不定,似乎没有规律。若我们把测量值分布的区域等分成 10 个区间,统计各区间内测量值的个数 N_i ,以测量值为横坐标, N_i/N 为纵坐标 (N :总次数, N_i :某周期区间内的测量次数)画图(见图 2.1),从图 2.1 可以看出:比较多的测量值集中在分布区域的中部,左右两半的测量值个数分别接近一半,可以设想真值就在数据集中的中间部分。

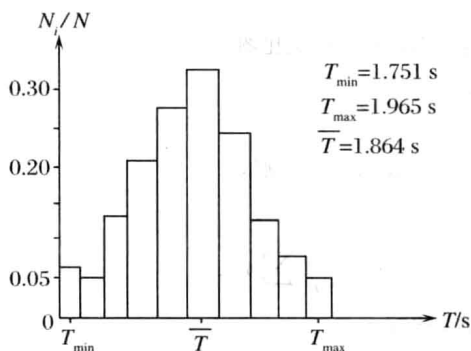


图 2.1 测量值出现次数与测量值关系

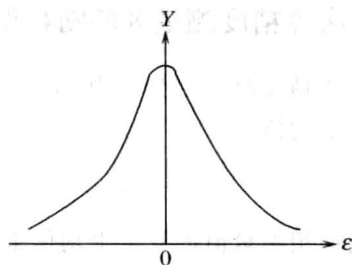


图 2.2 误差出现次数随误差值的变化

若以误差 ϵ 为横坐标,误差出现的次数 Y 为纵坐标画图(见图 2.2),由图 2.2 可以得出结论:对于绝对值相等的正负误差,它们出现的机会相同;绝对值小的误差出现的机会多;误差不会超过一定的范围。

② 产生原因:由许多不可预料的偶然因素造成。例如,观测的目标物没有对准,实验环境的变化,电源电压的波动等原因造成的误差。