



21世纪高等教育规划教材

大学物理实验

主编◎丁喜峰 李 丽 陈淑清

DAXUE WULI SHIYAN



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪高等教育规划教材

大学物理实验

主 编 丁喜峰 李 丽 陈淑清

副主编 孙 鑫 李建设 高华娜 陈海良

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是燕山大学物理实验中心自 1998 年进行实验教学体系改革的总结与结晶,是“燕山大学物理实验教学现代化工程”的子项目之一。考虑到 21 世纪人才培养的需要,本教材在内容上按照基础训练实验、选题实验、设计性实验三个模块进行安排。

本教材在“测量误差”的评定理论当中,引入了“不确定度”的表示方法,使得传统的“误差限理论”与正在发展中的“不确定度”理论共存;同时考虑到学科交叉性,在教材中收集并整理了大量新兴的交叉实验、应用性实验,有意识地增加了含有利用传感器进行数据采集与利用微机进行数据处理的实验项目。

本教材可供本科理工类院校用作大学物理实验教学的参考教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/丁喜峰,李丽,陈淑清主编. —北京:北京理工大学出版社, 2009. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1821 - 4

I. 大… II. ①丁…②李…③陈… III. 物理学 - 实验 - 高等学校 - 教材 IV. O4 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 124415 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 河北省昌黎县第一印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 28.75

字 数 / 585 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 5000 册

定 价 / 39.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

【前言】

大学物理实验是理工科本科唯一一门单独设课的必修基础性实验课,是学生进入大学后接受系统实验方法和实验技能训练的开端,是对学生进行科学实验基本训练的重要基础,它所覆盖的知识面和包含的信息量以及能够对学生完成的基本训练内容是其他课程的实验环节难以比拟的,它是基础学科的重中之重。

本教材是按照“21 世纪高等教育规划教材”的编排要求来进行定位的,我们也是按照这样的要求来做的,在实际编写过程中,我们充分吸收目前国内现有优秀教材的成功之处,着重突出大学物理实验创新思维的培养。本教材特点如下。

1. 内容新颖、覆盖面广,关于实验方法、实验原理的叙述详尽。能够满足绝大部分本科、中专院校对不同专业学生开设大学物理实验课的要求;并且本教材全部选用当前最先进的实验仪器进行实验内容和方法的叙述,使得教材具有很好的前瞻性及长效性。

2. 为了适应 21 世纪和教学改革,适应不同的办学模式,适应对不同层次、不同专业和不同程度学生的教学,新实验教材在实验项目的安排上,采用基础训练实验、选题实验(包括综合性及应用性实验和近代物理实验)、设计性实验三个模块,使用本教材可以根据具体情况进行选取,达到各取所需、各得其所的目的。

3. 本教材注重对学生素质和能力的培养。在教材中介绍了许多经典物理实验的出现与发展历程,这对学生素质的提高将会起到巨大的作用。教材中用大量篇幅介绍了提高性实验、设计性实验、研究性实验和开放性实验,这些都有助于对学生实验能力的培养,有助于对学生创新思维的培养,有助于提高学生将科学理论转化为生产力的能力。

4. 为了体现学科发展的新动向,使教学更好地适应现代科技的发展,本教材在“测量误差”的评定理论当中,引入了“不确定度”的表示方法,使得传统的“误差限理论”与正在发展中的“不确定度”理论共存,通过这两套理论体系的学习与比较,将有助于培养学生树立良好的误差来源分析理念及科学的测量结果表述能力。

5. 本教材充分注重当今科学发展的学科交叉性,在教材中收集并整理了大量新兴的交叉实验,有意识地增加了含有利用传感器进行数据采集与利用微机进行数据处理的实验项目。这些都将使大学物理实验以旧貌换新颜,在调动学生的学习积极性、拓宽学生的知识面、帮助学生了解并找到科技前沿等方面起到关键的作用。

6. 本教材附有全面的常用常量数据表, 在物理与实验领域用到的常用常量在此表中都可以找到, 本教材也可以作为工具手册使用。

本书在出版过程中得到了燕山大学教务处及有关专家的大力支持与帮助; 本教材素材来自燕山大学物理实验中心所有物理实验教师, 并且在编写过程中得到了实验中心所有实验教师的大力协助。在此, 编者向他们表示衷心的感谢和诚挚的敬意!

但由于编者水平有限, 不足及错误之处在所难免, 祈望广大教师和读者予以指正。

编者

【目录】

绪论	(1)
第1章 误差理论与数据处理基本知识	(5)
1.1 测量与误差	(5)
1.1.1 测量的基本概念及分类	(5)
1.1.2 误差的基本概念及分类	(6)
1.1.3 正确度、精密度和准确度	(7)
1.2 系统误差	(7)
1.2.1 系统误差的来源	(7)
1.2.2 系统误差的分类	(8)
1.2.3 系统误差的发现	(8)
1.2.4 系统误差的减少和消除	(9)
1.2.5 仪器误差	(10)
1.3 随机误差及其数学处理	(11)
1.3.1 随机误差的正态分布规律	(11)
1.3.2 算术平均值和标准偏差	(13)
1.3.3 t 分布 (学生氏分布)	(14)
1.3.4 绝对误差与相对误差	(15)
1.3.5 异常值的剔除	(15)
1.4 有效数字	(17)
1.4.1 有效数字的概念	(17)
1.4.2 运算后的有效数字	(18)
1.4.3 使用有效数字运算规则时应注意的问题	(19)
1.4.4 数值的修约规则	(20)
1.5 作图法处理实验数据	(20)
1.5.1 作图法的步骤与规则	(21)
1.5.2 用作图法求直线的斜率、截距和经验公式	(22)
1.5.3 曲线的改直	(22)
1.6 逐差法处理数据	(23)

1.7 最小二乘法	(25)
1.8 大学物理实验中的不确定度	(27)
1.8.1 不确定度的建立	(27)
1.8.2 测量不确定度的基本概念	(28)
1.8.3 不确定度的分类	(28)
1.8.4 直接测量结果不确定度的评定(计算方法)	(28)
1.8.5 直接测得量不确定度评定的步骤及示例	(29)
1.8.6 间接测得量的不确定度评定	(31)
第2章 物理实验中常用的测量方法和基本调整操作技术	(34)
2.1 物理实验中常用的测量方法	(34)
2.1.1 比较法	(34)
2.1.2 放大法	(35)
2.1.3 平衡法	(36)
2.1.4 补偿法	(36)
2.1.5 转换法	(37)
2.1.6 模拟法	(39)
2.1.7 干涉法	(40)
2.1.8 示踪法	(40)
2.1.9 量纲分析法	(41)
2.2 物理实验中的基本调整和操作技术	(42)
2.2.1 零位调整	(42)
2.2.2 水平、铅直调整	(42)
2.2.3 消除视差	(43)
2.2.4 共轴调整	(44)
2.2.5 逐次逼近法	(44)
2.2.6 先定性、后定量原则	(44)
2.2.7 电学实验操作规程	(45)
2.2.8 光学实验的操作要点	(45)
第3章 物理实验常用仪器介绍	(47)
3.1 物理天平与分析天平	(47)
3.1.1 物理天平	(47)
3.1.2 分析天平	(48)
3.2 计时仪表	(50)
3.3 低摩擦装置	(51)

3.4 温度计、湿度计与气压计	(52)
3.4.1 温度计	(52)
3.4.2 湿度计	(55)
3.4.3 气压计	(55)
3.5 电磁测量的基本仪器	(56)
3.5.1 电源	(57)
3.5.2 电表	(58)
3.5.3 电阻	(61)
3.6 光学元件	(65)
3.6.1 透镜	(65)
3.6.2 棱镜	(66)
3.6.3 分束镜	(66)
3.6.4 光栅	(66)
3.6.5 光电池	(67)
3.6.6 滤光片	(67)
3.6.7 光谱干板	(68)
3.7 常用光学仪器	(68)
3.7.1 望远镜	(69)
3.7.2 测微目镜	(69)
3.7.3 读数显微镜	(70)
3.8 常用光源	(71)
3.9 常用仪器的误差限	(72)
第4章 物理实验基本仪器的使用与训练	(74)
实验4.1 长度测量仪器与训练	(74)
实验4.2 复摆的研究	(80)
实验4.3 称衡基本仪器与训练	(84)
实验4.3.1 规则物体密度的测量	(84)
实验4.3.2 用流体静力称衡法和比重瓶法测量固体和液体的密度	(86)
实验4.4 电学基本仪器与训练	(89)
实验4.4.1 电表的改装与校准	(89)
实验4.4.2 示波器的调整和使用	(94)
实验4.4.3 二极管伏安特性的研究	(102)
实验4.4.4 双补偿法测电阻	(105)
实验4.4.5 惠斯通电桥测中值电阻	(107)

实验 4.4.6 直流单、双臂电桥的使用	(111)
实验 4.4.7 交流电桥的应用	(118)
实验 4.5 光学基本仪器与训练	(124)
实验 4.5.1 分光仪的调整及三棱镜顶角的测量	(124)
实验 4.5.2 光栅特性及波长的测量	(130)
实验 4.5.3 用最小偏向角测量玻璃的折射率	(133)
实验 4.5.4 用折射极限法测量固体和液体的折射率	(137)
实验 4.5.5 用超声光栅测定液体中的声速	(140)
实验 4.6 热学基本仪器与训练	(145)
第 5 章 综合及应用型实验	(149)
实验 5.1 刚体转动的研究	(149)
实验 5.1.1 用塔轮式转动惯量仪测量刚体的转动惯量	(149)
实验 5.1.2 用气垫转盘测量刚体的转动惯量	(153)
实验 5.2 杨氏模量的测量	(159)
实验 5.3 液体黏滞系数的测量	(163)
实验 5.3.1 落球法测量液体的黏滞系数	(164)
实验 5.3.2 转筒法测量液体的黏滞系数	(170)
实验 5.4 弦音振动	(173)
实验 5.5 波尔共振	(177)
实验 5.6 液体表面张力系数的测量	(187)
实验 5.7 线膨胀系数的测定	(190)
实验 5.8 介质导热系数的测定	(192)
实验 5.9 用冷却法测金属的比热容	(196)
实验 5.10 小型制冷装置制冷功率和制冷效率的测量	(200)
实验 5.11 声速测量	(207)
实验 5.12 电位差计的原理与应用	(211)
实验 5.13 热电偶定标	(217)
实验 5.14 灵敏电流计的研究	(220)
实验 5.15 电子束的聚焦和偏转研究	(225)
实验 5.16 冲击电流计的使用	(232)
实验 5.17 通电圆线圈和亥姆霍兹线圈磁场的测量	(240)
实验 5.18 几何光学的应用与研究	(243)
实验 5.18.1 用自准直法测薄凸透镜焦距	(244)
实验 5.18.2 用位移法测薄凸透镜焦距	(245)

实验 5.18.3 目镜焦距 f_e 的测量	(246)
实验 5.18.4 自组显微镜	(248)
实验 5.18.5 自组望远镜	(249)
实验 5.18.6 自组透射式幻灯机	(250)
实验 5.18.7 测节点位置及透镜组焦距	(252)
实验 5.19 双棱镜干涉实验	(254)
实验 5.20 等厚干涉的研究与应用	(257)
实验 5.21 单缝衍射的相对光强分布	(262)
实验 5.22 光的偏振	(267)
实验 5.23 用旋光仪测量溶液的旋光率及浓度	(274)
实验 5.24 椭圆偏振法测量薄膜厚度和折射率	(279)
实验 5.25 用阿贝折射仪测量透明材料的折射率	(284)
实验 5.26 多普勒效应的研究与应用	(288)
实验 5.26.1 验证多普勒效应并测声速	(290)
实验 5.26.2 研究自由落体运动	(292)
实验 5.26.3 研究简谐振动	(293)
实验 5.26.4 验证牛顿第二定律	(295)
实验 5.27 PN 结正向电压温度特性研究	(297)
实验 5.28 铁磁材料的研究	(301)
实验 5.28.1 铁磁材料的磁滞回线和基本磁化曲线	(301)
实验 5.28.2 铁磁材料居里点的研究	(308)
实验 5.29 霍尔效应	(312)
实验 5.29.1 霍尔效应的研究	(312)
实验 5.29.2 霍尔效应测螺线管轴线磁场	(318)
实验 5.30 光纤通信原理和光纤传感器特性研究	(320)
实验 5.30.1 光纤通信原理	(321)
实验 5.30.2 光纤传感器的位移特性实验	(323)
实验 5.30.3 光纤传感器测速实验	(325)
第 6 章 近代物理实验	(329)
实验 6.1 普朗克常数的测定	(329)
实验 6.1.1 光电效应法测量普朗克常数	(329)
实验 6.1.2 氢原子光谱法测量普朗克常数	(333)
实验 6.2 迈克耳逊干涉仪的调整与使用	(335)
实验 6.2.1 双光束等倾干涉	(335)

实验 6.2.2 多光束干涉	(338)
实验 6.2.3 测钠黄光波长差	(341)
实验 6.3 光速测量	(342)
实验 6.4 全息照相	(350)
实验 6.4.1 透射式全息照相——普通全息照相	(350)
实验 6.4.2 反射式全息照相——白光再现全息图	(356)
实验 6.5 夫兰克-赫兹实验	(359)
实验 6.6 密立根油滴实验	(363)
实验 6.7 塞曼效应实验	(370)
实验 6.8 光谱分析实验	(376)
实验 6.9 热辐射的研究实验	(378)
实验 6.10 钨的逸出功的测定	(382)
实验 6.11 声光衍射	(390)
实验 6.12 真空的获得与测量	(394)
第 7 章 设计性实验	(401)
实验 7.1 数字电表原理及万用表设计	(401)
实验 7.2 动力学实验	(409)
实验 7.2.1 单摆实验研究	(409)
实验 7.2.2 复摆研究	(410)
实验 7.2.3 惯性秤实验	(412)
实验 7.2.4 双线摆实验	(413)
实验 7.2.5 三线摆和扭摆实验	(413)
实验 7.3 传感器研究与应用	(414)
实验 7.3.1 金属箔式应变片传感器的研究与应用	(414)
实验 7.3.2 霍尔式传感器的研究与应用	(415)
实验 7.3.3 差动变压器(互感式)传感器的研究与应用	(416)
实验 7.3.4 差动螺管式(自感式)电感传感器的研究与应用	(416)
实验 7.3.5 差动变面积式电容传感器的研究	(417)
实验 7.3.6 扩散硅压阻式压力传感器的研究	(417)
实验 7.3.7 压电传感器的研究	(418)
实验 7.3.8 气敏电阻传感器(MQ ₃)的研究	(419)
实验 7.3.9 湿敏电阻传感器的研究	(420)
实验 7.3.10 热释电传感器	(420)
实验 7.3.11 光纤传感器特性实验	(421)

实验 7.3.12 光敏传感器实验	(421)
实验 7.3.13 热电阻特性实验	(423)
实验 7.3.14 集成温度传感器实验	(424)
附录	(426)
一、中华人民共和国法定计量单位	(426)
二、物理学常用数据表	(430)
三、重要物理实验年表	(439)
参考文献	(446)

绪 论

物理学是一门实验科学。物理学新概念、新规律的发现和确立主要依赖于实验，物理学上的新突破也常常是基于新的实验技术和方法的发现。物理实验的方法、思维、仪器和技术已经被普遍地应用在各个自然科学领域，乃至自然科学以外的学科。

“大学物理实验”是理工科院校各专业的一门必修、独立设置的基础课，是学生在大学接受系统实验方法和实验技能训练的开端。通过本课程的学习，不仅可以加深对理论的理解，更重要的是使学生获得基本的实验知识，掌握一定的实验方法和技能，为进一步学习后续实验课程和日后的工作打下良好的基础。同时它的思想方法、数学方法及分析问题与解决问题的方法也将对学生的智力发展大有裨益。整个教学过程的进行也将有助于学生的作风、态度及品德的培养和素质的提高。

1. 物理实验课的目的

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。

- 能够自行阅读实验教材或资料，做好实验前的准备；
- 能够借助教材或仪器说明书正确使用常用仪器；
- 能够运用物理学理论对实验现象进行初步的分析判断；
- 能够正确记录和处理实验数据、绘制曲线、说明实验结果、撰写合格的实验报告；
- 能够完成简单的具有设计性内容的实验。

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、遵守操作规程、团结协作和保护公共财产的优良品德。

2. 怎样学好物理实验

由于中学阶段对实验的训练比较薄弱，要学好这门课不但要花力气下工夫，而且要有一定的学习方法。那么，怎样才能学好这门课程呢？

① 要注意掌握实验中采用的方法，特别是基本量的测量方法。基本量的测量方法既是经常用到，也是复杂的测量方法的基础，学习时不但要弄明白它的道理，也要逐步熟悉和牢记。

任何实验方法都有它的运用条件、优点和缺点，只有亲手认真做过实验，才能对这些条件、优缺点有较深的印象。

② 要有意识地培养良好的实验习惯,如记录原始数据和处理数据、注意记录实验的环境条件(如温度、湿度等)、安排实验仪器和装置、一般的操作习惯乃至一些操作的姿势,这些良好的习惯是经历很多实验后的总结,能保证实验安全,避免差错。但是,就单个习惯而言,由于它很易明白,不难掌握,反而容易被学生忽视,认为无关紧要。实际上,要真正养成习惯不仅是要经历过多次实验,还要在每次实验中有意识地锻炼自己。

③ 要逐步学会分析实验,排除实验中出现的各种故障。实验最后一般会获得测量数据的结果,这些数据是否正确靠什么去判断?数据的好坏又说明什么?实验结果是否正确?这些问题主要是靠分析实验本身来判断,即必须分析实验方法是否正确,它带来多大误差,仪器带来多大的误差,实验环境又有多大的影响等。由于大学物理实验的学习对象是大学低年级学生,他们的实验经验很少,也未掌握分析实验的方法,所以实验时往往由实验室给出标准数据,或者安排一些已经有十分确定的理论结果的实验题目,这都是为了帮助学生判断实验结果而设置的。但是学生千万不要误认为实验的目的是做出标准的数据结果。往往有些学生,当实验数据和理论计算一致时,他们就会心满意足,简单地认为已做好了这次实验;而一旦数据和计算差别较大,又会感到失望,抱怨仪器装置,甚至拼凑数据,这两种表现都是不正确的。实际上,任何理论公式都是一定的理论的抽象和简化,而客观现实和实验所处的环境条件要复杂得多,实验结果必然会带来与理论公式的差异,问题在于差异的大小是否合理。所以,不论数据好坏,主要的是要逐步学会分析实验,找出好坏的原因。

当出现数据不佳时,应该怎样对待呢?首先,要检查自己的操作和读数,这往往需要重复一下实验关键的操作和读数,最好请教师当场检查和指导。如果操作和读数都正确,那么问题可能出现在仪器和装置上,仪器装置的小毛病和小故障,学生要力求自己动手解决,至少要留意观察教师怎样动手解决。即使是仪器装置失灵,也要观察教师怎样去判断仪器的问题,怎样修复(可能当场修复的仪器)。应该说,能否发现仪器装置故障及能否对仪器进行修复是实验能力强弱的一个重要表现,学生也要逐步有所提高。

④ 每次实验要掌握好重点。实验是一件实际的工作,除了学习重点的内容外,还会遇到很多零散的问题,做一些枝节的工作。这些工作固然需要做好,但要把它们完全搞清弄懂,时间上是不允许的。教材中所指出的每个实验的实验目的都是该实验的学习重点,学生应在实验时把主要精力放在这些地方,以提高学习效率。

当然,书中每个实验都包括有一定的测量内容,通过这些测量使学生体验实验方法和练习操作,并取得必要的数据。在完成规定的测量内容以后,如果还有富裕的时间,可以根据自己实验时的具体情况来分析一下实验可能存在的问题,例如所用的某个仪器是否可靠?实验条件是否已得到满足?如何予以证实?或者提出对实验内容、实验仪器的一些小改进等;也可以针对问题做进一步的实验。除了觉得自己的操作太生疏需要熟悉一下外,一般不做简单的重复。

实验有它自己的特点和规律,要学好实验课不是一件容易的事情。希望学生在学习过程

中能够不断提高对实验的兴趣,打好基础,有意识地培养自己的实验能力。

3. 实验课的基本程序

无论实验的内容如何,也无论采用哪一种实验方法,物理实验课的基本程序大都相同,一般可以分为如下三个阶段:

(1) 实验预习

① 预习的目的。由于实验课的时间有限,而熟悉仪器和测量数据的任务一般都比较重,不允许在实验课内才开始研究实验的原理。如果不了解实验原理,实验时就不知道要研究什么问题,要测量哪些物理量,也不了解将会出现什么现象,只是机械地按照教材所定的步骤进行操作,离开了教材就不知怎样动手。用这种呆板的方式做实验,虽然也得到了实验数据,却不了解它们的物理意义,也不会根据所测数据去推求实验的最后结果。因此,为了在规定时间内高质量地完成实验课的任务,学生应当做好实验前的预习。

② 预习的要求。

- 应以理解本书所述的原理为主,对于实验的具体过程只要求作粗略的了解,以便能够抓住实验的关键,做到较好地控制实验的物理过程或物理现象,及时、迅速、准确地获得待测物理量的数据。

- 为了使测量结果眉目清楚,防止漏测数据,预习时应根据实验要求画好数据表格。表格要有确定的名称,表格上标明文字符号所代表的物理量及单位,并确定测量次数。

(2) 实验操作

① 实验前要熟悉仪器,了解仪器的工作原理和方法,然后将仪器安装调整好。例如,调节气垫导轨达到水平,调整自由落体仪使其与地面垂直,调节光具座上各光学元件处于同轴、等高,等等。

② 每次测量后应立即将数据记录在实验预习报告上。要根据仪表的最小刻度单位或准确度等级决定实验数据的有效数字位数。各数据之间、数据与图表之间不要太挤,应留有间隙,以供必要时补充或更正。如果觉得测量的数据有错误,可在错误的数字上画一条整齐的直线;如果整段数据都测错了,则画一个与此段大小相适应的“×”号。在情况允许时,可以简单地说明为什么是错误的。错误记录的数据不要用黑圆圈或黑方块涂掉。我们保留“错误”数据,不毁掉它,是因为原先认为“错误”的数据有时经过比较后或许是对的。

③ 当实验结果与温度、湿度和气压有关时,要记下实验进行时的室温、空气湿度和大气压等实验条件。

④ 在两人或多人合作做实验时,既不要其中一个人处于被动,也不用一个人包办、代替,应当既有分工又有协作,以便共同达到预期的实验要求。

总之,测量实验数据时要特别仔细,以保证读数准确,因为实验数据的优劣,往往决定了实验工作结果的成败。计算上的错误可在离开实验室后修正,但是,未经复测时不允许修改实验数据。

(3) 撰写实验报告

实验报告是实验工作的全面总结,要用简单、明朗的形式将实验结果完整而又真实地表达出来。

写报告的要求:

① 文字通顺,字迹端正,图表规矩,结果正确,讨论认真。

② 应养成实验完成后尽早将实验报告写出来的习惯。因为这样做可以收到事半功倍的效果。

③ 实验报告要包括的内容:

- 实验名称;
- 实验目的;
- 实验仪器;
- 简要原理或计算公式;
- 实验数据;
- 数据的处理(计算或作图);
- 误差分析;
- 实验结果;
- 讨论。

前几部分的写法可参考课本,毋庸赘述。现仅就最后三项略作说明:

① 误差分析包括两方面的内容:一是确定实验结果的误差,因为在精确测量中判定实验结果的不准确范围和获得实验结果具有同等的重要性;二是找出影响实验结果的主要因素,从而采取相应的措施(例如,合理选择仪器、实现最有利的测量条件等)以减小误差。显然,对于不同的实验,因所用的实验方法或所测物理量不同,误差分析的方式不尽相同,误差过大,应分析原因,对误差作出合理的解释。

② 表达实验结果时,一般包括不可分割的三部分,即结果的测量值 A 、不确定度 U 和

相对不确定度 U_r 。综合起来可写为

$$\begin{cases} A = (\bar{A} \pm U) \text{单位} & (P = 95\%) \\ U_r = \frac{U}{\bar{A}} \times 100\% \end{cases}$$

③ 在最后的讨论中,包括回答实验的思考题,实验过程中观察到的异常现象及其可能的解释,对实验仪器装置和方法的建议等。还可以谈实验的心得体会,但不要求每个实验都写心得体会,有则写,无则不要勉强写。

误差理论与数据处理基本知识

1.1 测量与误差

测量误差是一门专门的科学，深入地讨论它，需要有丰富的实验经验和较多的数学知识，下面介绍有关测量误差的基本知识，希望学生着重了解它的物理内容，学会简单的计算，领会误差的分析思想对于做好实验的意义。

1.1.1 测量的基本概念及分类

在科学实验中，一切物理量都是经过测量得到的。为了进行测量，必须选定一些标准单位，如 7 个 SI 基本单位：质量的单位——千克 (kg)、长度的单位——米 (m)、时间的单位——秒 (s)、电流强度的单位——安培 (A)、热力学温度的单位——开尔文 (K)、光强的单位——坎德拉 (cd)、物质的量的单位——摩尔 (mol)。测量就是将待测物理量与这些作为标准单位的同类物理量进行比较，得出其倍数的过程。倍数称为待测物理量的数值，选作的计量标准称为单位，因此，测量值包括数值和单位。

根据测量值获得方式的不同，测量可分为直接测量和间接测量两种。凡使用测量仪器能直接测得结果的测量，如用米尺测量物体的长度、用秒表测量一段时间等，称为直接测量，相应的物理量称为直接测得量。另外，还有很多物理量，它们不是用测量仪器直接测得的，而是先直接测量另一些相关的物理量，然后通过这些量之间的数学关系运算才能得到结果，这样的测量称为间接测量，相应的物理量称为间接测得量。例如，测量某物体的平均运动速率，我们是直接测量路程和通过这段路程所用的时间，然后经过计算得到的。显然，直接测量是间接测量的基础。

根据测量条件的不同，测量又可分为等精度测量和不等精度测量。

在相同的测量条件下进行的一系列多次重复测量是等精度测量。例如，同一个人，使用同一仪器，采用同一方法，对同一待测量连续进行多次重复测量（指重复进行测量的整个操作过程，而非仅仅重复读数），此时应该认为每次测量的可靠程度都相同，故称之为等精