

面向“十二五”高等学校应用型人才培养规划教材

大学物理实验

DAXUE WULI SHIYAN

王振彪 刘虎 郑乔 主编 <<<

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

面向“十二五”高等学校应用型
人才培养规划教材

大学物理实验

主 编 王振彪 刘 虎 郑 乔
副主编 崔建坡 张变芳 冀建利

中国铁道出版社

2009年·北京

内 容 简 介

本书根据《非物理类理工学科大学物理实验课程教学基本要求》，结合石家庄铁道学院近年来开放实验教学改革成果，总结多年教学经验编写而成。

全书共分四篇。第一篇为实验理论，介绍测量误差与不确定度理论、物理实验中的基本方法和技术；第二篇为实验操作，按照循序渐进的教学过程，安排有3个基础性实验，完成从中学实验阶段到大学实验阶段的过渡，有综合性Ⅰ实验10项、综合性Ⅱ实验12项，涵盖了力学、热学、电磁学、光学及近代物理实验；第三篇内容包括14个设计性实验，其中设计性实验Ⅰ部分可用于学期末实验操作考试；第四篇为实验学习资料，内容包括物理实验常用仪器仪表及使用、基本常数表等。书中每个实验除介绍与其相关的实验目的、实验仪器、实验原理、实验内容及数据处理方法、注意事项外，还配有预习题和课后作业题，为教学工作和学习提供方便。

本书可用于普通高校理、工科专业物理实验课程的教学，也可供工程技术、实验人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/王振彪,刘虎等主编. —北京:中国铁道出版社,2009.8

面向“十二五”高等学校应用型人才培养规划教材

ISBN 978-7-113-10409-2

Ⅰ.大… Ⅱ.①王… ②刘… 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 135274 号

书 名: 大学物理实验
作 者: 王振彪 刘 虎 郑 乔 主编

责任编辑: 李丽娟 电话: (010)51873135
编辑助理: 李慧君 高 军
封面设计: 郑春鹏
责任校对: 孙 玫
责任印制: 陆 宁

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 三河市华丰印刷厂

版 次: 2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷

开 本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张: 14.75 字数: 354 千

书 号: ISBN 978-7-113-10409-2/0 · 195

定 价: 28.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话: 市电 (010) 51873170, 路电 (021) 73170 (发行部)

打击盗版举报电话: 市电 (010) 63549504, 路电 (021) 73187

前言

Preface

大学物理实验作为高等院校的公共基础课,是大学生系统学习科学实验基础知识、实验方法和思想的入门课程,对学生科学素质、动手能力和开拓创新精神的培养有着极其重要的作用,是高校基础教学中不可缺少的重要环节。

我院物理实验中心的教师对大学物理实验教学内容和方法精雕细琢,不断钻研,30 年磨一“剑”,形成了本教材。

本教材主要有以下几个特点:

(1)在实验项目的编排上,打破了传统的力、热、电、光等学科分类设置实验项目顺序的编排形式,而按循序渐进的教学过程编排实验内容。该编排更能适合分阶段、多层次的开放式教学需要。

本教材将教学分为四个阶段:基础性实验、综合性实验Ⅰ、综合性实验Ⅱ、设计性实验Ⅰ(设计性实验Ⅱ为应用物理专业和有较强实验能力、有创新实验兴趣的学生设计。)

基础性实验:通过基础性实验完成从中学实验阶段到大学实验阶段的过渡,同时使学生熟悉大学物理实验的规则和要求,为后续实验奠定基础。建议用 8~12 学时。

综合性实验Ⅰ:实验要求具体、明确,讲解充分,实验内容比较简单,目的是使学生掌握基本的实验技术和数据处理方法。建议用 16~20 学时。

综合性实验Ⅱ:实验内容、技巧、要求难度大于综合性实验Ⅰ,目的是培养学生综合实验能力。建议用 20 左右学时。

设计性实验Ⅰ:给出实验要求、实验仪器、实验参考资料,由学生自主设计完成。该部分主要用于操作实验考试,考查学生的实验能力。

(2)提供设计性、创新性实验项目,提出实验思想,引导学生自主完成实验设计,并按照设计性实验组织形式完成实验。另外,学生可根据自己专业需要、爱好等自主选择,以便学生进行自主研究性学习与创新性训练。

(3)本书配有网络版的仪器介绍和部分电子教案,结合石家庄铁道学院物理实验中心网站,形成一个开放式、立体化的教材体系。更详尽的辅助材料可登陆 <http://phylab.sjzri.edu.cn> 石家庄铁道学院物理实验中心网站查阅。

本书第一章由刘虎编写,第二章由郑乔、刘虎共同编写,第三章由王振彪编写;第二篇、第

三篇的实验项目由王振彪、郑乔、刘虎、崔建坡、张变芳、冀建利、杜伟胜、乔治、史严等编写;第四篇由刘虎编写。本书由王振彪、刘虎、郑乔主编,李同锴、张彦立负责校对。

限于编者的水平,书中难免有缺点和错误,恳请读者批评指正,以便改进。

编 者
2009 年 6 月

④ 目 录 Contents

第一篇 实验理论

第一章 绪 论	1
第一节 大学物理实验的地位、作用和任务	1
第二节 大学物理实验课的基本程序	2
第三节 大学物理实验预约说明	3
第四节 实验规则	4
第二章 测量误差与不确定度理论	6
第一节 测量与误差的基本概念	6
第二节 偶然误差的理论分析与处理	10
第三节 测量结果的不确定度评定	13
第四节 有效数字的记录与运算	22
第五节 系统误差的分析与处理	24
第六节 实验方案的选择原则	27
练 习	30
第三章 物理实验中的基本方法和技术	31
第一节 数据处理的常用方法	31
第二节 物理实验中的基本实验方法	37
第三节 物理实验常用仪器的基本调整技术	39
练 习	41

第二篇 实验操作

第四章 基础性实验	43
实验一 固体密度测量	43
实验二 万用表的原理及使用	45
实验三 示波器的基础实验	52
第五章 综合性实验 I	63

实验一	刚体转动惯量的测量	63
实验二	气垫导轨上的实验	69
实验三	声速测量	77
实验四	单、双臂电桥测电阻	81
实验五	用示波器观测半导体二极管伏安特性	86
实验六	分光仪的调节与使用	88
实验七	杨氏弹性模量的测定	93
实验八	静电场模拟	97
实验九	用电位差计校准毫安表并测其内阻	101
实验十	迈克尔逊干涉仪的调节和使用	103
第六章	综合性实验 II	112
实验一	磁场测量	112
实验二	传感器应用 I	120
实验三	牛顿环和劈尖	127
实验四	全息照相	131
实验五	法布里—珀罗干涉仪的调节和使用	136
实验六	材料导热系数测量	139
实验七	半导体热电特性的研究	142
实验八	密立根油滴实验	147
实验九	金属钨电子逸出功的测量	151
实验十	超声探测实验	157
实验十一	弗兰克—赫兹实验	166
实验十二	微波干涉和布拉格衍射	168

第三篇 设计性实验

第七章	设计性实验 I	175
实验一	冲击电流计测电容	175
实验二	电位差计测电阻	176
实验三	热敏电阻热电特性研究	176
实验四	二极管伏安特性研究	177
实验五	环行电流磁场研究	178
实验六	用迈克尔逊干涉仪实现白光干涉	178
实验七	用迈克尔逊干涉仪测量空气折射率	179
实验八	用分光仪测量三棱镜的折射率	180
实验九	光波波长的测量	180
实验十	用分光仪测量光栅常数	182
第八章	设计性实验 II	183
实验一	万用表的组装	183
实验二	金属材料导热系数测量	185

实验三 传感器应用Ⅱ	185
实验四 光学实验平台上的系列实验	188

第四篇 实验学习资料

第九章 物理实验常用仪器仪表及使用	192
第一节 力学和热学实验常用仪器及使用	192
第二节 电磁学实验常用仪器、仪表及使用	199
第三节 光学实验常用仪器、元件及使用	207
第十章 基本常数表	213
附录 诺贝尔物理学奖年鉴	218
参考文献	225

第一章 绪 论

物理学是研究物质基本结构、基本运动形式、相互作用及其转化规律的学科。它的基本理论渗透在自然科学的各个领域,应用于生产技术的许多部门,是自然科学和工程技术的基础。

在人类追求真理、探索未知世界的过程中,物理学展现了一系列科学的世界观和方法论,深刻影响着人类对物质世界的基本认识和人类的思维方式、社会生活,是人类文明的基石,在人才的科学素质培养中具有重要的地位。

物理学本质上是一门实验科学。大学物理实验是科学实验的先驱,体现了大多数科学实验的共性,在实验思想、实验方法以及实验手段等方面是各学科科学实验的基础。

无论是在物理学,还是整个自然科学的发展过程中,实验和理论的相互作用都是一种内在的根本动力。1923年诺贝尔物理学奖获得者密立根曾经说过:“科学是在用理论和实验这两只脚前进的。有时是这只脚先迈出一大步,有时是另一只脚先迈出一大步,但是前进要靠两只脚,先建立理论然后做实验,或者是先在实验中得出新的关系,然后再迈出理论这只脚,并推动实验前进,如此不断交替进行。”

科学实验是为了预测、验证或获取新的信息,通过技术性操作来观测由预先安排的方法所产生的现象。科学实验是探索的过程,可能成功也可能失败,结果可能符合预期也可能否定预期,当然还可能有意收获,而得到未曾预期的结果。每一次科学实验的成功再一次揭示出自然界的奥秘,使人类在认识自然的道路上又前进一步。

教学实验以教学为目的,其目标不在于探索,而在于培养人才。教学实验都是理想化、排除了次要干扰因素而简化过了的,是经过精心设计准备的,是一定能成功的。通过实验可使学生获得基本的实验知识,体会到精密的设计思想,在实验方法和实验技能方面得到较为系统、严格的训练。同时,在培养良好的科学素质及科学的世界观方面,大学物理实验课程也起着潜移默化的作用。要攀登高峰,首先培养锻炼自身攀登高峰的能力,这好比建造通向高峰的阶梯,大学物理实验教学就是培养学生素质的一级重要的台阶。

第一节 大学物理实验的地位、作用和任务

大学物理实验是大学生进入高等院校后首先接触到的实践性教学环节,是对大学生进行

系统的科学实验方法和技能训练的重要必修课,是大学生从事科学实验的起步。大学物理实验课程的学习是后续专业课的基础,同时对大学生毕业后从事科学研究和工程技术实践也必将产生深远的影响。通过该课程的学习,不仅能培养大学生的实验操作能力,更主要的是培养他们的创造性思维能力以及分析问题、解决问题的能力。

大学物理实验课覆盖面广,具有系统的实验理论知识,包括力学、热学、电磁学、光学和近代物理学多方面的实验内容,是一系列科学实验训练的重要基础,具有丰富的实验思想、方法、手段,同时能提供综合性很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。大学物理实验课程在培养学生严谨的治学态度,活跃的创新意识,理论联系实际和适应科技发展的综合能力等方面具有其他实践类课程不可替代的作用。

因此,大学物理实验教学为培养创新型工程技术人才搭建了在实践教学环节中的第一级台阶。

本课程的具体任务是:

1. 培养学生的基本科学实验技能,提高学生的科学实验基本素质,使学生初步掌握实验科学的思想和方法。
2. 培养学生的科学思维和创新意识,使学生掌握实验研究的基本方法,提高学生的分析能力和创新能力。
3. 提高学生的科学素养,培养学生理论联系实际和实事求是的科学作风,认真严谨的科学态度,积极主动的探索精神,遵守纪律、团结协作、爱护公共财产的优良品德。

第二节 大学物理实验课的基本程序

大学物理实验课的基本程序一般可分三个阶段。

一、实验前的预习

在进行实验之前,学生应该仔细阅读实验教材和有关资料,明确该实验项目的目的,理解实验原理和方法,理清实验的整体思路。抓住实验过程中的关键步骤以便较好地控制实验过程、观察物理现象和及时准确地获得待测物理量的数据。为使测试结果清楚,防止漏测,应设计好记录数据的表格。学生应完成预习报告及预习作业。实验中涉及的一些相关仪器的图片和说明可以通过网站信息进行了解。课前预习的好坏是实验中能否取得主动的关键,课前没有预习的学生不能参加实验。

二、进行实验

学生根据自己预约的实验项目及时间进行实验。进入实验室后先交预习报告(预习报告不合格者将被取消该次的实验资格)。按照实验记录单指示的位置就坐,不经教师允许不能随意调换座位。检查本实验仪器是否齐全、完好,如有仪器损坏情况立即向指导教师说明。

经指导教师允许后方可开始实验操作,实验操作要遵守使用规范和相关注意事项中的说明。仪器布置要便于操作和数据读取,实验过程要按实验步骤进行,认真观察现象,正确记录数据。实验中若发现问题应及时向教师请教,不得随意处理。实验中要多动手操作,若两个人合作,要轮流操作。要根据仪表的最小刻度或准确度等级决定实验数据的有效数字位数,并用

钢笔或圆珠笔如实记录原始数据。实验完毕,将实验数据交教师审查签字,再将实验仪器整理还原后方可离开实验室。实验应在规定的时间内完成,教师和学生均不允许无故拖延实验时间。

三、书写实验报告

实验后要对实验数据及时进行处理,根据要求写出实验报告。报告中文字叙述力求简练、通顺,数据要齐全,作图要规范。实验报告内容主要包括:

1. 实验名称。
2. 实验目的。
3. 实验仪器(写明规格、型号)。
4. 实验原理:简单叙述有关物理内容(包括电路图或光路图或实验装置示意图)、主要公式及公式成立所满足的条件等。
5. 实验简要步骤。
6. 数据表格与数据处理:一方面要完成计算、作图、测量不确定度的分析,给出实验结果,另一方面要对取得的实验结果作误差分析。
7. 必要的讨论,包括解答教师指定的作业题,实验中发现的现象及其解释,对实验装置和方法的改进意见等。

第三节 大学物理实验预约说明

进入 21 世纪,以激发学生学习主动性、满足学生个性化发展为目的的开放式实验教学模式成为物理实验教学改革的热点。以网络技术为依托的物理实验预约及管理系统成为架在实验室资源与学生之间的桥梁。实验室将可开放的教学资源发布在网上,学生通过网络进行实验预约,而后按预约进行实验。教师则通过管理系统完成开放式实验教学的组织工作。

1. 石家庄铁道学院物理实验中心网站(<http://phylab.sjzri.edu.cn>)是一个综合型的物理实验教学网站,旨在为同学们学好物理实验课程提供更多的服务。

2. 物理实验课程中的所有实验均采用网上预约形式。

3. 实验预约页面上附有实验代码对照表,如图 1-3-1 所示。它能提供实验名称及上课时间段各自对应的代码。在登记及查询中将用到这些代码,显示内容中也将用这些代码代表实验名称及上课时间。

4. 登记前先查询可登记信息,通过选择实验名称对应的代码(all 代表所有实验)及星期几(all 代表所有可上课时间,1~7 代表星期一到星期日)来查询目前的可登记资源。点击查询按钮后,右侧所显示的列表为目前可登记资源,表中的数字为某实验某时间段的可登记数,该数字为 0 时表示该实验该时间段已登记满额,无法再登记。

5. 在“登记选项”栏填入学号、密码、实验代码、时段、实验日期等选项,点击登记按钮即可完成实验预约登记。若密码丢失,应向实验室提出书面申请。

6. 如因故不能参加所选实验,请在实验开始 48 小时前通过“退订实验”栏自行在网上调整。错过网上退订时间,须向实验室提出书面申请进行实验退订,否则按旷课记,所预约实验成绩为零分。



实验预约登记栏。选择自己要完成实验的时间及代码进行预约登记。

查询结果显示窗口。数字代表可登记人数。

图 1-3-1 物理实验网络预约界面

第四节 实验规则

为了保证实验正常进行以及培养严肃认真的工作作风和良好的实验工作习惯,特制定下列规则:

1. 学生应按约定的时间进行实验,不得无故缺席或迟到。因病因事不能按时参加实验,须提前退订或到实验室办理相关手续。
2. 学生在每次实验前应对预约的实验进行预习,并在预习的基础上写出预习报告。
3. 进入实验室后,应将预习报告交给教师检查,并回答教师的提问,经过教师检查认为合格后,才可以进行实验。预习不合格的同学不能参加实验。
4. 进入实验室后,根据仪器清单核对自己使用的仪器有否缺少或损坏。若发现问题,应向指导教师提出。未列入清单的仪器,可向指导教师借用,实验完毕时归还。实验过程中不得擅自调桌、调换仪器。
5. 实验前应细心观察仪器构造,操作时动作应谨慎细心,严格遵守各种仪器仪表的操作规则及注意事项。尤其是在电学实验的操作中,线路接好后,应先经教师或实验室工作人员检查,经许可后才可接通电源,以免发生意外。实验中如有异常,应立即断电检查。
6. 实验时应携带必要的物品,如文具、计算器和草稿纸等。对于需要作图的实验应事先准备坐标纸。
7. 实验时应注意保持实验室整洁、安静。实验完毕应将实验数据交给指导教师检查,实验合格者,予以签字通过。应将仪器、桌椅放置整齐,经指导教师同意后才能离开实验室。实

验结束后,值日生应做好实验室清洁工作。

8. 如损坏仪器应及时报告指导教师,并填写损坏单,说明损坏原因。因违规操作造成仪器损坏者,依据学校相关规定进行处理。

第二章 测量误差与不确定度理论

任何科学实验和工程实践都离不开测量,可以说没有测量就没有科学。在测量实验结果中存在误差的必然性与普遍性,影响了得到的实验数据的可信赖性,甚至失去其科学价值与实用意义。因此,为了减小和控制误差的影响,掌握误差理论知识,具备认识误差性质、分析误差因素及其产生原因、减小和控制误差及最终结果评定能力,是非常必要的。在长期、大量的实践中,人们也越来越认识到掌握误差理论知识的重要性,特别是在当今这个信息技术时代,任何科学实验和工程实践所获得的大量数据信息,必须经过合理的数据处理并给出科学的评价,才有其实际价值。

任何实验都必须遵循一定的原理,按照一定的方法,使用一定的仪器,在一定环境中进行。由于测量原理的局限性、测量方法的不完善、测量仪器的精度限制、测量环境的不理想、测量者实验技能的差异等若干因素的影响,所有的实验都不可避免地存在误差。

第一节 测量与误差的基本概念

一、测量的定义和分类

所谓测量,就是通过物理实验的方法,把被测量与作为标准的同类单位量进行比较的过程。测量的结果包括数值(即度量出它是标准单位的倍数)、单位(即所选定的物理量)以及结果的可信程度(用不确定度表示)。

1. 直接测量和间接测量

测量可有不同的分类方式,根据获得测量结果的方式不同,可将测量分为直接测量和间接测量。

(1) 直接测量

凡是利用量具、量仪直接对待测量进行测量,就能得到待测量结果的操作,称为直接测量。如用米尺测物体的长度,用天平测物体的质量,用电流表测量电流,用温度计测量温度等均属于直接测量。

(2) 间接测量

先通过若干直接测量的结果,然后利用一定的函数关系求出待测量结果的操作,称为间接测量。例如在圆柱形固体密度的测定实验中,其密度

$$\rho = \frac{4m}{\pi d^2 h}$$

式中圆柱体的质量 m 、直径 d 及高 h 均可直接测量,根据上述关系即可计算出密度 ρ ,此为间接测量。

2. 等精度测量和不等精度测量

在测量某一物理量时,通常要对物理量重复多次测量,但是对该物理量的测量结果往往与

测试条件有关。测量又可分为等精度测量与不等精度测量。

(1) 等精度测量

即在相同的测量条件下,对同一测量量进行的连续多次的测量。所谓相同测量条件是指,同一测量程序,同一计量器具,同一观测者,同一地点,同一使用条件,在短时间内进行重复测量。

(2) 不等精度测量

即在不同的测量条件下,对同一被测量进行的测量。所谓的不同测量条件是指或用不同测量原理和方法,或用不同计量器具,或为不同观测者,或在不同地点,或不同使用条件,或在不同时间进行的测量。

注意:处理不等精度测量的结果时,需要根据每个测量值的“权重”,进行“加权平均”,但在一般实验中很少采用“加权平均”。等精度测量的误差分析和数据处理相对简单,本书所介绍的对每一个量的多次测量,若无另加说明,都指等精度测量,其误差分析和数据处理都针对等精度测量而言。

二、误差

从测量角度讲,任何一个待测物理量,在一定的条件下,都有一个确定的真值客观存在。所谓真值是指待测量的真实大小,是待测量客观存在的量值。但由于实验仪器、条件、方法、人的观察能力等因素的存在,真值是不可能确切得到的,测量结果仅仅是待测量的近似值。也就是说测量结果与真值之间有一定差异,即误差。

测量误差可以用绝对误差表示,也可以用相对误差表示。测量值与被测量的真值之差称为绝对误差,通常简称为误差。绝对误差与被测量的真值之比称为相对误差。

如果被测量的真值为 x_0 , 测量值为 x , 则绝对误差 = 测量值 - 真值, 用符号表示为

$$\Delta x = x - x_0 \quad (2-1-1)$$

相对误差 = $\frac{\text{绝对误差}}{\text{真值}} \times 100\%$, 用符号表示为

$$E(x) = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\% \quad (2-1-2)$$

绝对误差可以表示单一测量结果的可靠程度,而相对误差则可以比较不同测量结果的可靠性。相对误差有时更能反映测量的准确程度,相对误差越小,准确度越高。

三、误差的分类

根据误差来源和性质的不同,一般可将误差分为系统误差和偶然误差两类。在实验数据中,这两类误差常常是混在一起出现的。

1. 系统误差

等精度测量同一物理量时,其结果的符号和大小按一定规律变化的误差称为系统误差。其来源有以下几个方面。

(1) 仪器误差

仪器误差是由于仪器本身的缺陷或没有按规定的条件使用仪器而造成的误差,如天平不等臂、零点没有调准等。

(2) 方法误差

方法误差是由于实验方法本身或理论不完善导致的误差,如测量方法中有关因素考虑不周全,有附加值进入观测或采用近似公式等。

(3) 环境误差

环境误差是由于外界环境(如光照、温度、湿度、电场等)的影响而产生的误差,如标准电池没有在规定的环境温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下使用等。

(4) 人为误差

人为误差是由于实验者的感官或习惯所引入的误差,如读数时有人总是头偏向一边等。

系统误差不能通过多次测量来消除,但是如果找出产生系统误差的原因,就可以采用一定的方法来消除它的影响或对测量结果进行修正。

2. 偶然误差

在同一条件下多次测量同一物理量时,在消除或修正一切明显的系统误差之后,测量结果仍会出现一些无规律的起伏。这种绝对值和符号随机变化的误差,称为随机误差,对于数学期望值为零的随机误差通常称为偶然误差。其来源主要有以下几方面。

(1) 主观方面

指由于人的感官(听觉、视觉、触觉)灵敏程度不相同及操作不熟练而表现出来的估读能力不一致等。

(2) 测量器具方面

测量器具本身一些不确定的原因引起的指针向左或向右偏转,使得结果不固定。

(3) 环境方面

气流扰动,温度的微小起伏,不规则的振动,杂散电磁场不规则的脉动及噪声等对结果造成影响。

偶然误差的存在使得在相同条件下对同一物理量做多次测量时,每次测量值有时偏大,有时偏小,误差的正负号变幻无常。但是如果增大测量次数,能发现它具有一定的规律,服从一定的统计分布。

另外,测量者在观察、测量、记录和整理数据的过程中,由于缺乏经验、粗心大意、疲劳等原因,经常会出现错误。错误不属于误差的范畴,是应当避免的。对于物理实验的初学者来说,必须端正工作态度,严格按照实验要求,认真对待实验的整个过程,尽量避免错误的产生。

四、测量结果的定性评价

定性评价测量结果时,常用到精密度、准确度、精确度这三个术语。虽然这三者都是用来评价测量结果好坏的,但含义却有较大区别,使用时应予以区别。

1. 精密度

精密度是反映随机误差大小的程度,它是对测量结果重复性的评价。精密度高是指测量重复性好,各次测量值的分布密集,随机误差小。

2. 准确度

准确度是反映系统误差大小的程度。准确度高是指测量数据的算术平均值偏离真值较少,系统误差小。

3. 精确度

精确度是反映偶然误差与系统误差综合大小的程度。精确度也简称精度。精确度高是指

测量结果既精密又准确,即随机误差与系统误差均小。

如图 2-1-1 所示,以射击打靶的弹着点分布为例,形象地说明了三个术语的意义。其中,图 2-1-1(a)表示精密度高而准确度低,图 2-1-1(b)表示准确度高而精密度低,图 2-1-1(c)表示精密度和准确度均低,图 2-1-1(d)表示精密度和准确度均高。

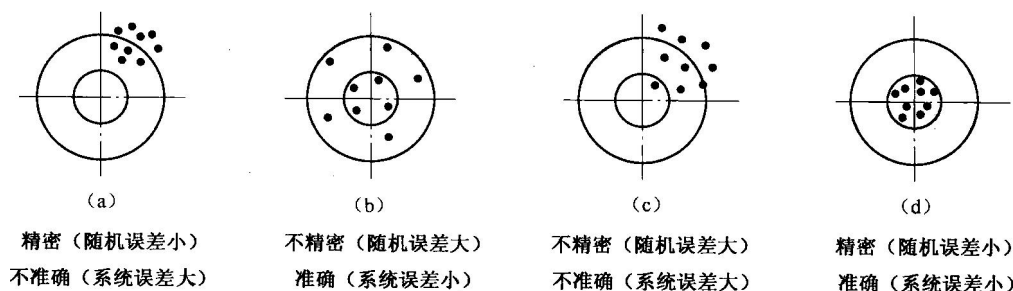


图 2-1-1 精密度、准确度、精确度示意图

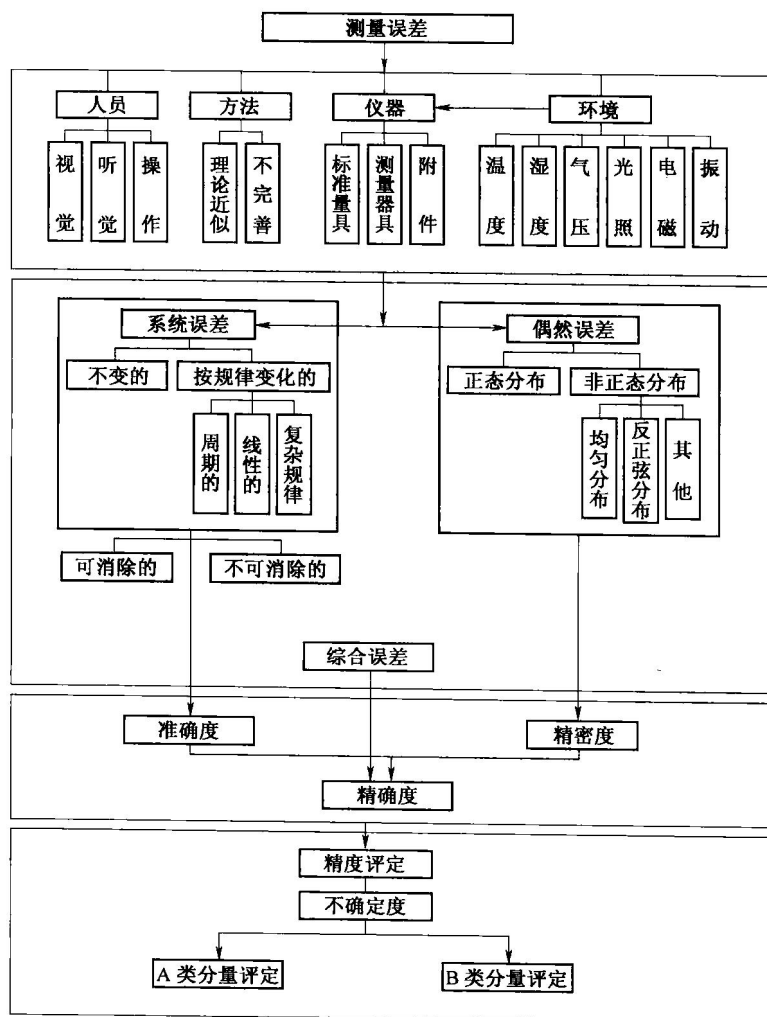


图 2-1-2 测量误差分析图