

大学物理实验

主编 武宝山 凌海秋



科学出版社

大学物理实验

主编 武宝山 凌海秋

参编 刘 静 张红燕 阿合买提江·买买提

李 强 张冀生

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是根据《高等工科学校物理实验教学基本要求》，结合我校近几年的教学改革实践，为适应新的教育教学的发展而编写的。

全书共五章，包括绪论、测量、误差及不确定度、物理实验的基本方法和技术、基本物理实验和设计性实验。本书定位于基础性基本物理实验，在基本物理实验中，加强了对实验步骤和实验数据处理方法两方面内容的编写，对指导大学生进行实验，以及培养学生实验数据的处理能力有较好的帮助。

本书可作为高等院校工科专业和理科非物理专业大学物理实验教材，也可供其他专业参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理实验 / 武宝山, 凌海秋主编. —北京: 科学出版社, 2017.1
ISBN 978-7-03-050250-6

I. ①大… II. ①武… ②凌… III. ①物理学-实验-高等学校-教材
IV. ①O4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 244388 号

责任编辑: 昌 盛 陈曰德 / 责任校对: 彭 涛

责任印制: 白 洋 / 封面设计: 迷底书装

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>

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 1 月第 一 版 开本: 720 × 1000 1/16

2017 年 1 月第一次印刷 印张: 13 3/4

字数: 277 000

定价: 32.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

近年来,实验教学越来越受到关注.大学物理实验对于培养应用型人才、为国家培养适应社会需要的技术力量起到越来越重要的作用.就大学物理实验本身而言,从内容到技术也在不断更新变化.实验的新概念、新方法、新的实验设备及实验技术等都层出不穷.

本书在实验的选择上,基本保持了那些经典的、相对稳定的、又具有迁移价值的物理实验项目.对基础物理实验的编写,除保持了我们学院实验教材一贯的风格,内容详尽清楚,同时在数据处理的编写上更为细化,对指导刚接触大学基础实验的低年级学生尤其少数民族学生进行后续的数据处理,实验报告的完成有较好的帮助.对本校有些新购置的仪器进行了简要介绍,便于学生在实验过程中掌握其基本的调试和使用方法,利于学生顺利进行实验操作.本书所有的实验都经过实际验证,学生按书中所提供的内容和步骤即可顺利进行操作和数据处理.

本书的数据处理平台为 WPS 数据库软件,并专门列出一节详细介绍如何使用该软件来处理物理实验数据;并在数据记录表格的设计中,将原始数据记录与数据计算分离,希望学生在教师的引导下,积极使用计算机进行数据处理.

本书是在我院多年教学实践的基础上,经过多位专家教授的不断改进、反复实践、逐步充实形成的.特别需要指出的是:姬秉正教授呕心沥血数十年编写的《大学物理实验》、艾尔肯·阿不列木教授简编的《新编大学物理实验》,都为本教材的编写提供了最有意义的借鉴资料,同时编者也参考了很多兄弟院校的教材.本书的编写,得到了我院领导的大力支持、大学物理实验中心的通力协作和物理学院全体教师无私帮助,在此我们向所有参与大学物理实验建设和编写的教师表示衷心的感谢.

全书共 5 章,武宝山编写了第 1 章和改写第 5 章,李强编写第 2 章,凌海秋编写第 3 章.实验部分:武宝山编写了实验 4.10、4.12、4.16、4.22、4.23;凌海秋编写或改编实验 4.6、4.9、4.11、4.14、4.15;刘静编写实验 4.1、4.2、4.17、4.24、4.25;张红燕编写实验 4.3、4.5、4.7、4.21;阿合买提江改编实验 4.8、4.18、4.19、4.20;张冀生编写实验 4.4、4.13.

虽然我们投入全部心血和热情,但由于编者水平有限,书中难免有疏漏、不

当之处,衷心希望专家和师生在使用过程中给予批评及建议,以利于我们今后进一步的修订完善.

编 者

2016年11月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 大学物理实验课程的地位和作用	1
1.2 大学物理实验课的学习特点	2
1.3 实验报告要求	3
1.4 实验室规则	4
第 2 章 测量、误差及不确定度	5
2.1 测量与测量误差	5
2.1.1 测量	5
2.1.2 误差	6
2.1.3 误差的分类	7
2.1.4 精密度、正确度和准确度	9
2.2 随机误差的分布规律及估算	10
2.2.1 随机误差的分布规律	10
2.2.2 有限次等精度测量的标准偏差	13
2.2.3 坏值的剔除	14
2.3 有效数字及其运算规则	15
2.3.1 有效数字的概念	15
2.3.2 有效数字的运算规则	16
2.4 测量不确定度及结果的表示	19
2.4.1 测量不确定度	19
2.4.2 直接测量结果不确定度的评定	21
2.4.3 间接测量结果不确定度的评定	24
2.5 实验数据的表示和处理方法	28
2.5.1 列表法	29
2.5.2 作图法	30
2.5.3 逐差法	32
2.5.4 线性回归	34
2.6 WPS 表格软件用于处理物理实验数据	36

2.6.1	WPS 表格的基本操作	36
2.6.2	WPS 表格进行数据处理的实例	39
2.7	实验数据处理实例	47
2.7.1	实验内容及测量数据	48
2.7.2	数据处理	48
第 3 章	物理实验的基本方法和技术	53
3.1	物理实验的基本测量方法	53
3.2	物理实验中的基本调整与操作技术	56
3.3	电磁学实验常用仪器及操作规范	58
3.3.1	电磁学实验常用仪器	58
3.3.2	电磁学实验的操作规范	62
3.4	光学仪器的正确使用与维护	63
第 4 章	基本物理实验	65
实验 4.1	长度的测量	65
实验 4.2	质量与密度的测量	71
实验 4.3	用光电计时测量重力加速度方法探讨	75
实验 4.4	气垫导轨的使用——验证牛顿第二定律	79
实验 4.5	气垫导轨的使用——简谐振动的研究	85
实验 4.6	用三线摆测转动惯量	90
实验 4.7	弦振动的研究	96
实验 4.8	静态拉伸法测金属杨氏模量	100
实验 4.9	液体表面张力系数的测定	106
实验 4.10	测定冰的熔解热	112
实验 4.11	测定水的比汽化热	117
实验 4.12	冷却法测量金属比热容	122
实验 4.13	静电场的描绘	127
实验 4.14	伏安法测电阻及讨论	131
实验 4.15	电表的改装和校准	136
实验 4.16	示波器的原理和使用	144
实验 4.17	测量超声波的声速	151
实验 4.18	单臂电桥测量中值电阻	158
实验 4.19	双臂电桥测量低值电阻	163
实验 4.20	薄透镜焦距的测定	169
实验 4.21	阿贝折射仪测液体折射率	175
实验 4.22	分光计的调整和测角	181

实验 4.23	光栅衍射实验	188
实验 4.24	用牛顿环干涉测透镜曲率半径	193
实验 4.25	旋光度的测定实验	198
第 5 章	设计性实验	206
实验 5.1	食盐密度的测量	206
实验 5.2	用声驻波测空气中的声速	206
实验 5.3	“风洞”实验	207
实验 5.4	测定角速度和角加速度	207
实验 5.5	测量小灯泡的伏安特性曲线	208
实验 5.6	电学黑盒子	208
实验 5.7	自组直流电桥	208
实验 5.8	薄片厚度的测量	209
实验 5.9	单摆测重力加速度	209
实验 5.10	验证动量守恒定律	210
实验 5.11	落球法测液体黏度系数	210
参考文献		211

第 1 章 绪 论

实验是科学理论的源泉，是工程技术诞生的摇篮，学好物理实验对于高校理工科学生是十分重要的。

1.1 大学物理实验课程的地位和作用

在物理学史上，16 世纪意大利物理学家伽利略首先摒弃了形而上学的空洞思辨，代之以敏锐观察、勤于实验，并把物理实验作为物理学系统理论的基础、依据和发展物理学必不可少的手段，从而使物理学走上真正的科学道路。在物理学发展史上，这方面的例子不胜枚举。如对光的本性认识中，牛顿倡导的微粒说和惠更斯主张的波动说进行了一个多世纪的争辩，孰是孰非，莫衷一是。最后托马斯·杨在 1800 年发表了双缝干涉实验，结果才使波动说得到了确认。然而，到了 19 世纪末、20 世纪初，由于光电效应实验又揭示了光的粒子性，从而使人们认识到光具有波粒二象性。又如 19 世纪初，多数物理学家对光和电磁波的传播不需要介质的观点是不能接受的，因此假设宇宙空间存在着一种称之为“以太”的介质，它具有许多异常而又不合理的特性。正是在这种情况下，迈克耳逊和莫雷合作，用干涉仪进行了著名的“以太”实验，实验的“零结果”否定了“以太”的存在。

物理实验也是推动科学技术发展的有力工具。20 世纪现代科学技术的发展，如现代核技术是建立在如铀、钚和镭等元素放射性的发现、 α 粒子散射实验、重核裂变和核的链式反应等物理实验的实现基础之上的。这才有后来的原子弹、氢弹的爆炸，核电站的建立。激光技术，如激光通信、激光熔炼、激光切割、激光钻孔、激光全息术、激光外科手术和激光武器等几乎都是从物理实验室中走出来的。而信息技术则是在量子力学和固体能带理论的建立与验证的基础上，于 1974 年在物理实验室中研制出晶体管，并发展呈现的大规模集成电路，超大规模集成电路，集成度以每 10 年 1000 倍的速度增长。可见，现代技术的突破大多是从实验室中诞生的。

随着物理学的发展，人类积累了丰富的实验思想和实验方法，创造出了各种精密巧妙的仪器设备；同时，用于试验的教学方法以及计算机科学在实验中的应用等，使物理测量技术不断得到发展。这实际上已赋予物理实验以极其丰富的、

不同于物理学本身的特有的内容,并逐步形成一门单独开设的具有重要教育价值和教育功能的实验课程.它不仅可以加深对理论的理解,更重要的能使同学们获得基本的实验知识、技能和科学创新的能力,为今后从事科学研究和工程实践打下扎实的基础.

“大学物理实验”是一门独立的必修基础实验课程,是同学们进入大学后受到系统实验方法和实验技能训练的开端.本课程的目的和任务是:

(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,提高对科学实验重要性的认识.

(2) 培养与提高学生的科学实验能力.其中包括:①能够通过阅读实验教材或资料,做好实验前的准备;②能够借助教材或仪器说明书,正确使用常用仪器;③能够运用物理学理论,对实验现象进行初步的分析判断;④能够正确记录和处理实验数据,绘制实验曲线,说明实验结果,撰写合格的实验报告;⑤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、团结协作和爱护公共财物的优良品德.

1.2 大学物理实验课的学习特点

大学物理实验课的教学主要由三个环节构成.

1) 实验前的预习——实验的基础

实验前的预习是一次“思想实验”的练习,同学们在课前要认真阅读实验内容和有关资料,理解实验原理、方法和目的,然后在脑子中“操作”这一实验,拟出实验步骤,思考可能出现的问题和得出的结论,最后写出预习报告.未完成预习和未写完预习报告者,教师有权停止其实验或将成绩降档.

2) 实验中的操作——实践的过程

(1) 遵守实验室规则.

(2) 了解实验仪器的使用及注意事项.

(3) 正式测量之前可作试验性探索操作.

(4) 仔细观察和认真分析实验现象.

(5) 如实记录实验数据和现象.

在实验操作中要逐步学会分析实验,排除实验中出现的各种故障,而不能过分地依赖老师;对所得结果要做出粗略的判断,与理论预期相一致后,再交教师签字认可.

离开实验室前,要整理好所用的仪器,做好清洁工作,数据记录须经教师审阅签字。

3) 实验后的报告——实验的总结

实验报告是实验工作的总结,要求文字通顺、字迹端正、图表规范、数据完备和结论明确。一份好的实验报告还应给同行以清晰的思路、见解和新的启迪。同学们要养成在实验操作后尽快写出实验报告的习惯,即对原始数据进行处理和分析,得出实验结果并进行不确定度评估和讨论。

1.3 实验报告要求

一份完整的实验报告,经过实验前预习报告、实验中的数据记录和实验后的处理分析三阶段完成。

1) 预习报告

预习报告为正式报告的前期内容,要求在实验前写在实验报告上,内容包括:

- (1) 实验名称。
- (2) 实验目的。
- (3) 主要仪器设备(型号、规格等)。如果不清楚的可在实验时,查看仪器再写。
- (4) 实验内容:实验内容应该由四部分组成:实验原理、实验步骤、数据表格和数据处理与分析。实验前的预习主要作前三项,要求如下:

① 实验原理(摘要):在理解的基础上,用简短的文字扼要阐述实验原理,切忌照抄。力求图文并茂。图是指原理图、电路图或光路图;写出实验所用的主要公式,说明各物理量的意义和单位,以及公式的适用条件等。

② 实验步骤及注意事项,重点写出“做什么,怎么做”。

③ 列出数据记录表格。注意列出其他需完成的测量量,以免实验时遗漏,无法完成后续实验数据处理。

2) 实验记录

实验的记录是进行实验的一项基本功,同学们要在实验课上完成,要养成这个良好的习惯。内容包括:

(1) 仪器。记录实验所用主要仪器的编号和规格。记录仪器编号是一个好的工作习惯,便于以后必要时对实验进行复查。

(2) 可以对特别的实验内容和实验现象进行纪录。

(3) 数据。数据记录应做到整洁清晰,有条理,尽量采用列表法。表格栏内要注明物理单位。要实事求是地记录客观现象和实验数据,不能只记录结果而略去原始数据,更不可为拼凑数据而对实验记录作随心所欲的修改。

(4) 实验时, 将实验数据记录在已写好的预习报告中数据表格里.

3) 数据处理与计算

数据处理及计算在实验后进行, 将处理过程在实验报告中实验内容的第四部分完成. 内容包括:

(1) 作图、计算结果和做不确定度评估.

(2) 结果: 按标准形式写出实验结果(测量值, 不确定度和物理单位), 有必要时注明实验条件.

(3) 作业题: 完成教师指定的思考题.

(4) 对实验中出现的说明和讨论, 以及实验心得或建议等.

1.4 实验室规则

(1) 实验前应认真预习, 按时上实验课.

(2) 进入实验室, 必须衣着整洁、保持安静, 严禁闲谈喧哗、吸烟、随地吐痰. 不得随意动用与本次实验无关的仪器设备.

(3) 遵守实验室规则, 服从教师指导, 按规定和步骤进行实验. 认真观察和分析实验现象, 如实记录实验数据, 不得抄袭他人的实验结果.

(4) 注意安全, 严格遵守操作规程. 爱护仪器设备, 节约用水、电、药品、试剂、元器件等. 凡违反操作规程或不听从教师指导而造成仪器设备损坏等事故者, 必须写出书面检查, 并按学校有关规定赔偿损失.

(5) 在实验过程中若仪器设备发生故障, 应立即报告指导教师及时处理.

(6) 实验完毕, 应主动协助指导教师整理好实验用品, 切断水、电、气源, 清扫实验场地.

(7) 按指导教师要求, 及时认真完成实验报告.

第2章 测量、误差及不确定度

在科学研究和实验过程中,往往离不开对某个物理量的测量.物理实验除了定性地观察物理现象外,也需要对物理量进行定量测量,并确定各物理量之间的关系.

由于测量设备、环境、人员、方法等方面诸多因素的影响,使得测量值与真实值并不完全一致,这种差异在数值上表现为误差.随着科学水平的提高和人们的经验、技巧、专门知识的丰富,误差虽然可以被控制得越来越小,却始终不能消除.因此,对测量得到的数据要选择合适的方法进行处理,并对其可靠性做出评价,否则,测量结果是没有价值的.

误差与数据处理理论已发展为一门学科,它涉及的内容丰富,且较为复杂.在此,将简单介绍大学物理实验中涉及的基本知识.

2.1 测量与测量误差

2.1.1 测量

1. 测量的定义

所谓**测量**,就是借助于专门设备,通过一定的实验方法,以确定物理量值为目的所进行的操作.它是一个实验比较的过程,即把一个量(待测量)与另外一个量(标准量)相比较.

测量由测量过程与测量结果组成.测量过程是执行测量所需的一系列操作,包括建立单位、设计工具、设计测量方法、研究分析测量结果、寻找减小误差的途径等方面.测量结果由测量所获得的待测量的值表示,一般由数值、单位和精度评定三部分组成.

从不同的角度考虑,测量有不同的分类法.按照测量结果获得方法的不同,测量分为直接测量和间接测量;按照测量条件的不同,测量可分为等精度测量和非等精度测量.

2. 直接测量和间接测量

直接测量：从仪器或标准的量具上直接读取待测量大小的测量。例如，用米尺测量物体的长度，用秒表测量运动员的短跑时间，用天平称物体的质量，用千分尺测量物体的高度或直径等，都属于直接测量。相应的被测物理量称为直接测量量。

间接测量：待测量的量值是通过若干个直接测量量经过一定的函数关系运算后得到的测量。例如，先直接测出圆柱体的质量 m 、直径 D 和高度 h ，再根据公式 $\rho = \frac{4m}{\pi D^2 h}$ 就可计算出该圆柱体的密度 ρ ，这里 ρ 就是间接测量量。

实际测量中多数属于间接测量。但间接测量量通过一定的函数关系依赖于若干直接测量量，因此直接测量是一切间接测量的基础。

3. 等精度测量和不等精度测量

在相同的测量条件下(同一测量者,同一组仪器,同样的实验方法和环境等)对某一待测量进行多次重复测量,则每次得到的测量值可信赖程度是相同的,即具有相同的精度,这种重复测量称为**等精度测量**。在诸测量条件中,只要有一个发生了变化,这时所进行的测量,就称为**不等精度测量**。

等精度测量与不等精度测量的数据,在处理方法上有所不同。不等精度测量所获得的数据可信赖程度(也就是精度)是不同的,在数据处理过程中以精度为权重,对数据进行加权处理。相对于不等精度测量,等精度测量数据处理方法相对简单。尽管实际测量中很难保证所有条件不变,但只要测量条件变化不大,一般都可近似为等精度测量。大学物理实验学习阶段,主要考虑等精度测量。

2.1.2 误差

1. 误差的定义

物理量在客观上本身所具有的确数值,称为**真值**。因为物理量的真值需要通过完善的测量来获得,而实际测量总是不完善的,因此测量值与客观存在的真值之间有一定的差异。我们定义测量值与被测量的真值之差称为测量的**绝对误差**(简称**误差**)。实践证明,测量中的误差不可能消除,或通过测量不能获得真值,这称为**误差公理**。

真值是一个理想概念,通常不可能确切知道。只在极少情况下,真值已知。例如,三角形内角之和为 180° ; 真空磁导率为 $4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$; 理想电容或电感构成的电路,电压与电流的相位差为 90° 等。此外,为了实际工作的需要,有时将一些

公认值和约定值作为真值,称为**约定真值**。如国际计量局公布的电子电量 e ,普朗克常数 h 等物理量;圆周率 π 的公认值等。

2. 误差的表示

设被测量的真值为 a ,测量值为 x ,则绝对误差 ε 为

$$\varepsilon = x - a \quad (2.1-1)$$

绝对误差可正可负。绝对误差的绝对值越小,表明测量越准确。然而绝对误差无法很好地反映不同测量结果间的优劣,此时用相对误差比较合适。**相对误差**定义为

$$E_r = \frac{x - a}{a} \times 100\% \quad (2.1-2)$$

相对误差是无量纲数,通常用“%”表示。

例如,一张桌子的长度为100 cm,一个小木块的长度是1 cm,假设它们的测量误差都为0.1 cm。显然,在这两个测量中,桌子的测量结果要精确的多。然而桌子和小木块的绝对误差相同,但相对误差分别为0.1%和10%,可见相对误差能更好地反映测量的精度高低。

如果待测量的理论值或公认值已知,也可用**百分误差**来表示测量结果的好坏。**百分误差**定义为

$$\text{百分误差 } \eta = \frac{\text{测量最佳值} - \text{公认值}}{\text{公认值}} \times 100\% \quad (2.1-3)$$

2.1.3 误差的分类

根据误差产生的原因和性质,可将误差分为系统误差、随机误差和粗大误差三类。

1. 系统误差

在相同条件下,对同一被测量量的多次测量中,误差的绝对值和符号(正、负)保持恒定,或在条件改变时误差的绝对值和符号(正、负)按可预知的方式变化,这类误差称为**系统误差**。

系统误差的来源主要包括以下几个方面:

(1) **仪器因素**: 由于仪器本身固有的缺陷,或仪器的定标和调整不妥,或使用不当引起的误差。如天平不等臂、分光计读数装置的偏心差、电表的示值与实际值不符等属于仪器缺陷,在使用时可采用适当测量方法加以消除。仪器设备安装调整不妥,不满足规定的使用状态,如不水平、不垂直、偏心、零点不准等情况

应尽量避免.

(2) **理论或方法误差**: 由于测量所依据的理论公式近似或实验条件达不到理论公式所规定的要求等引起的误差. 如单摆测重力加速度时所用公式的近似性; 伏安法测电阻时, 不考虑电表内阻的影响等.

(3) **环境误差**: 由于外部环境如温度、湿度、光照等与仪器要求的环境条件不一致而引起的误差.

(4) **人员因素**: 由于实验人员主观因素和操作技术所引起的误差. 如用停表计时时, 总是超前或滞后; 对仪表读数时, 总是偏一方斜视, 造成读数偏大或偏小等.

按对误差掌握程度, 系统误差可分为**已定系统误差**和**未定系统误差**. 已定系统误差的大小和符号是可以确定的, 如千分尺、电表的零位误差, 伏安法测电阻时电表内阻引起的误差等, 这类误差可以修正. 未定系统误差是大小和符号不能确定, 只能估计出大小变化范围的系统误差, 如仪器误差.

按误差的变化规律, 系统误差又可分为**定值系统误差**和**变值系统误差**. 定值系统误差的大小和符号保持恒定不变. 变值系统误差的大小和符号按某一确定规律变化, 如线性、周期性等规律.

系统误差的来源如果能被发现, 那么就可以想办法得以减小, 甚至消除. 如对仪器正确定标, 使用更严格的理论公式等. 此外, 还有一些常用的实验方法能够用来减小和消除某些系统误差, 包括交换法, 替代法, 异号法, 半周期法等. 如用交换法可以消除物理天平不等臂产生的系统误差; 用替代法测量电阻, 可以避免电路节点处的接触电阻以及电路元件阻值偏差带来的系统误差; 半周期法可消除按周期性变化的变值系统误差. 这些实验方法将在第三章进行详细介绍.

2. 随机误差

在同一测量条件下, 多次测量同一物理量时, 误差的绝对值时大时小, 符号时正时负, 以不可预知的方式变化, 这种误差称为**随机误差**. 随机误差是由测量过程中一些随机的或不确定的因素引起的. 例如, 人的感官灵敏度及仪器精度有限, 实验环境(温度、湿度、气流等)变化, 电源电压起伏, 微小振动等都会导致随机误差. 由于引起随机误差的因素复杂, 又往往交叉在一起, 不能分开, 因此, 随机误差是无法控制的, 无法从实验中完全消除. 但随机误差有一个重要性质, 即随机误差的算术平均值随着测量次数的增加趋于零, 这称为**随机误差的低偿性**. 因此, 通过多次测量求平均的方法可以达到减小随机误差的目的.

在测量次数少时, 随机误差的大小和正负显得毫无规律. 但当测量次数足够多时, 随机误差的大小以及正负服从一定的统计规律, 可按统计规律对随机误差进行估计.

3. 粗大误差

测量时由于实验者使用仪器的方法不正确,或粗心大意读错、记错、算错测量数据,或实验条件突变等原因,导致测量结果明显偏离真值所对应的误差称为**粗大误差(或过失误差)**。粗大误差是完全可以避免的。含有粗大误差的测量值称为坏值或异常值。粗大误差将破坏正常测量值的分布规律,因而使估算出来的误差偏大。因此,在实验测量中要极力避免粗大误差。此外,在数据处理前要尽量先把坏值剔除。坏值的剔除方法将在后面介绍。

这里需要指出,对于实验中异常值的处理要谨慎。在科学研究中,异常值可能预示着一些尚未被人发现的物理规律和物理现象,如果草率地把它作为粗大误差而忽略,将错过发现新物理规律和现象的机会。因此,对于科学研究中的异常值,正确的做法应该是重复实验,看这些异常值是否再现。不过,大学物理实验课中的实验绝大部分属于验证性的实验,所研究的物理规律已经非常清楚,因此可以确定实验结果中的异常值属于粗大误差,在数据处理时应该予以剔除。

2.1.4 精密度、正确度和准确度

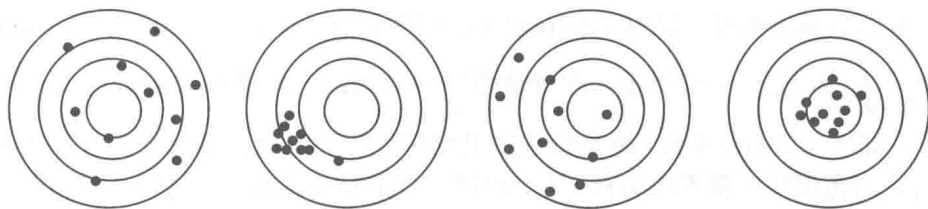
定性评价测量结果时,常用到精密度、正确度和准确度这三个概念。这三个概念的含义不同,使用时应注意加以区别。

(1) **精密度**:反映随机误差大小的程度,它是对测量结果重复性的评价。精密度高是指测量的重复性好,各次测量值的密集性好,随机误差小。但是,精密度不能确定系统误差的大小。

(2) **正确度**:反映系统误差大小的程度。正确度高是指测量数据的算术平均值偏离真值较小,测量的系统误差小。但是,正确度不能确定数据分散的情况,即不能反映随机误差的大小。

(3) **准确度**:反映系统误差和随机误差综合大小的程度。准确度高是指测量结果即正确又精密,亦即系统误差和随机误差均小。

以打靶为例来形象地说明上面三个术语的不同意义。如图 2.1-1,靶心为射击目标。



(a) 正确度高,精密度低

(b) 正确度低,精密度高

(c) 正确度低,精密度低

(d) 正确度高,精密度高

图 2.1-1 以打靶为例说明正确度、精密度和准确度