



大学

物理虚拟实验

DAXUE WULI XUNYI SHIYAN

陈红雨 潘正权 编著

浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理虚拟实验 / 陈红雨, 潘正权编著. —杭州:
浙江大学出版社, 2003. 9
ISBN 7-308-03372-4

I. 大... II. ①陈... ②潘... III. 计算机应用—物
理实验—高等学校—教材 IV. O4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 059636 号

出版发行 浙江大学出版社
(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)
(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)
(网址: <http://www.zjupress.com>)

责任编辑 邹小宁
经 销 浙江省新华书店
排 版 浙江大学出版社电脑排版中心
印 刷 浙江大学印刷厂
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 8.5
字 数 153 千
版 次 2003 年 9 月第 1 版
印 次 2003 年 9 月第 1 次
印 数 0001—3000
书 号 ISBN 7-308-03372-4/O·295
定 价 22.00 元(含光盘)

内 容 简 介

本书根据原国家教委颁发的《高等工业学校物理实验课程教学基本要求》，结合作者多年的教学实践，精选了 12 个基础性实验，并采用计算机多媒体技术编制了与教材内容配套的虚拟实验（附有光盘）。本书是一本探索当前物理实验教学改革的新型多媒体教材。学生可以不受时间、空间和实验条件的限制，进行相关实验的开放性探索和设计。同时通过虚拟实验的预习操作，可大大提高真实实验的操作水平和掌握程度。

本书特别适合作为现代远程教育、夜大、函授或者实验条件比较薄弱学校的大学物理实验教材，也可作为一般高等院校各专业的大学物理实验课的教学参考书或者预习辅导书。

前言

随着当前科技时代信息的快速增长和社会对科技人才知识结构需求的变化,学校的教学目标正在从让学生掌握知识信息向培养学生学习能力的方向转变。《大学物理实验》作为理工科大学学生必修的一门重要基础实验课程,其实验内容、实验方法和实验手段都面临着重大的改革。

前

本教材正是在上述指导思想下编写的一本探索当前物理实验教学改革的新型多媒体教材。根据原国家教委颁发的《高等工业学校物理实验课程教学基本要求》,结合作者多年的教学实践和研究,精选了12个基础性实验,每个实验均详细介绍了实验的设计思想、物理原理和实验方法,并采用计算机多媒体技术编制了动态交互的实验过程。学生可以不受时间、空间和实验条件的限制,进行相关实验的开放性探索和设计,使所有物理实验可以实现从验证物理规律向探索物理规律的转变。

言

在教材编写过程中,曾以讲义形式在浙江大学远程教育学院等有关工科类专业试用了三届,在通过各种方式征求同行专家和学生意见的基础上,进行了认真的修改直至最后定稿。

在试用过程中,这种教材与多媒体光盘紧密结合的大学物理虚拟实验有以下主要特色:

1. 改变实验环境,提高学习兴趣

大学物理虚拟实验将基础性的物理实验与现代化的计算机结合起来,无疑调动了学生学习的兴趣和求知欲。实践证明,实验中同学们之间技术互相支持,思路活跃,呈现出积极主动的学习热情。

2. 为提高实验教学效果提供了优良的平台

虚拟实验课件的编制不仅是高新技术的产物,更主要的是集体智慧和教学经验的体现。课件从实验理论、内容安排、实验技巧,甚至教书育人等方面都给予了较充分的考虑。教师可根据自身的教学经验,最大限度地挖掘课件的优势,提高教学效果。

如在《物理实验的基本测量方法》一章中,“比较法、放大法、补偿法、模拟法、干涉法”等测量方法都可以动态进行比较,对照画面,可以清晰地看出各种测量方法的特点、操作技巧、应用范围等。





3. 适时性强,重复性好,便于学生自学

课件(光盘)便于携带,客观上实现了实验室空间和时间上的延伸。一方面,学生不必受实验室作息时间的影 响,自主选择时间完成实验;另一方面,学生可根据需要,反复进行实验模拟,而且课件操作安全,不会损坏仪器,便于学生大胆尝试。这对于课前预习实验,充分搞清实验原理、实验过程和仪器设备的使用,建立实验前的直观认识和课后复习、巩固所学的内容有极大的好处。

4. 减少资金投资。丰富实验内容

虚拟实验课件可提供超出大纲的实验内容,可模拟实验室所没有的实验仪器设备。一方面给教师提供了丰富教学内容的空间,为学有余力的同学拓宽了思维空间,提供了从模拟走向创造的条件;另一方面使学生实验不受实验资源和仪器设备的限制,同时减少了实验室资金的投入。

本教材为了便于自学或者预习,特别编写了实验所需的学时和虚拟实验操作指导,故本教材特别适合作为现代远程教育、夜大、函授或者实验条件比较薄弱学校的大学物理实验教材,也可作为一般高等院校各专业的大学物理实验课的教学参考书或者预习辅导书。

本教材在编写过程中得到了浙江大学远程教育学院、浙江大学物理实验教学中心及顾智企老师的大力支持,在此一并致以衷心的感谢。由于水平所限,书中如有不妥之处,敬请读者及同仁批评指正。

编者

2003年7月

目 录

绪 论	1
第 1 章 误差和数据处理的基本知识	5
1.1 测量与误差	5
1.2 有效数字	20
1.3 实验数据的处理方法	25
第 2 章 物理实验的基本测量方法	39
2.1 比较测量法	39
2.2 放大测量法	40
2.3 模拟测量法	41
2.4 平衡补偿测量法	42
2.5 干涉测量法	43
2.6 非电量电测法	44
第 3 章 力学实验	46
实验一 单摆	46
实验二 金属丝杨氏弹性模量的测定	50
第 4 章 热学实验	60
实验三 落球法测液体粘滞系数	60
第 5 章 电学实验	65
实验四 直流平衡单臂电桥	65
实验五 模拟法描绘静电场	68
实验六 示波器的使用	73

目

录





第 6 章 光学实验	84
实验七 等厚干涉	84
实验八 分光计的调整和使用	89
实验九 光的偏振	98
第 7 章 近代物理实验	106
实验十 声速的测定	106
实验十一 密立根油滴实验	112
实验十二 全息照相	119
主要参考书目	128

绪 论

绪

物理学是以实验为基础的一门自然科学。物理实验就是根据物理学的研究目的,依据物理学的基本原理,选用适当的实验仪器或实验装置,用人为的方法让物理现象再现并进行测量和研究的一种科学活动。

论

物理实验也是一门研究物理测量方法与实验方法的科学。由于物理实验的内容包括力、热、电、光等科学技术研究的各个方面,所以它是其他一切科学实验的基础,物理实验的测量方法和研究方法也适用于其他领域。如果把现在许多高科技领域的“高、精、尖”的实验拆成“零件”,则绝大部分均是常见的物理实验。

下面对物理实验在物理学发展中的地位与作用,在大学期间开设大学物理实验课的目的与任务,以及大学物理实验课的教学环节与基本要求作一简单的介绍。

0.0.1 物理实验在物理学发展中的地位与作用

物理学数百年的发展历史表明物理学是在实验基础上发展起来的。从某种程度上说,物理学从包罗万象的自然哲学中分离出来,其基本标志就是实验方法的引入。伽利略的实验研究,尤其是他把实验方法和数学方法结合起来研究物理规律的尝试,使物理学开始走上真正的科学道路。

实验手段的不断完善和发展为物理学最终形成自然科学中的一个独立学科奠定了坚实的基础。实验方法的使用不仅促进了物理科学的产生,而且是物理学发展的主要动力。物理学的每一次重大进展都离不开实验的推动。19世纪末黑体辐射、光电效应、原子光谱等实验的结论,接二连三地向经典力学和经典物理学提出挑战,导致了经典力学理论的危机。特别是放射线的发现和研究,有力地冲击了原子不可分、质量不可变的传统物质观念,动摇了经典力学和经典物理学的神圣地位,最终导致了近代物理学的诞生。在经典物理学向近代物理学前进的进程中,理论的批判固然有助于动摇经典力学的基础,但最终摧毁它还是一系列的实验事实。





物理实验在物理学发展中的作用基本上可概括为以下几个方面:

①发现新事实,探索新规律。物理学有许多分支,这些分支汇合起来组成了物理学的主干。无论哪个分支在发展之初都有大量的实验为之奠基,各分支在其发展的各个阶段往往又有新的实验补充新的事实,从而使各分支更加充实,更加全面。

②检验理论,判定理论的适用范围。毋庸置疑,理论是物理学的主体。然而,理论是否正确,又必须经受实践的检验。物理实验是检验物理学理论最根本的手段。此外,任何理论都有自身的适用范围,这个范围往往也要靠实验来确定。

③测定常量。在物理学的发展中,大量实验是围绕常量测量进行的。了解物质的物理特性要通过实验测量跟物质特性有关的各种常量,除此之外,对一些基本物理常量的测定和研究,其本身在物理学发展中也占有极其重要的地位。

④推广应用,开拓新领域。科学实验是科学理论的源泉,是自然科学的根本,同时也是工程技术的基础。作为一切科学实验基础的物理实验在这方面更是担负着重要的作用。

0.0.2 物理实验课的教学目的和任务

大学物理实验课是理工科各专业的一门必修课,是学生在大学四年中所受的系统实验技能训练的开端。物理实验的理论、方法、手段是所有实验中最基本、最普遍的理论、方法和手段,是其他实验的基础。因此,对于理工科大学来说,不管学何专业,物理实验技能的培养都是必不可少的。

物理实验课是一门综合性的课程,它不仅包括力学、热学、光学、电学,而且包括许多物理理论教科书中所没有的专门知识、技能和方法。因此,开设物理实验课的教学目的,最主要的是让学生在亲身实践中系统地掌握物理实验的一整套专门技能。这些技能是:实验的设计方法,各种实验仪器的工作原理,调整和控制实验设备的技巧,熟练的测量方法和技术,数据处理中的误差理论、计算方法以及对实验结果的科学分析方法等。在培养学生掌握这些专门知识和技能、提高科学实验素养的同时,培养学生的理论联系实际、实事求是的科学作风,严肃认真的工作学习态度以及主动钻研和探索未知世界的创新精神。

因此,要掌握好这套理论、方法和技能,需要由浅入深、由简单到复杂地系统学习和培养。具体地说,大学物理实验课的目的和任务可以归纳为:



①通过对物理实验现象的观测和分析,学习物理实验知识,加深对物理学原理的理解。

②培养学生从事科学实验的初步能力。这些能力主要包括:通过阅读教材或资料,能概括出实验原理和方法的特点;借助教材或虚拟实验的操作说明,能正确使用基本实验仪器,掌握基本物理量的测量方法和实验操作技能;正确记录和处理实验数据,分析实验结果和撰写实验报告,能独立完成简单的设计性实验。

③培养学生实事求是的科学态度,严谨踏实的工作作风,勇于探索、坚忍不拔的钻研精神以及遵守纪律、团结协作、爱护公物等优良品德。

0.0.3 物理实验课的教学环节与基本要求

为了更好地达到实验课的教学目的和要求,本教材含有一张《大学物理虚拟实验》的教学软件光盘(其主界面见图 0-1)。学生在进行有关实验前,首先应该通过计算机尽可能地了解虚拟实验的特点,掌握有关计算机的基本操作技能,自学有关误差、测量、有效数字、作图、数据处理等必须了解的内容和章节。同时,在每个实验中,应充分重视物理实验课的三个重要的教学环节及基本要求。

①实验前预习。为了在规定的时间内高质量地做好实验,在每次实验课前学生一定要认真做好预习,预习时间一般不少于课内时间的 1.5 倍。预习的内容包括:仔细阅读本次实验的教材和有关资料,弄清学习要求、实验目的、实验原理,明确实验条件和实验的主要步骤、测量方法及操作要领等。并根据实验内容画好记录数据的表格,准备好实验中所需自备的纸、笔、尺等。

②认真完成虚拟实验。根据指导教师的讲解,认真按照有关步骤完成相应物理量的测量。实验过程中,应根据虚拟实验的特点,尽可能大胆地去熟悉实验仪器的每个功能,体会操作要领,并可以做一些自己设计的实验内容,为今后进行真实的实验室实验的考核操作积累经验 and 技能。同时在实验过程中,要如实地记录有关的实验数据,绝对不能杜撰有关数据,这一点在虚拟实验中尤其重要。

③完成实验报告。书写合格的实验报告,是大学物理实验课的一项重要的基本功训练,也是评定学生实验课成绩的重要依据。一份完整的实验报告的内容一般应包括:实验名称、实验目的、实验原理、实验内容、数据处理和问题讨论等。其中前四个部分在课前完成(即预习报告)。数据处理一般包括填写预先设计好的数据表格、计算、作图(必须用坐标纸)、结果表达式等。问题讨论的





内容不限,可以是思考与练习中的有关问题的解答,也可以是对实验关键问题的研究、实验的收获和改进实验、减小误差的建议等。另外,实验报告必须按时上交方为有效。

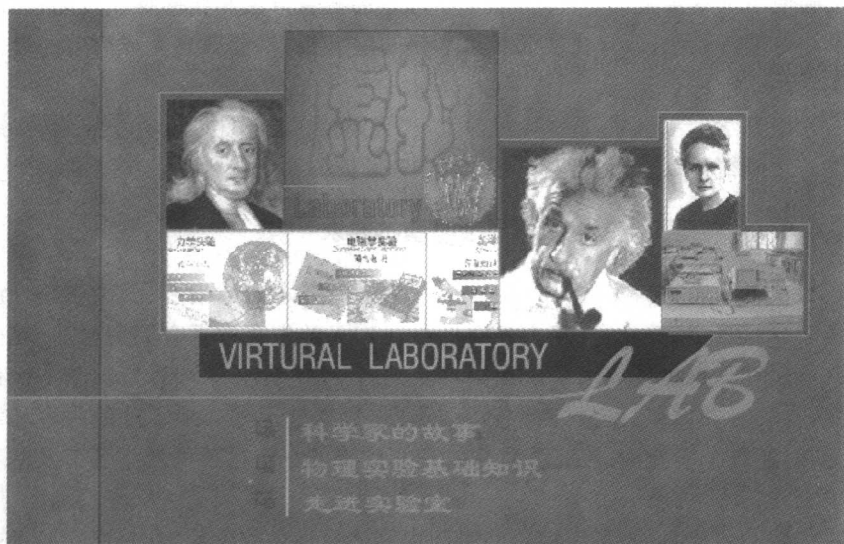


图 0-1 《大学物理虚拟实验》教学软件主页

第1章 误差和数据处理的基本知识

物理实验的任务不仅是定性地观察各种自然现象,更重要的是定量地测量相关的物理量。任何一个物理实验大致均可分为三部分内容:第一部分是设计或选用实验仪器,为测量准备条件;第二部分是测量;第三部分是对测量所得数据进行处理,从而找出物理量之间的定量关系,即物理规律。测量是物理实验的中心,而对事物的定量描述又离不开数学方法和实验数据的处理,因此,误差分析和数据处理是物理实验课的基础。本章将从测量及误差的定义开始,逐步介绍有关误差理论和实验数据处理方法的基本知识。

1.1 测量与误差

1.1.1 测量与误差的基本概念

1. 测量及测量方法

物理实验是以测量为基础的。所谓**测量**就是借助实验仪器或量具,将待测物理量与选作计量单位的同类物理量进行比较,从而确定待测量是该计量单位的多少倍的过程,其倍数带上单位就是待测物理量的**测量值**。注意,计量单位通常采用国际单位制(SI),同时一个物理量的测量值必须由数值和单位两部分组成,两者缺一不可。

所有测量可分为直接测量和间接测量两大类。凡是可以使用测量仪器或仪表直接读出测量值的测量称为**直接测量**,如用米尺测长度,用温度计测温度,用电压表测电压,等等,这些都是直接测量,所得的物理量如长度、温度、电压等称为**直接测量值**。另一类是待测物理量无法进行直接测量,需依据待测量与若干个直接测量值的函数关系求出,这样的测量就称为**间接测量**,相应的测量值称为**间接测量值**。大多数的物理量都是间接测量值。如用单摆法测重力加速度 g 时, $g = 4\pi^2 l / T^2$, 其中 T (周期)、 l (摆长) 是直接测量值,而 g 就是间





接测量值。

无论是直接测量还是间接测量,按测量次数又可分为**单次测量**和**多次测量**。多次测量还可按测量条件分为**等精度测量**和**不等精度测量**。如果在对某一物理量进行多次重复测量的过程中,每次测量条件都相同的一系列测量称为**等精度测量**。例如:由同一个人在同一仪器上采用同样测量方法对同一待测物理量进行多次测量,每次测量的可靠程度都相同,这些测量是等精度测量。如果在对某一物理量进行多次测量时,测量条件完全不同或部分不同,各测量结果的可靠程度自然也就不同的一系列测量称为**不等精度测量**。例如:在对某一物理量进行多次测量时,选用的仪器不同,或测量方法不同,或测量人员不同等都属于不等精度测量。

一般来讲,在实验中,保持测量条件完全相同的多次测量是极其困难的。但当某一条件的变化对结果影响不大时,仍可把这种测量视为等精度测量。等精度测量的数据处理比较容易,所以绝大多数实验都采用等精度测量。除非不得已,一般情况不采用不等精度测量。本书只限于等精度测量的数据处理。

2. 误差及其定义

在某一时空状态下,被测物理量所具有的客观真实的数值称为**真值**。实验测量就是在一定条件下,使用一定的仪器,通过一定的方法,力图获得被测量的真值的过程。但是由于受实验测量方法、实验仪器灵敏度和分辨能力的局限性、环境的不稳定性等因素的限制,通常只能获得待测量的近似测量值 x ,测量值 x 和真值 x_0 之间总有一定的差异,我们称这种差异为**测量值的误差**,又称**绝对误差**,用 Δ 来表示,即

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

注意:绝对误差不是误差的绝对值,它可正可负。绝对误差与测量值有相同的单位。

绝对误差与真值之比称为**相对误差**,相对误差 E 常用百分数来表示,即

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

显然,相对误差是没有单位的。

应该指出,测量所得的一切数据都包含着一定的误差,因此,误差存在于一切科学实验过程中,并因测试理论、测试环境、测试技术等不同而有所差异。

3. 误差的分类

为了研究误差的来源,根据误差性质和产生原因可将误差分为以下几类。

(1) 系统误差

在多次测量同一物理量时,误差的大小和符号始终保持不变或按某一确定的规律变化,这类误差称为**系统误差**。如仪器的缺陷、或测量方法不完善、或环境变化等对测量结果造成的误差,都可认为是系统误差。

系统误差是有规律的。在测量条件不变时有确定的大小和方向,增加测量次数并不能减小系统误差。在实验之前,应对测量中可能产生的系统误差加以充分的分析和估计,并采取必要的措施尽量消除其影响。测量后应设法估计未能消除的系统误差之值,对测量结果加以修正。

虽然系统误差的出现一般都有明确的原因,但是发现、减小和消除误差又没有一定的规律可循,只能在实验过程中逐渐积累经验、掌握技术、提高实验素养。系统误差的分析是实验必须讨论的问题之一。

(2) 随机误差

在相同测量条件下,多次测量同一量时,误差的绝对值和符号不断变化,时大时小,时正时负,完全是随机的、不可预知的,这类误差称为**随机误差**。

在测量中,有时排除了产生系统误差的各种因素,在进行精心观察测量中,仍存在一定的随机误差。这种误差是由于人的感官灵敏程度和仪器精密程度有限、周围环境的干扰以及随测量而产生的偶然因素决定的,如用毫米刻度的米尺去测量某物体的长度时往往将米尺去对准物体两端并估读到毫米下一位的读数值,这个数值就存在一定随机性,也就带来了随机误差。由于随机误差的变化不能预先确定,所以对待随机误差不能像对待系统误差那样,找出原因排除,而只能估计。

虽然随机误差的存在使每次测量值偏大或偏小,但是,当在相同的实验条件下,对被测量值进行多次测量时,其大小的分布却服从一定的统计规律,可以利用这种规律对实验结果作出随机误差的估算。这就是在实验中往往对某些关键量要进行多次测量的原因。

(3) 异常误差

异常误差是由于观测者不正确地使用仪器、观察错误或记录数据错误等不正常情况引起的误差。它会明显地歪曲客观现象,应将其剔除。所以,在作误差分析时,要估计的误差通常只有系统误差和随机误差。

总之,由于误差的性质不同、来源不同和处理方法不同,对测量结果的影响也不同。有时系统误差与随机误差可以加以区别,有时又难以划分,并且有时两者之间能够互相转化。因此,有必要对误差进行研究和讨论,要用误差分析的思想方法来指导实验的全过程。





4. 测量结果的评价

对于测量结果做总体评定时,一般均应把系统误差和随机误差综合起来考虑。**精密度、准确度和精确度**都是评价测量结果好坏的内容,但是这些概念的涵义不同,使用时应加以区别。

(1) 精密度

精密度表示测量结果中的随机误差大小的程度。它是指在一定的条件下进行重复测量所得结果的相互接近程度,即描述测量重复性的高低。精密度高,即测量数据的重复性好,随机误差较小。

(2) 准确度

准确度表示测量结果中的系统误差大小的程度。它是指测量值或实验所得结果与真值符合的程度,即描述测量值接近真值的程度。准确度高,即测量结果接近真值的程度好,系统误差较小。

(3) 精确度

精确度是测量结果中系统误差和随机误差的综合。它是指测量结果的重复性及接近真值的程度。对于实验和测量来说,精密度高准确度不一定高;而准确度高精密度也不一定高;只有精密度和准确度都高时,精确度才高。

现在以打靶结果为例来形象说明三个“度”之间的区别。图 1-1(a)表示子弹相互之间比较靠近,但偏离靶心较远,即精密度高而准确度较差;图 1-1(b)表示子弹相互之间比较分散,但没有明显的固定偏向,故准确度高而精密度较差;图 1-1(c)表示子弹相互之间比较集中,且都接近靶心,精密度和准确度都很好,亦即精确度高。

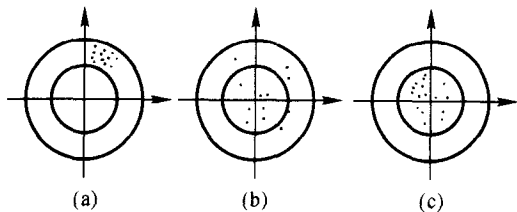


图 1-1 打靶结果分布示意图

1.1.2 随机误差及处理方法

随机误差是由于受人的感觉器官(视觉、听觉、触觉等)的灵敏度和仪器精密程度的限制,周围环境的干扰(例如温度、湿度的微小起伏,外界产生的杂乱电磁场,空气的不规则流动等)以及随测量而来的其他不可预测的随机因素造

成的。实验过程中,随机误差是无法避免的,也不能消除,但可以根据随机误差理论估计其可能出现的大小,并可通过增加测量次数减小随机误差。本节为了更有效地讨论随机误差,不考虑系统误差(关于系统误差的处理方法可见1.1.3)。

1. 随机误差的分布规律

随机误差的存在使每次测量值涨落不定,但是,它又服从一定的统计分布规律。无数的实验事实与统计理论都证明,大部分测量中的随机误差都服从正态分布规律,又称高斯(Gauss)分布。但并不是所有的随机误差都遵守这一分布,在某些情况下也会遵守其他分布,如泊松分布、均匀分布等。

设某物理量的真值为 x_0 , 等精度测量条件下的测量值为 $x_i (i=1, 2, 3, \dots, n)$ 。由统计理论可知随机误差 $\Delta_i = x_i - x_0$ 的概率密度函数符合正态分布:

$$f(\Delta_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{\Delta_i^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1-3)$$

其中, σ 为标准误差,具体定义见式(1-6)。

式(1-3)也可用如图1-2所示的正态分布曲线表示。由图可见,服从正态分布的随机误差具有以下性质:

①单峰性。绝对值小的误差出现的概率比绝对值大的误差出现的概率大。

②对称性。绝对值相同的正负误差出现的概率相同。

③有界性。误差的绝对值一般不超过一定限度,即绝对值很大的误差出现的概率接近于零。

④抵偿性。随机误差的算术平均值随着测量次数的增加而减小,最后趋于零,即

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i = 0 \quad (1-4)$$

2. 随机误差的处理方法

(1) 算术平均值

等精度测量条件下的测量值为 $x_i (i=1, 2, 3, \dots, n)$, 其算术平均值为

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1-5)$$

根据随机误差的抵偿性,即式(1-4)可得

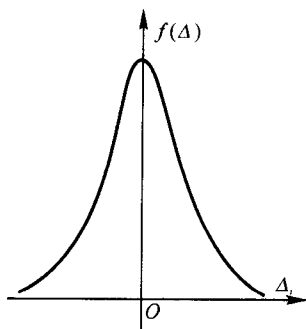


图 1-2 随机误差的正态分布曲线





$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = x_0$$

当 $n \rightarrow \infty$ 时

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \rightarrow x_0$$

此式说明,减小测量结果随机误差的办法是增加测量次数,且测量次数越多,测量列的算术平均值越接近真值。故也称测量值的算术平均值为**近真值**,它是测量结果的**最佳值**。

(2) 算术平均值的标准误差

根据随机误差理论可以证明对真值 x_0 的标准误差为

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n}} \quad (1-6)$$

一般情况下真值 x_0 是无法得到的,即 Δ_i 无法计算,又因实验中测量次数 n 是有限的,通常算术平均值就是测量结果的最佳值。因此由误差理论可得, n 次测量中某次测量值的标准误差用下式表示

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1-7)$$

其中, $x_i - \bar{x}$ 称为**偏差**,用 Δx_i 表示。

由图 1-3 可见, $f(\Delta)$ 值与 σ 值有关,当 σ 值较小时,正态分布曲线高而窄,表示误差分布在较小的范围之内,测量数据的离散性小,重复性好,即精密度高。当 σ 值较大时,正态分布曲线低而宽,则表示误差在较大的范围内变动,测量数据的离散性大,重复性差,即精密度低。因此,标准误差反映的是一组等精度重复测量数据的离散性。

式(1-6)标准误差 σ 是表示测量列的随机误差概率分布特性。按概率理论,可以算出随机误差出现在 $[-\sigma, +\sigma]$ 内的概率为

$$P_r(-\sigma, +\sigma) = \int_{-\sigma}^{+\sigma} f(\Delta) d\Delta = 68.3\%$$

这就是说,在等精度的重复测量时,测量值在 $[-\sigma, +\sigma]$ 的范围内的概率将是 68.3%。其几何意义如图 1-4 所示,表示在 $[-\sigma, +\sigma]$ 之间曲线下的面积占曲线总下总面积的 68.3%。

由此可见,标准误差能较好地反映测量数据的离散程度。但由于式(1-6)的标准误差 σ 一般无法计算,经常用式(1-7)的标准误差 σ_x 表示,只要测量次