



普通高等教育“十二五”规划教材

大学物理实验

主 编 欧阳玉花

副主编 宋 婷 贾向东 田俊红

主 审 孙小伟



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

大学物理实验

主 编 欧阳玉花

副主编 宋 婷 贾向东 田俊红

主 审 孙小伟

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是依据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会制定的《理工科类大学物理实验课程教学基本要求(2010年版)》编写而成. 全书分三篇六章, 共 72 个实验. 第一篇为物理实验的数据分析, 包括第 1 章误差理论基础知识和第 2 章有效数字及实验数据处理; 第二篇为物理实验项目, 包括第 3 章基础实验、第 4 章综合与近代物理实验、第 5 章设计性与研究性实验; 第三篇为演示实验项目. 本书在总体设计上, 力求贯彻以学生为本的理念, 在突出基本技能训练的同时, 增加了综合性、设计性、研究性实验的比例, 为了紧跟时代, 新增演示实验部分, 并且兼顾理工科各专业的教学需求.

本书可作为普通高等学校理工科专业大学物理实验课程的教材, 也可作为教师备课或学生学习的参考书.

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验 / 欧阳玉花主编. —北京: 科学出版社, 2018.1

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-055197-9

I. ①大… II. ①欧… 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(2017)第 272371 号

责任编辑: 昌盛 罗吉/责任校对: 张凤琴

责任印制: 师艳茹/封面设计: 华路天然工作室

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>

石家庄继文印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 1 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2018 年 1 月第一次印刷 印张: 21

字数: 498 000

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

大学物理实验是对高等学校学生进行科学实验基本训练的一门独立的必修基础实验课程,是教育部确定的六门主要基础课程之一,是学生进入大学后受到系统实验方法和实验技能训练的开端,是后续实验课程的基础,旨在培养学生用实验手段去发现、观察、分析和研究问题,最终解决问题的能力,在培养与提高学生的科学实验素质和创新能力方面将起重要的作用.

随着兰州交通大学物理实验教学中心建设的逐步完善,实验条件不断得到改善,使用的仪器设备也在不断更新.另外,实验教材作为实验教学的重要载体,就是要将学校的办学宗旨、培养模式、质量标准等有机地结合起来,体现出本校应用型人才培养特征.本书依据《理工科类大学物理实验课程教学基本要求(2010年版)》,结合本校学科培养特色,基于《工科物理实验教程(第2版)》(周珺等)而编写.全书共三篇,分六章,系统介绍与大学物理实验有关的数据处理知识,全面阐述物理实验中常用的实验测量方法,安排基础性实验、设计性与研究性实验、综合与近代物理实验以及演示实验项目.全书从内容上分为“物理实验的数据分析”“基础实验”“综合与近代物理实验”“设计性与研究性实验”“演示实验项目”等部分,共72个实验.

在总体设计上,力求贯彻以学生为本的理念,注重基础性、实践性、探索性、开放性的有机统一.在突出基本技能训练的同时,增大综合性、设计性、研究性实验的比重,并且注意兼顾理工科各专业的教学应用.

参加本书编写的都是多年在实验教学一线辛勤耕耘、有丰富实验教学经验的教师,本书的完成凝结了兰州交通大学物理实验教学中心全体教师集体的智慧.兰州交通大学数理学院物理实验室主任欧阳玉花博士编写了第1~3章,宋婷博士编写了第4章,西北师范大学贾向东博士编写了第5、6章,田俊红博士校正了前三章,由欧阳玉花统稿.兰州交通大学数理学院实验室主管院长孙小伟博士担任了本书的主审工作.衷心感谢兰州交通大学数理学院各位领导的大力支持.物理实验教学中心的周珺、陈娟娟、王小云、陈宗广、郭鹏等教师在本书的编写过程中提供了很多珍贵的资料,还有不可或缺的指导性建议,并校正了部分章节,付出了宝贵的时间和辛勤的汗水,在此一并深表谢意.

“学海无涯”,由于编者的学识和教学经验所限,书中疏漏和不妥之处在所难免,还请使用批评指正,以便进一步修改、完善.

编 者

2017年8月

目 录

前言

绪论	1
----	---

第一篇 物理实验的数据分析

第1章 误差理论基础知识	7
1.1 测量与误差	7
1.2 直接测量量不确定度及测量结果的评定	13
1.3 间接测量量不确定度的计算	16
第2章 有效数字及实验数据处理	21
2.1 有效数字	21
2.2 实验数据的有效位数确定	22
2.3 实验数据处理的常用方法	24
练习题	31

第二篇 物理实验项目

第3章 基础实验	37
实验 3.1 单摆	37
实验 3.2 拉伸法测量金属的杨氏模量	40
实验 3.3 霍尔位置传感器法测杨氏模量	46
实验 3.4 扭摆法测定物体转动惯量	50
实验 3.5 三线摆测定物体转动惯量	57
实验 3.6 声速测量	62
实验 3.7 集成霍尔传感器特性与简谐振动实验	70
实验 3.8 落球法测量液体黏滞系数	77
实验 3.9 冷却法测量金属的比热容	80
实验 3.10 热敏电阻温度特性研究	84
实验 3.11 薄透镜焦距的测定	89
实验 3.12 望远镜与显微镜的组装	94
实验 3.13 分光仪的调节及使用	96
实验 3.14 光栅常数的测量	104
实验 3.15 等厚干涉实验——牛顿环和劈尖干涉	108
实验 3.16 电势差计及其应用	116

实验 3.17	示波器的原理及使用	119
实验 3.18	伏安法测线性及非线性电阻	126
实验 3.19	万用表的使用	133
实验 3.20	惠斯通电桥测电阻	136
实验 3.21	开尔文电桥测金属电阻率	142
实验 3.22	串联 RLC 谐振电路测电感	145
实验 3.23	霍尔效应法测磁感应强度分布	149
实验 3.24	霍尔传感器测量磁化曲线与磁滞回线	162
实验 3.25	静电场的模拟测绘	166
第 4 章	综合与近代物理实验	171
实验 4.1	动态悬挂法测量金属的杨氏模量	171
实验 4.2	光纤位移传感器实验	173
实验 4.3	热电偶传感器测温	176
实验 4.4	密立根油滴实验	181
实验 4.5	箔式应变片和半导体应变片的性能	188
实验 4.6	迈克耳孙干涉仪的调整与使用	192
实验 4.7	光的偏振现象的研究	196
实验 4.8	钠黄光双线波长差的测定	198
实验 4.9	拉脱法测量液体的表面张力系数	201
实验 4.10	激光全息照相	205
实验 4.11	激光散斑干涉技术	209
实验 4.12	全息光栅的制作	212
实验 4.13	磁共振技术	216
实验 4.14	用非线性电路研究混沌现象	221
实验 4.15	pn 结伏安特性的研究	225
实验 4.16	光电效应与普朗克常量测定	228
实验 4.17	电磁波综合实验	243
第 5 章	设计性与研究性实验	251
实验 5.1	多普勒效应综合实验	251
实验 5.2	用激光显示李萨如图形	262
实验 5.3	太阳能光伏发电综合实验	263
实验 5.4	真空溅射实验	280
实验 5.5	静电纺丝实验	282
实验 5.6	菲涅耳双棱镜测激光波长	288

实验 5.7 激光拉曼光谱实验	292
实验 5.8 基本逻辑门逻辑功能测试及使用	296

第三篇 演示实验项目

第 6 章 演示实验	305
实验 6.1 无源之水	305
实验 6.2 轻功漫步	306
实验 6.3 伯努利悬浮球	306
实验 6.4 声波可见	306
实验 6.5 角动量守恒转台	307
实验 6.6 简谐振动合成	308
实验 6.7 人造火焰	309
实验 6.8 手触式蓄电池	309
实验 6.9 记忆合金花	311
实验 6.10 麦克斯韦分布律演示	311
实验 6.11 穿墙而过	312
实验 6.12 魔镜——光学幻像	313
实验 6.13 隐身人	313
实验 6.14 万丈深渊	314
实验 6.15 三基色合成演示仪	314
实验 6.16 偏振光的观测	316
实验 6.17 无皮鼓	317
实验 6.18 辉光球	318
实验 6.19 感应圈激发气体放电	319
实验 6.20 激光琴	319
实验 6.21 电磁炮	320
实验 6.22 超导磁悬浮列车演示	321
参考文献	323
附录 常用物理量	324

绪 论

物理学从本质上说是一门实验科学. 物理规律的研究都是以实验事实为基础, 并不断接受实验的检验. 物理实验在物理学的发展过程中起着十分重要的作用. 物理实验课是高等学校理工科各专业一门独立开设的必修基础课程, 与理论课教学具有同等重要的地位. 两者既有深刻的内在联系, 又有各自的任务和作用.

物理实验是对理工科大学生进行实验方法和实验技能系统训练的开端, 也是对学生进行科学实验训练的重要基础. 物理实验课是对学生进行基础实验方法和技能的训练, 特别是对有效数字概念和误差理论的学习、运用和训练.

一、物理实验的地位、作用 and 任务

1. 通过对实验现象的观察、分析和对物理量的测量, 学习物理实验的基础知识

(1) 掌握常用物理量的基本测量方法、常用实验方法及常用测量仪器的原理和使用等. 这些测量方法及有关仪器在科学实验或日常工作中会经常遇到.

(2) 学习误差理论、有效数字的读取、记录和运算方法以及正确处理实验数据的基本方法, 学习提高实验精度和减小实验误差的常用方法和技巧. 例如, 学会分析哪些误差是主要的, 哪些可以减小或忽略. 在满足精度要求的前提下, 能够提出初步的最简便、经济的实验方案, 包括选择恰当的仪器与测量步骤等.

(3) 了解理论知识的有关应用, 包括最新应用. 这不但能加深学生对物理学原理的理解, 反过来还可以增加对理论课的学习兴趣及主动性, 同时也可以拓宽知识面, 开阔思路, 丰富应用实践方面的经验.

2. 培养和提高学生的科学实验能力

(1) 提高独立阅读实验教材和仪器说明书、查阅相关参考资料以及实验前准备工作的能力, 培养正确使用常用仪器进行测量的能力.

(2) 初步掌握常用物理仪器的基本操作方法以及提高利用这些仪器对基本物理量进行测量的能力.

(3) 培养运用物理学理论及相关知识对实验现象进行初步分析判断的能力.

(4) 学会正确记录和处理实验数据、绘制曲线和图表、说明实验结果、撰写合格实验报告.

3. 培养和提高学生的科学实验素养

使学生具有理论联系实际的优良作风, 实事求是、严谨认真的科学态度, 有序细致的操作习惯, 自觉研究和探索科学问题的创新精神, 自觉遵守纪律、团结协作、爱护公共财

物的优秀品德。

二、怎样学好物理实验课

要想实现培养目标，完成上述任务，学生应该根据物理实验课的特点和要求认真对待实验教学的各个环节，潜心钻研，才可以达到更好的效果。

物理实验课一般可分为四个主要环节进行。

1. 实验前的预习

实验课前，学生必须认真阅读实验教材，以便更好地了解实验的基本原理，掌握实验的关键环节，为及时、迅速、准确地测得实验数据做好准备。通过预习，还要了解仪器的工作原理和使用方法。在学习要认真回答思考题，牢记注意事项及安全操作规程。由于实验课时间有限，因此课前预习的好坏是能否完成实验，能否取得较好效果的前提。

2. 课堂讲解

实验前老师对仪器的调节使用，以及主要实验内容、具体步骤和注意事项进行简要的讲解，为准确无误地完成实验打好基础。

3. 课堂实验

课堂实验是实验课最重要的环节。

(1) 实验前必须检查和辨认仪器设备、材料是否完好、齐备，明确各部分的作用、使用方法和注意事项。

(2) 根据实验要求正确地检查有关仪器组成。经检查确保无误，方可按步骤进行实验操作。特别是在电学实验中，在连接电路前，应考虑仪器设备的合理布局及电源的正负极性，电路连接好之后，还要注意把仪器调节到“安全待测状态”，然后请教师检查，确定电路连接正确无误后方可接通电源进行实验。

(3) 在实验中必须仔细观察、积极思考、认真操作、防止急躁，做到实事求是地观察和测量。要初步学会分析实验现象，遇到问题时应冷静分析和思考；在实验中有意识地培养自己的独立工作能力。

(4) 实验数据的记录是实验结果和分析问题的依据。在实验中，应根据所使用仪器的精度和实验条件认真真实地读取和记录实验数据，千万不可根据主观臆想来编造数据、凑数据，特别是要正确使用有效数字。原始数据必须要记录在原始数据记录本上，不要随意涂改，对认为错误的数字应轻轻划上一道，在旁边写上正确值，以便在分析测量结果和误差时参考。

两人以上合作实验时要合理分工，充分交流，协调一致，共同达到实验要求。

实验完毕，应将所测量的数据交给任课教师检查、签字，最后再仔细收拾整理仪器设备，保持实验室的清洁与整齐。

4. 撰写实验报告

实验报告是对实验过程及其结果的系统而全面的总结,要用简明的形式将实验结果完整而真实地表达出来. 实验报告要用统一规格的实验报告纸书写(可加附页),必须各自独立地及时完成. 要做到文字通顺、表述明确、字迹端正、图表规范、结果正确、讨论认真. 好的实验报告应作为研究资料保存.

实验报告通常包括:

(1) 实验名称、实验者姓名、学号、同组人姓名、实验日期.

(2) 实验目的.

(3) 实验原理. 用简洁的语言对实验所依据的理论进行叙述,不要照抄书本. 要给出实验所依据的定理、定律、线路、光路以及有关实验条件等.

(4) 实验的内容和步骤. 根据老师的具体要求简述主要实验内容和步骤.

(5) 实验记录. 实验数据记录应尽量详尽,并注明单位. 数据记录还应包括相关的常数.

(6) 数据处理及实验结果的表示. 包括结果计算、实验曲线、表格、误差分析、最后结果表示等内容. 计算按照有效数字的运算法则进行. 根据要求计算各直接测量量和间接测量量的不确定度,并将实验结果正确地表示出来.

(7) 结果讨论. 根据实验的具体情况,必要时应对实验结果进行讨论,讨论内容不限. 如实验中观察到的现象分析、误差来源分析、实验中存在的问题讨论、结果的可靠性等.

第一篇

物理实验的数据分析

第1章 误差理论基础知识

1.1 测量与误差

1.1.1 测量

在科学实验中，一切物理量都是通过测量得到的。所谓测量就是将待测物理量与规定作为标准单位的同类物理量(或称为标准量)通过一定方法进行比较。测量中的比较倍数即为待测物理量的测量值。测量可分为两类：一类是用已知的标准单位与待测量直接进行比较，或者从已用标准量校准的仪器仪表上直接读出测量值(例如，用米尺量得物体的长度为0.7300m，用停表测得单摆周期为1.05s，用毫安表读出电流值为12.0mA等)，这类测量称为直接测量(或简单测量)；另一类测量不能直接把待测量的大小测出来，而是依据该待测量和一个或几个直接测得量的函数关系求出该待测量(例如，测量铜(圆柱体)的密度时，我们首先用游标卡尺或千分尺测出它的高 h 和直径 d ，用天平称出它的质量 m ，然后再通过函数关系式 $\rho = 4m / (\pi d^2 h)$ 计算出铜的密度 ρ)；我们把这类测量称为间接测量(或称复合测量)。

一般来说，大多数测量都是间接测量，但随着科学技术的发展，很多原来只能以间接测量方式来获得的物理量，现在也可以直接测量了。例如，电功率现在可用功率表直接测量，又如速度也可用速率表来直接测量等。

测得的数据(即测量值)不同于数学中的一个数值，数据是由数值和单位两部分组成的。一个数值有了单位，便具有了一种特定的物理意义，这时，它才可以称为一个物理量。因此，在实验中经测量所得的值(数据)应包括数值和单位，即以上二者缺一不可。

1.1.2 误差

任何物质都有自身的特性，反映这些特性的物理量所具有的客观真实数值称为这些物理量的真值。测量的目的就是要力求得到真值，但测量总是依据一定的理论和方法，使用一定的仪器，在一定的环境中，由一定的人进行的。在实验测量过程中，由于受到测量仪器、测量方法、测量条件和测量人员的水平以及种种因素的限制，测量结果与客观存在的真值不可能完全相同，所测得的只能是该物理量的近似值。也就是说，任何一种测量结果的测量值与客观存在的真值之间总会或多或少地存在一定的差值，这种差值称为该测量值的测量误差(又称测量值的绝对误差)，简称“误差”，即

$$\text{误差}(\Delta x) = \text{测量值}(x) - \text{真值}(x_0) \quad (1-1-1)$$

误差存在于一切测量之中,而且贯穿测量过程的始终.每使用一种仪器进行测量都会引起误差.测量所根据的方法和理论越繁多、所用仪器越复杂、所经历的时间越长,引进误差的机会就越多.因此实验应该根据要求和误差限度来制订或选择合理的方案和仪器.要避免测量中某个环节盲目追求不切实际的高指标,这样做既不符合现代信息论的基本思想,又提高了测量的代价.一个优秀的实验工作者,应该是在一定的要求下,以最低的代价来取得最佳的结果.要做到既保证必要的实验精确度又合理地节省人力与物力.

真值是客观存在的,但任何测量都存在误差,故真值只能逼近而不可测知,实际工作中,往往用“算数平均值”代替“真值”.算数平均值:采用可靠的测量方法,对某一物理量进行反复多次等精度测量得出结果的平均值.另外,下列情况也可视为真值.

- (1)理论值,如三角形的内角和为 180° 等.
- (2)公认值,世界公认的一些常数值,如真空中的光速、普朗克常量等.
- (3)计量学约定的真值,如国际及国家计量部门规定的长度、时间、质量等标准.
- (4)相对真值,用精确度高一个数量级的仪器校准的测定值,可视为相对真值.

1.1.3 误差的分类及相关知识

误差的产生原因是多方面的.根据误差的性质和来源,可将误差分为两类:系统误差和随机误差.现分别对它们作必要的介绍.

1. 系统误差

在同一实验条件下(方法、仪器、环境和观测人都不变)多次测量同一物理量时,误差的绝对值和正负号保持不变,或按一定规律变化的误差,称为系统误差.系统误差的特征是确定性,它主要来自以下几个方面.

(1)理论(方法)误差.这是由测量所依据的理论公式本身的近似性,或实验条件不能达到理论公式所规定的要求,或由所采用测量方法或数据不完善而引起的误差.例如,单摆的周期公式 $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ 的成立条件是摆角趋近于零,这实际上是达不到的,用它来计算周期必然引起误差.

(2)仪器误差.这是由测量仪器本身的固有缺陷或没有按规定使用而引起的.例如,用未经校准零位的千分尺测量零件长度,用不等臂的天平称量物体的质量,都会引入仪器误差.

(3)环境误差.由环境条件变化所引起的误差,如温度、气压、湿度的变化等.

(4)个人误差.这是由观测人的生理或心理因素所造成的,通常与观测人员反应速度和观测习惯有关.例如,用肉眼在米尺刻线上读数时,习惯地偏向一个方向;按动秒表时,习惯地提前或落后.

系统误差的规律及产生的原因可能是实验者已知的,也可能不知道.已被确切掌握了其大小和符号的系统误差称为可定系统误差.对大小和方向未知(或尚未确定)的系统误差叫未定系统误差.前者一般可在测量中采取一定的措施给予减小甚至消除,或在测量结

果中进行修正,而后者一般难以作出修正,只能估计它的取值范围。

总之,系统误差是在一定实验条件下由一些确定的因素引起的,它使测量结果总是偏向一边,即偏大或偏小。因此,试图在相同条件下用增加测量次数来减小或消除它是徒劳的,只有找出导致该系统误差的原因,对症下药才能减小或消除它的影响,或对测量结果进行修正。

从原则上来说,消除系统误差的途径,首先是设法使它不产生,如果做不到,那么就修正它,或在测量中设法抵消它的影响。

下面介绍几种消除系统误差的途径。

1) 消除产生系统误差的根源

(1) 采用符合实际的理论公式。

(2) 消除仪器的零位误差。例如,在使用千分尺之前,要先检查零位,并记下零读数(即零位误差),以便对测量进行修正;又如电表的指针未通电时不指零位,可进行机械校零或记下零读数,最后再对测量值进行修正。

(3) 保证仪器装置及测量满足规定的条件。

(4) 采用某种方法(如比较法),在公式中消去某个量,就可能避免它的系统误差。例如,在测定液体的比热实验中,若能保证两个量热器系统完全相同、升温也相同,就能消除散热引起的系统误差。

2) 找出修正值,对测量结果进行修正

(1) 校准仪器。用标准仪器校准一般仪器,得出修正值或校准曲线。例如,长期使用过的电表、电阻箱在使用前必须经过校准或得出校准曲线。

(2) 对理论公式进行修正,找出修正值。例如,用单摆测周期 $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ 时,考虑摆球的体积大小及空气的浮力和阻力,则此公式必须修正。

3) 从测量方法或仪器设计上抵消系统误差影响

(1) 对称测量可以抵消系统误差的影响。例如,在分光计上读出度盘相隔 180° 处的两组数据,以消除偏心差。

(2) 保持实验或仪器一定,可抵消某种系统误差。例如, $m = m_1 - m_0$, 测量 m_1 及 m_0 时用同一个砝码可以抵消砝码的系统误差。

(3) 线性观测法可抵消某种线性变化的系统误差。例如,电源电动势随时间线性降低,则使用电势差计时可隔相等时间轮流测标准量和待测量,如第一、三次测标准量,将其平均值与第二次所测的待测量对应。

(4) 周期性系统误差的消除。对按正弦规律变化的周期性系统误差,可采取在每半个周期进行偶数次测量的方法予以消除。

在实际工作中,有时系统误差的大小不易确定或不必要精确计算,这时只需判断它的正负和估计它的数量级就行了。例如,其中有些误差对测量结果无影响,就可不予考虑了,这对实际工作很有意义。

2. 随机误差

若系统误差已经减弱到可以忽略的程度,被测量本身又是稳定的,在同一条件下对该物理量进行多次测量时,测量值总有稍许差异,而且差值大小和方向变化不定.这种数值大小和正负号经常变化的误差称为“随机误差”.

随机误差主要来自以下几方面.

(1)主观方面.人们的感官灵敏度和仪器的精度有限,实验者操作不熟练,估计读数不准等.

(2)客观方面.外界环境干扰,如温度的微小起伏、气流扰动、振动、杂散电磁场的不规则脉动等,既不能消除,又无法估量.

(3)其他不可能预测的次要因素.

从随机误差的定义和来源我们看到它是由实验过程中各种随机的或不确定因素的微小变化引起的.它的显著特点是在任意一次测量之前,无法事先知道它的大小和方向.鉴于此,有必要对它进行深入讨论.

1) 测量列的算术平均值

在深入讨论随机误差问题时,我们假定系统误差已经被消除或减小到可忽略的地步.

在相同条件下(即等精度)对某一物理量进行 K 次测量,其测量值为 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_K$, 算术平均值为 $\bar{x}$, 则

$$\bar{x} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K x_i \quad (1-1-2)$$

根据统计误差理论,在一组 K 次测量的数据中,算术平均值最接近于真值,称为测量的“最佳值”.当测量次数 $K \rightarrow \infty$ 时, $\bar{x} = x_0$ (真值).

测量次数的增加对于提高算术平均值的可靠性是有利的,但不是测量次数越多越好.因为增加测量次数必定延长测量时间,这样给保持稳定的测量条件增加困难,还可能引起大的观测误差.另外,增加测量次数对系统误差的减小不起作用,所以实验测量次数不必过多.一般在科学研究中,取 $10 \sim 20$ 次,而在物理教学实验中,通常取 $6 \sim 10$ 次.

2) 测量列的标准误差

如前所述,随机误差的大小和方向都不能预知,但在等精度条件下,对物理量进行足够多次的测量,就会发现测量的随机误差是按一定的统计规律分布的,而最典型的分布就是正态分布(高斯分布).

典型的正态分布如图 1-1-1 所示.图中 Δx 为绝对随机误差(绝对误差), $f(\Delta x)$ 为概率密度函数, σ 为标准误差.

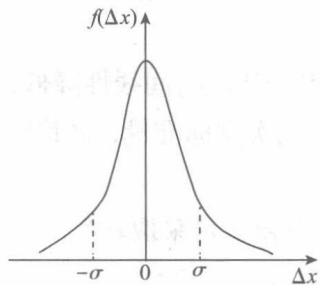


图 1-1-1 随机误差分布曲线

由概率论知识可以证明

$$f(\Delta x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\Delta x^2 / 2\sigma^2} \quad (1-1-3)$$