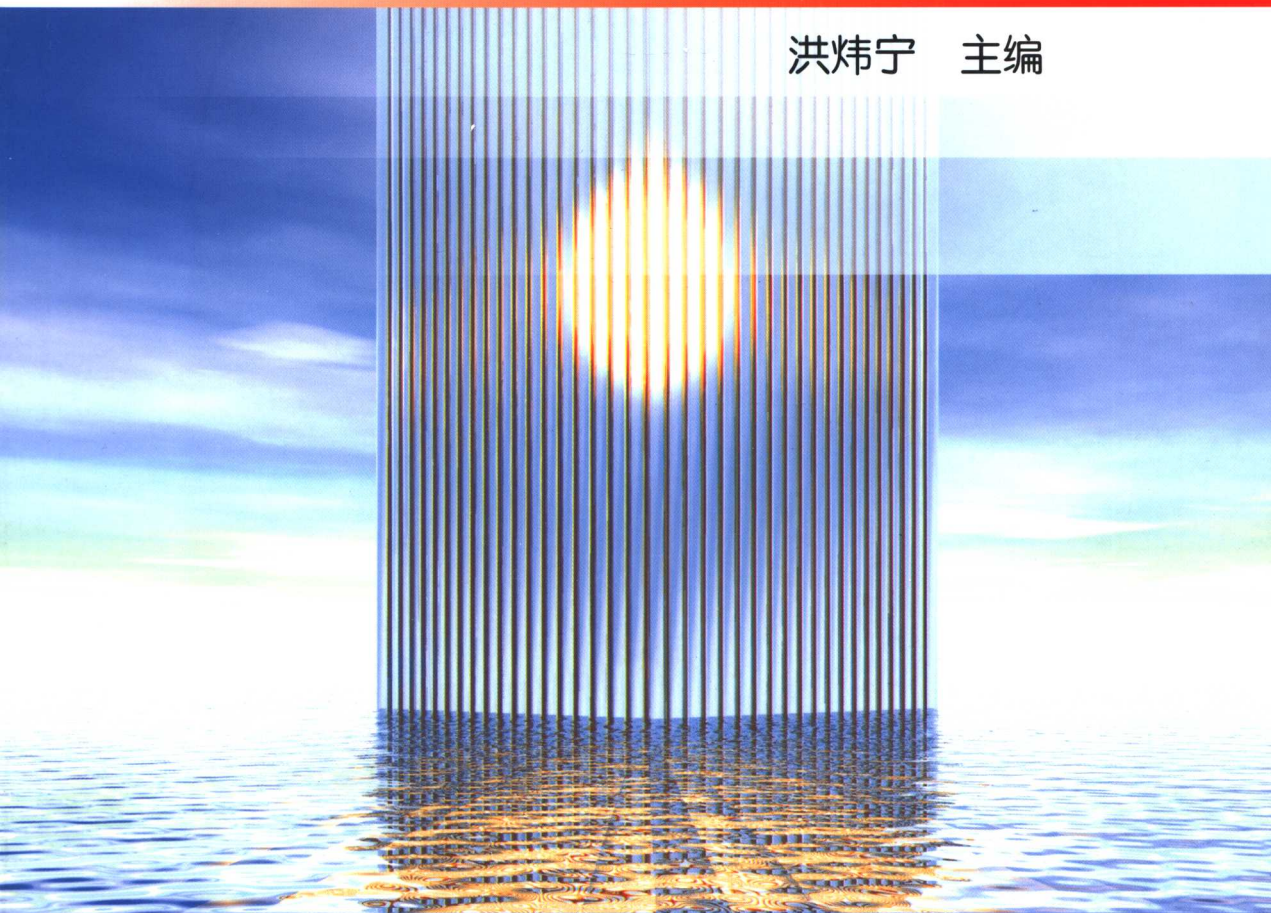


全国高等农林院校“十一五”规划教材

大学物理实验

洪炜宁 主编



 中国农业出版社

全国高等农林院校“十一五”规划教材

大学物理实验

洪炜宁 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理实验 / 洪炜宁主编. —北京: 中国农业出版社,
2007. 1

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-11382-4

I. 大... II. 洪... 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 (2006) 第 161804 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

责任编辑 薛 波

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 14.25

字数: 251 千字

定价: 19.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

前 言

大学物理实验课是高校理、工、农、医等各专业最基本的实验课之一，是大学生进入大学后系统地学习科学实验方法和进行实验技能训练的开端。物理实验课覆盖了广泛的学科领域，具有多样化的实验方法和手段以及综合性很强的基本实验技能训练，它是培养学生严谨的科学思维方式、创新意识、创新能力和实践能力，为提高学生科学素质打下扎实基础的极其重要的教学内容和环节。本教材是以2004年教育部高等学校非物理类专业物理基础课程教学指导委员会制定的《高等学校非物理类专业大学物理实验课程教学基本要求》为指导，吸取了我校物理实验室建设的成果和近几年的教学改革经验，在原讲义的基础上重新编写而成。

全书的实验部分分三个层次编写，每个层次的实验内容都覆盖力学、热学、电磁学、光学、原子物理等各学科。第一层次是基础物理实验，精选了15个基础物理实验，删除了一些内容陈旧和技术落后的实验。此类实验的目的是使学生掌握基本物理量的测量方法、基本实验仪器的使用、基本实验技能以及实验误差、数据处理的理论与方法等。第二层次是综合与近代物理实验，充实了最重要、最基本的近代物理实验以及现代测量技术，其目的是巩固基础性实验阶段的学习成果，开阔学生的眼界和思路，提高学生对实验方法和实验技能的综合运用能力。第三层次是设计性物理实验，新编入了5个设计性实验项目，它是一种较高层次的实验训练，是为培养学生独立实验以及运用所学知识解决给定问题的能力而设计的，要求学生根据实验内容和要求查阅有关参考材料，设计实验原理和实验步骤，独立完成实验。

本书由洪炜宁主编，章国顺、钱良存任副主编。参加编写的教师 and 具体分工：洪炜宁，编写实验六、七、八、二十二、二十六、二十九；章国顺，编写第一章、第二章，实验一、四、二十三、二十四；钱良存，编写实验九、十、十一、十二、二十七；李满兰，编写实验二、三、五、二十、二十八；周爱毓，编写实验十六、十七、十八、十九、二十五；叶剑，编写实验十三、十四、十五、二十一。全书由安徽大学曹卓良教授主审。曹

卓良教授在审阅中提出了很多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。

本书虽由以上同志执笔编写，但实际上凝聚了集体的智慧，是全体物理教师辛勤劳动的成果。在编写过程中，我们参考了大量的教学参考书和兄弟院校的物理实验教材，从中汲取了宝贵经验，甚至引用了部分内容；本书的出版得到了中国农业出版社和安徽农业大学教材科的大力支持和关心，在此一并致谢。

尽管我们做出了努力，但限于水平，书中可能还有错误和不妥之处，欢迎读者和同行专家批评指正。

编 者

2006年11月于合肥

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 物理实验课的重要性	1
一、物理学的地位和作用	1
二、实验物理学的形成及其内容	2
第二节 学习实验物理学的目的	2
第三节 物理实验课的要求	3
一、实验前预习	3
二、实验课的课堂操作要求	3
三、完成实验报告	4
四、遵守实验室规则	4
第二章 实验数据的处理	5
第一节 测量与误差	5
一、测量的基本知识	5
二、误差的定义和表示	6
三、测量误差的来源和分类	8
四、正确度、精密度和准确度	13
第二节 测量结果的有效数字	13
一、实验数据的读取	13
二、有效数字的运算	14
三、数字的取舍规则	16
四、数字的科学记数法	16
第三节 直接测量结果的表示	16
一、单次直接测量结果的表示	16
二、多次直接测量结果的表示	17
三、直接测量结果的算术平均绝对偏差表示法	18
四、测量结果的相对误差表示法	19
第四节 间接测量结果的表示	19

第五节 实验数据处理的常用方法	21
一、列表法	21
二、作图法	21
三、逐差法	22
四、线性回归法 (最小二乘法)	24
思考题与习题	26
第三章 基础物理实验	28
实验一 长度测量	28
实验二 刚体转动惯量的测量	33
实验三 杨氏弹性模量的测定	39
实验四 用落球法测定液体的黏滞系数	44
实验五 测定液体的表面张力系数	48
一、用毛细管法测定液体的表面张力系数	48
二、用拉脱法测定液体的表面张力系数	54
实验六 用直流电势差计测量电源电动势	59
一、用滑线式电势差计测量电源电动势	59
二、用 UJ33a 型携带式直流电势差计测量电动势	63
实验七 用冲击电流计测量螺线管轴向磁场	67
实验八 用霍尔效应法测量磁场	73
实验九 示波器	81
一、示波器的原理及使用	81
二、用示波器测量磁滞回线	90
实验十 电表改装原理及校准	97
实验十一 电路故障分析	104
实验十二 电路技术应用	111
一、恒温控制	111
二、利用运算放大电路改装电表	114
三、利用运算放大电路进行波形变换	119
四、非平衡电桥法测电阻	123
实验十三 用牛顿环测透镜的曲率半径	125
实验十四 分光计的调节和三棱镜折射率的测定	129
实验十五 用分光计和光栅测定光波的波长	138
第四章 综合与近代物理实验	143
实验十六 电阻应变式传感器灵敏度特性的研究	143

实验十七 热电偶传感器测温度	153
实验十八 霍尔式传感器的特性研究及应用	156
实验十九 交流全桥灵敏度特性的研究及应用	159
实验二十 夫兰克—赫兹实验	163
实验二十一 利用光电效应测普朗克常数	168
实验二十二 核磁共振	175
实验二十三 交流电桥	183
实验二十四 交流谐振电路	190
第五章 设计性实验	194
实验二十五 晶体二极管的伏安特性研究	194
实验二十六 设计组装直流电桥测量未知电阻	197
实验二十七 设计制作电子门铃	202
实验二十八 弹簧振子运动的研究	207
实验二十九 液体表面张力系数的测定与研究	209
附录	211
一、中华人民共和国法定计量单位	211
二、常用物理数据表	213
主要参考文献	217

第一章 绪 论

第一节 物理实验课的重要性

一、物理学的地位和作用

物理学是一门实验科学。在物理学的发展过程中,实验是决定性的因素。发现新的物理现象,寻找物理规律,验证物理定律等等,都依赖于实验。

众所周知,经典力学是由牛顿奠基的。关于牛顿创立万有引力定律的经过,绝非从苹果的下落而悟出的道理。事实上是牛顿在前人无数次观测实验和研究的基础上,穷 20 年之功,反复总结所得出的结果。其中特别是伽利略的力学基本原理和开普勒的行星三定律成为牛顿理论的基石。伽利略是从自己大量的实验结果中总结出力学基本原理的;而开普勒的三大定律则完全依赖第谷等人从 1576—1596 年 20 年间积累的大量精密天文观测数据,进行了 4 年的艰苦繁杂的计算,发现了火星运行的数据与传统理论之间存有 0.8 弧度的差异,就从这点差异入手,归纳出行星运行的椭圆轨道论,一举推翻了沿袭了 2 000 年的天体圆周学说。牛顿则从动力学的观点,分析计算了维持月球椭圆轨道运行的动力是地球施于月球的引力,进一步证明了太阳同样的力施于其他行星,才维持了行星的运转,从而创立了引力理论。1781 年发现天王星后,观测的结果是轨道与牛顿理论不符,勒韦里耶认为这是由于更远处的一颗尚未发现的行星对其产生扰动而致的结果。他根据牛顿理论,算出了这颗未知行星的位置,1846 年柏林天文台果然在预定的时间和位置上找到了这颗行星,这就是海王星。海王星的发现,被认为是牛顿理论最光辉的证明。可见,物理规律的发现,学说、理论的提出和创立,无不以严格的实验事实为依据,并得到实验的反复检验和仲裁,才被确认其真理性的。

物理实验既为开拓新理论、新领域奠定基础,又是丰富和发展物理学应用的广阔天地。任何理论用之于实际中,任何一种新技术、新产品的产生,无不经过大量的实验一再证实后才实现的。因此,实验是物理科学用于其他学科领域和生产实践中去的必由之路,是把物理学转化为生产力的桥梁。在科学技术高度发展的现代,在多学科领域、多种专业技术交叉的今天,这种桥梁作用尤为突出。

二、实验物理学的形成及其内容

与物理学发展的同时,实验综合了科学技术的成就,发展形成了自身的科学体系,成为系统性较强的独立学科——实验物理学。它在内容上包括了许多物理课本所包括不了的理论、知识、方法和技能,主要归纳有以下几方面:

(1) 实验手段(仪器、设备)的发展,表现在从简单的测量仪器,发展为以机、电、光为系统的门类齐全并日益扩展的仪器系列。精确度不断提高,适用范围不断开拓,自动化程度不断提高等,遥感、遥控、遥测技术的应用,使仪器已经从简单的物理原理中脱胎出来,成为独立体系。

(2) 从对现象的观测、实验方案的设计、过程控制以及资料分析到结果归纳等一系列方法,在前人积累和现代科学技术基础上,已发展成较完整的系统。

(3) 综合了数学、物理等学科的成就,形成了实验的数据处理、误差分析的严格理论体系,并已有成效地指导着实验的各个环节使之顺利进行。

(4) 为解决各种精确测量和精密实验中的实际问题,综合利用了多专业学科的成果和多种专业技术的交叉,从而形成了实验物理学的独立的科学技术体系。

第二节 学习实验物理学的目的

(1) 学习实验物理学的基本理论、基本方法和基本技能。如反映物理模式的思维方法,实验模型的建立和设计、观察、测量、控制和调整的技巧,仪器的工作原理,误差理论,计算方法和数据处理,结果的科学分析方法等,这些内容都必须系统地学习,严格地训练,反复运用、总结才能掌握。

(2) 学习运用理论知识对实验的指导。用正确的、严谨的思维随时分析、判断、解释实验中出现的各种现象,归纳出物理规律。学习物理实验不能停留在加深对课堂所讲的物理概念、定理、定律的理解,还应学习综合自己的知识、技能,灵活运用到实验和实践中去,并从中深刻体会理论与实验的辩证关系,为以后的学习和工作打下基础。

(3) 学习实验物理学,加强分析问题,解决实际问题的基本方法的训练。如从仅适应单一的、纯粹理想条件下的理论学习,到分析、解决综合、复杂环境中的问题。

(4) 在实验练习过程中, 注意培养探索、严谨、求实、效率等科学作风和工作态度。同时, 还可培养团结协作、勤俭节约、科学条理等优良品质, 使同学们具备日后工作中的应有素质。

(5) 努力提高实验测量的技能和水平。因为物理学的建立和发展都与测量紧密地联系在一起。从大量的测量数据中, 总结出具有一般性的规律, 进而建立起定理、定律、理论和学说正是科学发展的必由之路。在现代科学技术中, 测量对其发展的影响尤为突出。避免由于测量的不准或对数据处理不当而招致重大科技工程失败已经成为头等重大的问题。测量水平已逐渐成为现代科技水平和工农业现代化的重要标志。

第三节 物理实验课的要求

一、实验前预习

实验前必须认真仔细阅读教材, 达到:

(1) 明确本次实验目的、实验原理和方法。

(2) 明确实验过程和关键步骤及注意事项。

(3) 写出预习报告。预习报告主要包括以下几部分: 实验名称、目的、简要原理(或计算公式、电路或光路图等)及实验数据记录表格等。

二、实验课的课堂操作要求

(1) 进入实验室, 首先由教师检查预习报告, 学生回答教师提出的问题。

(2) 在教师的指导下, 进一步理解实验原理和仪器的调整及使用方法, 进一步明确实验的具体步骤。

(3) 将仪器安装调整好, 或将电路连接好, 经教师检查认可后, 开始实验。

(4) 测量时, 一般要重复若干次, 每次测量, 应按测量误差和有效数字要求读取数据并及时记录下来。当实验结果与环境温度、气压有关时, 应记下当时的数据。

(5) 数据要交指导教师审核, 如不符合要求, 必须重做。

(6) 几人合作的实验要相互协作, 不要一人包办代替。

(7) 实验做完后, 必须将仪器整理好, 养成良好的工作习惯。

三、完成实验报告

实验报告是实验的全面总结。报告要求写得简明扼要，文字通顺，字体端正，图表规范。实验报告应独立完成，不得抄袭。

实验报告一般包括以下几部分：

- (1) 实验名称。
- (2) 实验目的。
- (3) 简要原理（或计算公式、电路或光路图）。
- (4) 数据记录与处理，测量结果。
- (5) 讨论与分析。
- (6) 问题回答。

由以上内容看，它可以在预习报告基础上完善完成。

四、遵守实验室规则

学生进入实验室进行实验，必须严格遵守实验室规则：

(1) 实验应在课程表规定时间内进行，不得无故缺席或迟到。实验时间不得自行更动。

(2) 做好课前预习，并写好预习报告，凡预习不充分或未写（或未填）预习报告者，不得进行实验。

(3) 进行实验时，态度应严肃认真，注意保持实验室安静和整洁。

(4) 做实验时，如缺少仪器、用具、材料等，应向指导教师提出。未得许可，不许动用他组仪器用具。公用工具用后，应立即归还原处。

(5) 做电学实验，电路连接好后，必须经教师检查，得到许可后，才能接通电源。使用交流电源时，更要严格遵守安全用电规则，以防止发生意外。

(6) 实验时动作应谨慎细心，严格遵守仪器仪表的操作规则及注意事项。如损坏仪器应立即报告教师，并填写有关报告单，以便按章处理。

(7) 实验结果经教师审核签字后，将仪器整理还原，桌面收拾整洁，方可离开实验室。

(8) 不得缺做实验或缺少报告，缺者必须在指定时间内补齐。

(9) 实验报告一律用专用的物理实验报告本（纸）书写。

第二章 实验数据的处理

第一节 测量与误差

定量描述物理现象就要进行测量。由于主客观方面不可避免的原因，测量值不可能与真实值完全一致，即存在着误差。误差理论是一种专门的理论，这里，我们仅从应用的角度介绍测量和误差的一些基本知识。

一、测量的基本知识

物理量的测量的实质就是将被测量与规定作为标准的标准量进行比较，并确定其比值的过程，其内容涉及测量的实施和与测量有关的原理、程序、影响量等。

1. 真值和约定真值

表征在研究某量时所处的条件下，完善的、确定的量值叫真值。量值是指用数和适当的单位表示的值，如 12.36 cm，1.5 kg，35.2 °C 等。定义中强调两点：一是“在研究某量所处的条件下”；二是“完善的确定的量值”，这既体现了真值的客观实在性，又排除了真值的宏观取值的不确定性。因此，量的真值是理想概念，一般是不可能准确知道的。

为了给定目的，可以替代真值的量值。一般说来，约定真值被认为是非常接近真值的，就给定目的而言，其差值可以略去不计。

2. 测量方法

根据给定的原理，在实施测量中，一般地，所涉及的理论运算和实际操作，叫测量方法。按获得测量结果的方法不同。大致可分为以下几类：

(1) 直接测量法和间接测量法。不必对与被测量的量有函数关系的其他量进行测量，就能直接得到被测量值的测量方法，叫直接测量方法。如用刻度尺测量长度，用等臂天平测量质量等。为了确定量的值以便对直接测量的量值进行修正，所需要做的补充测量仍然是直接测量。

通过对与被测量有函数关系的其他量进行测量，从而得到被测量值的测量方法，叫间接测量法。如通过测量电压 U 和电阻 R ，由公式 $I=U/R$ 计算出电

流 I 。在某些情况下，由于直接测量有困难或直接测量的精度达不到预定要求时，亦需要采用间接测量。

(2) 静态测量和动态测量。这是根据被测量在测量过程中的状态划分的两种测量方法。在测量过程中，量值可认为是恒定的测量，叫静态测量。量的瞬时值随时间而变化的测量，叫动态测量。

(3) 等精度测量和不等精度测量。这是根据测量条件异同而划分的，所谓等精度测量，指的是在测量过程中，相同的观测者在相同的地点、相同的条件下，使用相同的测量方法和仪器，在短时间内重复地对同一被测量进行多次连续测量。由于这种测量具有重复性，所以测量的可靠程度是相同的。

在精密测量中，为了获得更可靠、更精确的测量结果，往往在不同的条件下（如仪器、测量方法、观测次数、观测者等不同）进行测量与对比，叫不等精度测量。

二、误差的定义和表示

1. 测量误差

物理量的真值是客观存在的。然而在实际测量时，由于实验条件、实验方法和仪器精度等的限制或者不够完善，以及实验人员技术水平的原因，使得测量值与客观上存在的真值之间有一定的差异。测量值 x 与真值 x_0 的差值称为测量误差 Δx ，简称误差。

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

式 (2-1-1) 所定义的误差反映的是测量值偏离真值的大小和方向，因此又常称它为绝对误差。绝对误差 $\pm \Delta x$ 表示测量结果 x 与真值 x_0 之间的差值以一定的可能性（概率）出现的范围，即真值以一定可能性（概率）出现在 $x - \Delta x$ 至 $x + \Delta x$ 区间内。仅仅根据绝对误差的大小还难以评价一个测量结果的可靠程度，还需要看测定值本身的大小，为此引入相对误差的概念。

2. 相对误差

相对误差等于测量误差的绝对值除以被测量的真值。考虑到一般情况下测量值与真值相差不会太大，故可用测量误差与测量值之比作为相对误差，即

$$E = \Delta x / x \quad (2-1-2)$$

它表示绝对误差在整个物理量中所占的比重，一般用百分比表示。

如果待测量有理论值或公认值，也可用百分差来表示测量的好坏。即

$$E_0 = \frac{|\text{测量值}(x) - \text{公认值}(x')|}{\text{公认值}(x')} \times 100\%$$

3. 偏差

由于真值不可能知道, 所以绝对误差在大多数情况下是不知道的, 研究和分析误差都是从偏差着手。设 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 为某量 x 的测量值, $\bar{x}$ 为其算术平均值, 则称各测量值和 $\bar{x}$ 之间的差值为偏差, 即

$$\gamma_i = x_i - \bar{x} \quad (2-1-3)$$

称为第 i 次测量的偏差。

(1) 算术平均偏差 η_x 。算术平均偏差 η_x 用测量列中各测量值的偏差绝对值的算术平均值表示, 即

$$\eta_x = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n-1} \quad (2-1-4)$$

由误差理论知, 其置信概率 $P=57.5\%$, 它表示测量列中任一测量值 x_i 的误差落在区间 $[-\eta_x, \eta_x]$ 内的可能性为 57.5% 。

(2) 算术平均值的平均绝对偏差 η_x 。算术平均值的平均绝对偏差 η_x 和测量的算术平均偏差 η_x 之间的关系为

$$\eta_x = \frac{\eta_x}{\sqrt{n}} \quad (2-1-5)$$

其置信概率 $P=57.5\%$, 它表示测量的算术平均值的误差落在区间 $[-\eta_x, \eta_x]$ 内的概率为 57.5% 。可以粗略地将其看成为算术平均值的最大误差。

4. 实验标准偏差 (标准差)

测量列的标准差 σ_x 是表征同一待测量的 n 次测量所得结果的分散程度的参数, 其表达式为

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2-1-6)$$

式中, n 为测量次数, x_i 为第 i 次测量值, $\bar{x}$ 为 n 次测量的算术平均值, 即

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

5. 算术平均值的标准差

测量列算术平均值的标准差 $\sigma_{\bar{x}}$ 是表征同一待测量各独立测量列的算术平均值的分散性的参数。显然, $\sigma_{\bar{x}} < \sigma_x$, 因为算术平均值的可靠性要高于任何单次测量, 可以证明算术平均值 $\bar{x}$ 的标准差

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \quad (2-1-8)$$

世界上多数国家的物理科学论文都用算术平均值的标准差评价测量结果数

据。目前已有一些计数器具有计算标准差的功能,给实验数据处理提供了方便。近来,在计量工作和精密测量中,已使用“不确定度”来评定实验结果的误差,它表示测量误差可能出现的范围,更能体现测量结果的特征。从国际计量局关于不确定度的说明和建议书中可以看到,不确定度主要还是用算术平均值的标准差来表示。

三、测量误差的来源和分类

任何测量都不可避免地存在误差,所以,一个完整的测量结果应该包括测量值、误差和单位三个部分。既然测量不能得到真值,那么怎样才能最大限度地减小测量误差并估算出这误差的范围呢?要回答这些问题,首先要了解误差产生的原因及其性质。测量误差按其产生的原因与性质可分为系统误差、随机误差和过失误差三大类。

1. 系统误差

系统误差的特点是有规律性,测量结果要么都大于真值,要么都小于真值。在测量条件改变时,误差也按一定规律在变化。

系统误差来源于以下几个方面:

(1) 由于测量仪器的不完善、仪器不够精密或安装调整不妥,如刻度不准、零点不对、砝码未经校准、天平臂不等长、应该水平放置的仪器没有放水平等。

(2) 由于实验理论和实验方法的不完善,所引用的理论与实验条件不符,如在空气中称质量而没有考虑空气浮力的影响,测长度时没有考虑温度使尺长改变,单摆测重力加速度时没有考虑空气的阻力、摆锤并非质点以及所使用的公式近似等。

(3) 由于实验者生理或心理特点、缺乏经验等而引入的误差。如有些人习惯于侧坐斜视读数,眼睛辨色能力较差等,使测量值偏大或偏小。

系统误差的消除或减小是实验技能问题,应采取各种措施将它降低到最小程度。如将仪器进行校正,改变实验方法或者在计算公式列入一些修正项以消除某些因素对实验结果的影响,纠正不良习惯等。

能否识别和降低系统误差与实验者的经验和实际知识有密切的关系。学生在学习过程中要逐步积累这方面的感性认识,结合实验的具体情况对系统误差进行分析和讨论。

2. 随机误差(偶然误差)

在相同条件下,对同一物理量进行重复多次测量,即使系统误差减小到最

小程度之后, 测量值仍然会出现一些难以预料和无法控制的起伏, 而且测量值误差的绝对值和符号在随机地变化着。这种误差称之为随机误差。

随机误差主要来源于人们视觉、听觉和触觉等感觉能力的限制以及实验环境偶然因素的干扰。例如温度、湿度、电源电压的起伏、气流波动以及振动等因素的影响。从个别测量值来看, 它的数值带有随机性, 好像杂乱无章。但是, 如果测量次数足够多的话, 随机误差就会遵循一定的统计规律, 可以用概率论的有关理论来估算它。

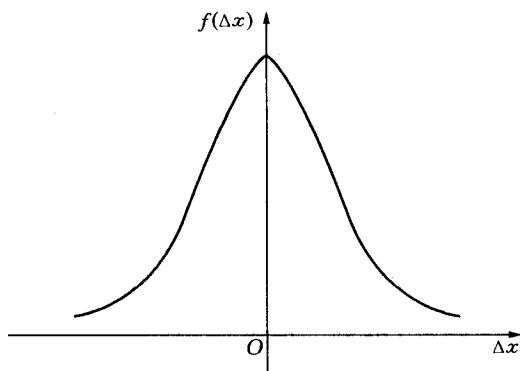


图 2-1-1 随机误差的统计规律

(1) 随机误差的统计规律。实践和理论都证明大部分测量的随机误差服从统计规律, 如图 2-1-1 所示, 横坐标表示误差 $\Delta x = x - x_0$, 纵坐标表示一个与误差出现的概率有关的概率密度函数 $f(\Delta x)$, 应用概率论的数学方法可以得出

$$f(\Delta x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{\Delta x^2}{2\sigma^2}} \quad (2-1-9)$$

这种分布称为正态分布。式 (2-1-9) 中的特征量 σ 为

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_0)^2}{n}} \quad (2-1-10)$$

称为标准差。它反映测量数据的离散性。

服从正态分布的随机误差具有以下一些特征:

有界性: 误差的绝对值不会超过一定界限, 即绝对值很大的误差概率为零。

单峰性: 绝对值小的误差概率大于绝对值大的误差概率。

对称性: 绝对值相等的正误差和负误差出现的概率相等。

抵偿性: 随机误差的算术平均值随着测量次数的增加而趋于零。即

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_0) = 0 \quad (2-1-11)$$

(2) 反映随机误差分布的两个特征数——真值和标准差。

①待测量的真值 x_0 。设对某一物理量在等精度测量条件下进行多次重复测量, 其测量列为: $x_1, x_2, \dots, x_n$, 测量列的算术平均值为