高等院校21世纪课程教材

College Textbook Series for 21st Century

大学物理实验

（第3版）

刘道军 主编

北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
安徽大学出版社

高等院校21世纪课程教材

College Textbook Series for 21st Century

大学物理实验

（第3版）

主　　编　刘道军

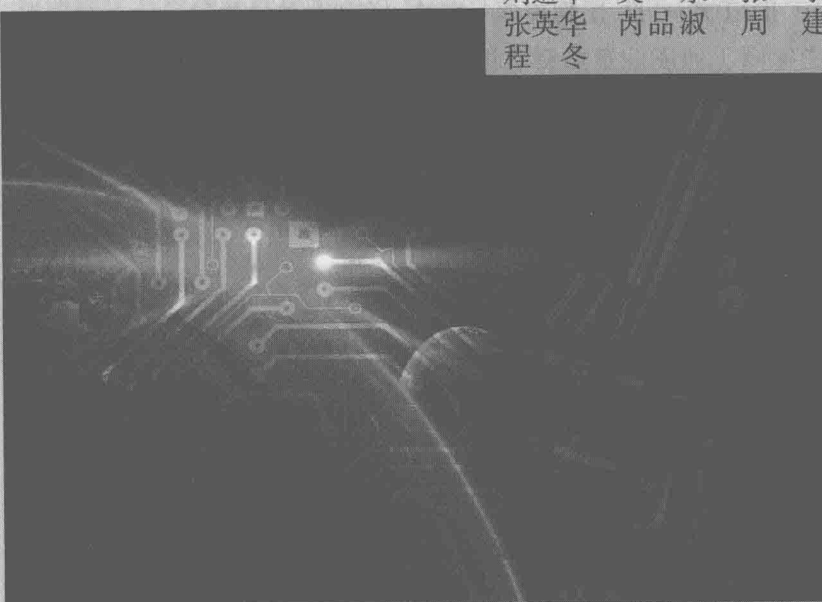
副主编　张　季　吴　永

参编人员（按姓氏笔画排序）

刘道军　吴　永　张　季

张英华　芮品淑　周　建

程　冬



北京师范大学出版集团

BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP

安徽大学出版社

内容提要

本教材以教育部颁发的《高等工业学校物理实验课程教学基本要求》为纲领，结合部分高校专业设置特点和实验设备的具体情况，在多年教学实践的基础上编写而成。本书共分为7章：第一章是测量误差与数据处理，主要介绍测量误差与数据处理的基本知识。在误差估算中适度地引进了“不确定度”的概念，且做了必要的简化处理，使之既能让学生逐步学会用不确定度对直接测量和间接测量的结果进行评估，又能使物理实验教学跟上当前误差理论研究和应用的发展趋势。第二、三、四、五、六章分别是力学部分、热学部分、电磁学部分、光学部分及近代物理部分的实验内容，主要是面对理工类非物理专业开设的实验项目，涵盖了物理学的各个领域，同时包括了基础性、综合性、研究性或设计性等各种类型实验，共20项，可供高校部分专业选做。第七章是演示实验。本章编写的演示实验具有很强的趣味性、时代性和科普性，面向的学生也很广泛，既能激发理工科学生的好奇心，提高学习效率，又能对文科生起到科普教育的作用。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/刘道军主编. —3版. —合肥：安徽大学出版社，2016.8
ISBN 978-7-5664-1173-0

Ⅰ.①大… Ⅱ.①刘… 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192035号

大学物理实验(第3版) **刘道军 主编**

出版发行：北京师范大学出版集团
安 徽 大 学 出 版 社
(安徽省合肥市肥西路3号 邮编230039)
www.bnupg.com.cn
www.ahupress.com.cn
印　　刷：安徽省人民印刷有限公司
经　　销：全国新华书店
开　　本：170mm×228mm
印　　张：14.25
字　　数：263千字
版　　次：2016年8月第3版
印　　次：2016年8月第1次印刷
定　　价：39.00元
ISBN 978-7-5664-1173-0

策划编辑：刘中飞　武溪溪　　装帧设计：张　季
责任编辑：武溪溪　　美术编辑：李　军
责任印制：李　军

版权所有　侵权必究

反盗版、侵权举报电话：0551－65106311
外埠邮购电话：0551－65107716
本书如有印装质量问题，请与印制管理部联系调换。
印制管理部电话：0551－65106311

前　言

物理学是研究物质运动一般规律和物质基本结构的学科。物理学研究的领域大至宇宙，小至基本粒子，是用数学语言表述的一门精密的自然科学学科。同时，物理学也是一门实证学科，物理实验成为检验理论正确性的唯一标准，其在理论建构和理论检验中起到了举足轻重的作用。大学物理实验课程作为高等院校基础实践教学的一个重要组成部分，对学生实践能力和创新能力的培养大有裨益，特别是对非物理专业的理工科学生，该课程的学习对他们专业课的学习起到了直接的帮助作用。

《大学物理实验(第 3 版)》是在第 1 版和第 2 版的基础上修订而成的。此次修订，编委会调研了部分高校专业设置和物理实验课程开设的具体情况，听取了同行专家在前两版使用过程中提出的意见和建议后，经过认真分析研究，修改优化了部分章节内容，同时也加入了编者在多年教授实验过程中总结的一些原创性心得和设计，使之更加科学、实用。第 3 版教材还吸取了前两版的优点，在内容编写上，使学生在实验知识、方法、技能和误差分析与数据处理等各方面都能够得到循序渐进的系统训练，可以达到培养学生实验能力、提高实验素养的目的。同时，基础性实验编写得比较细致、具体，给出了有关的数据记录表格、数据处理要求以及误差计算和结果表达形式，以便学生参考学习。在综合性、研究性实验中，重点突出实验原理和思路，将一些细节问题留给学生去思考和探索，从而加强对学生的创新意识、创新精神和创新能力的培养。

目录 CONTENTS

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第一章

测量误差与数据处理

第一节　测量与误差的关系

一、测量

测量是借助仪器，通过一定的方法，将待测量与一个选作标准单位的同类量进行比较的过程，其比值即是该待测量的测量值. 记录下来的测量结果应该包含测量值的大小和单位，二者缺一不可. 按照测量的方式，测量可分为直接测量和间接测量两类.

1. 直接测量

直接测量是指待测物理量的大小可以从选定好的测量仪器或仪表上直接读出来的测量，相应的待测物理量称为直接测量量. 例如，用米尺测长度，用秒表测时间，用温度计测温度等.

2. 间接测量

间接测量是指待测物理量需要根据其他直接测量的物理量的值，通过一定的函数关系（一般为物理概念、定理、定律）计算出来的测量过程，相应的待测物理量称为间接测量量. 例如，先测量出圆柱体的底面直径 D 和高度 h，再利用公式$V=1/4\pi D^2 h$可计算其体积. 在这一测量中，对 D 和 h 是直接测量，对 V 则是间接测量. 在实验中我们发现，直接测量是间接测量的基础. 然而，对一个给定的待测物理量，它是属于直接测量量，还是属于间接测量量，与待测量本身没有直接联系，而是取决于实验方法的采用和实验仪器、仪表的选用. 比如，用伏安法测电阻时，电阻是间接测量量；而当使用欧姆表和电桥作测量仪器时，电阻为直接测量量.

人们对自然现象的研究，不仅要进行定性的观察，还必须通过各种测量进行

定量描述.在实验中,待测量的数值形式常常是不能以有限位的数来表示的;又由于人们认识能力的不足和科学水平的限制,实验中测得的值与它的真值并不一致,这种矛盾在数值上的表现即为误差.随着科学水平的提高和人们的经验、技巧及专业知识的丰富,误差可以控制得越来越小,但不能做到使误差为零,误差始终存在于一切科学实验的过程中.

由于误差歪曲了事物的客观形象,但它们又必然存在,所以我们就必须分析各类误差产生的原因及其性质,从而制定控制误差的有效措施,正确处理各种数据,以求得正确的结果.

研究实验误差,不仅使我们能正确鉴定实验结果,还能指导我们正确地组织实验,如合理地设计仪器、选用仪器及选定测量方法等,这样可以使我们能以最经济的方式获得最有利的效果.

二、误差的定义

1.误差的定义

误差表示给出值与真值的差量,它是指一个实验的估计不准度.给出值是指测量值、标示值、标称值、近似值等给出的非真值;真值是指在某一时刻和某一位置,或某一状态某量的客观值或实标值.

2.真值的分类

真值可以分成下面几类.

(1)理论真值.如平面三角形三个内角和为180°,同一量自身之差为零.

(2)计量学约定真值.

如长度单位:米(m)——1 m等于光在真空中1/299792458秒的时间内所通过的距离.

时间单位:秒(s)——1 s是铯133原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的9192631770个周期的持续时间.

电流强度单位:安培(A)——1 A是指处在真空中相距1 m的两根无限长而圆截面可忽略的平行直导线通以恒定电流 I,当它们之间每单位长度的作用力为 2×10^{-7} N·m时,I 的大小.

温度单位:开尔文(K)——1 K是水的三相点热力学温度的1/273.16.

(3)标准器相对真值.高一级标准器的误差与低一级标准器或普通仪器的误差相比为1/5(或者1/8～1/10)时,则可以认为前者是后者的相对真值.

3.误差的种类

误差一般又可分为平均误差、相对误差、标准误差和可几误差.

(1)平均误差.在一组测量中,测得值为 $X_1, X_2, \cdots, X_n$,其真值为 X_0,则平

均误差定义为

$$\delta=\frac{\sum_{i=1}^{n}|X_i-X_0|}{n}$$

它反映测得值离真值的大小,故又称绝对误差. 在多次测量中,可用平均值代替真值,而平均值为

$$\overline{X}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}X_i$$

(2)相对误差. 例如,用一频率计测量准确值为 100 kHz的频率源,测得值为 101 kHz,测量误差为 1 kHz,又用波长表测量一准确值为 1 MHz的标准频率源,测得值为1.001 MHz,其误差也为 1 kHz. 上面两个测量,从误差的绝对量来说是一样的,但它们是在不同频率点上测量的,它们的准确度是不同的. 为描述测量的准确度而引入相对误差的概念,我们定义:

相对误差 = 误差 ÷ 真值(一般用百分数表示)

在测量中,经常使用电气仪表,电气仪表的准确度分为 0.1,0.2,0.5,1.0,1.5,2.5 和 5.0 七级,若仪表为 S 级,则用该仪表测量时绝对误差为:绝对误差$\leqslant X_S\times S\%$,X_S为满刻度值;相对误差$\leqslant\dfrac{X_S}{X}\times S\%$,故当 X 越接近于 X_S 时,其测量准确度越高,相对误差越小. 这就是人们利用这类仪表时,尽可能在仪表满刻度 2/3 以上量程内测量的原因. 所以,测量的准确度不仅决定于仪表的准确度,还决定于量程的选择. 如用某一 0.5 级、量程为 0~300 V 的电压表和某一 1.0 级、量程为 0~100 V 的电压表测量某一接近 100 V 的电压,问哪个测量较为准确呢?

$$\delta_{0.5}=\frac{X_S}{X}\times S\%=\frac{300}{100}\times 0.5\%=1.5\%$$

$$\delta_{1.0}=\frac{X_S}{X}\times S\%=\frac{100}{100}\times 1.0\%=1.0\%$$

故若量程选择恰当,用 1.0 级表进行测量也会得到比用 0.5 级表测量更为准确的结果.

(3)标准误差. 标准误差也称为方根误差,定义为

$$\delta=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-X_0)^2}{n}}$$

在有限次测量中常用$\delta=\sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-X_0)^2}{n-1}}$来表示,一般利用标准误差来表示

精密度.

(4)可几误差.可几误差也称为必然误差,它的意义为:在一组测量中,若不计正负号,误差大于r的测量值与误差小于r的测量值的数目各占一半.可几误差r与标准误差δ的关系为

$$r = 0.6745\delta$$

三、误差来源

1.装置误差

(1)标准器误差.标准器是提供标准量的器具,如标准电池、标准电阻、标准钟等.它们本身体现的量都有误差.

(2)仪表误差.如电表、天平、游标等本身的误差.

(3)附件误差.进行测量时所使用的辅助附件,如开关、电源、连接导线所引起的误差称为附件误差.

2.环境误差

由于各种环境因素(如温度、湿度、气压、震动、照明、电磁场等)与要求的标准状态不一致,及其在空间上的梯度随时间的变化,致使测量装置和待测量本身的变化所引起的误差称为环境误差.

3.人员误差

测量者生理上的最小分辨力、感官的生理变化、反应速度和固有习惯所引起的误差称为人员误差.

4.方法误差

(1)经验公式、函数类型选择的近似性及公式中各系数确定的近似值所引起的误差.

(2)在推导测量结果表达式中没有得到反映,而在测量过程中实际起作用的一些因素引起的误差,如漏电、热电势、引线电阻等一些因素引起的误差.

(3)由于知识不足或研究不充分引起的误差.

四、误差的分类

1.系统误差

在同一条件下,多次测量同一量时,误差的绝对值和符号保持恒定或在条件改变时,按某一确定规律变化的误差称为系统误差,它的特点是具有确定性.

实验条件一经确定,系统误差就获得一个客观上的恒定值.多次测量的平均值也不能削弱它的影响,改变实验条件或改变测量方法可以发现系统误差,可以通过修正予以消除.

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

2. 偶然误差

在同一条件下多次测量同一量时，误差的绝对值和符号随机变化，它的特点是具有随机性，没有一定规律，时大时小，时正时负，不能判定.

由于偶然误差具有偶然的性质，不能预先知道，因而也就无法从测量过程中予以修正或把它加以消除，但是偶然误差在多次重复测量中服从统计规律，在一定条件下，可以用增加测量次数的方法加以控制，从而减少它对测量结果的影响.

3. 过失误差(粗大误差)

明显歪曲测量结果的误差，称为过失误差(粗大误差). 这是由于测量者在测量和计算中方法不合理，粗心大意，记错数据所引起的误差. 只要实验者采取严肃认真的态度，这类误差是可以避免的.

五、精度

不准确或不精确度是指给出值偏离真值的程度，它与误差的大小相对应，习惯上称为准确度，其含义乃是不准确之意.

“精度”一词可细分为精密度、准确度和精确度.

1. 精密度

精密度表示一组测量值的偏离程度，或者说，多次测量时，表示测得值重复性的高低. 如果多次测量的值都互相很接近，即偶然误差小，则称为精密度高. 由此可见，精密度与偶然误差相联系.

2. 准确度

准确度表示一组测量值与真值的接近程度. 测量值与真值越接近，系统误差越小，其准确度越高，所以准确度与系统误差相联系.

3. 精确度

它反映系统误差与偶然误差合成大小的程度. 在实验测量中，精密度高的，准确度不一定高；准确度高的，精密度不一定高；但精确度高的，精密度和准确度都高. 精密度与准确度的关系对应如图 1－1－1 所示.

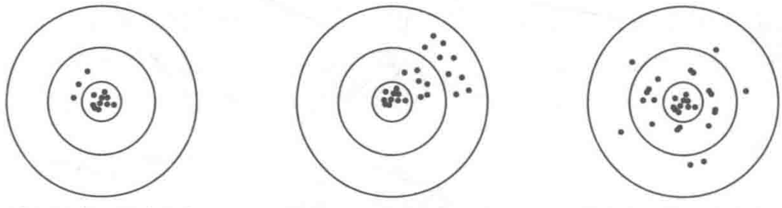


图 1－1－1　精密度与准确度的关系对应图

六、误差的传递

测量结果可直接从测量值得出的测量称为直接测量.通过对与待测量有一定函数关系的量进行直接测量,然后利用函数关系计算出待测量大小的测量方法称为间接测量.既然公式中所包含的直接测量都有误差,那么,间接测量也必然存在误差,这就是误差的传递.设间接测量量 Y 与 n 个直接测量量 $X_1,X_2,\cdots,X_n$ 有关,$\mathrm{d}X_1$、$\mathrm{d}X_2,\cdots,\mathrm{d}X_n$ 表示各对应量的绝对误差,则绝对误差为

$$\mathrm{d}Y=\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{\partial Y}{\partial X_i}\right|\left|\mathrm{d}X_i\right|$$

相对误差为

$$E=\frac{\mathrm{d}Y}{Y}=\frac{\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{\partial Y}{\partial X_i}\right|\left|\mathrm{d}X_i\right|}{Y}$$

(1)间接测量量的绝对误差等于各直接测量量所决定的函数的全微分,并应取所有偏微分绝对值的和.

(2)间接测量量的相对误差等于各直接测量量的偏微分与原函数比值的绝对值之和.

七、误差的处理

由于误差的存在,测量值可能比真值大,也可能比真值小,故在可能的情况下,总是采用多次重复测量的方法,然后取其平均值,这个平均值必然更接近其真值.

设在相同条件下对某一物理量 X 进行 n 次重复测量,其测量值分别为 X_1,$X_2,\cdots,X_n$,则其平均值为

$$\overline{X}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}X_i$$

若为多次测量,则用多次测量的平均值代替真值.

平均偏差为

$$\Delta X=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|X_i-\overline{X}\right|$$

相对误差为

$$E=\frac{\Delta X}{\overline{X}}(\%)$$

标准误差为

$$\delta=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left|X_i-\overline{X}\right|^2}{n-1}}$$

下面将实验中常用的间接测量和直接测量的函数关系及根据这些关系推导出的误差公式列表如下：

序号	数学运算关系 $\alpha=f(A,B,C,\cdots)$	误　差	公　式
1		绝对误差 $\alpha=\Delta\alpha$	相对误差 $E=\dfrac{\Delta\alpha}{\alpha}$
2	$\alpha=A+B+C+\cdots$	$\Delta A+\Delta B+\Delta C+\cdots$	$\dfrac{\Delta A+\Delta B+\Delta C+\cdots}{A+B+C+\cdots}$
3	$\alpha=A-B$	$\Delta A+\Delta B$	$\dfrac{\Delta A+\Delta B}{A-B}$
4	$\alpha=A\cdot B\cdot C$	$BC\Delta A+CA\Delta B+AB\Delta C$	$\dfrac{\Delta A}{A}+\dfrac{\Delta B}{B}+\dfrac{\Delta C}{C}$
5	$\alpha=\dfrac{A}{B}$	$\dfrac{B\Delta A+A\Delta B}{B^2}$	$\dfrac{\Delta A}{A}+\dfrac{\Delta B}{B}$
6	$\alpha=nA$	$n\Delta A$	$\dfrac{\Delta A}{A}$
7	$\alpha=A^n$	$nA^{n-1}\Delta A$	$n\dfrac{\Delta A}{A}$
8	$\alpha=\sqrt[n]{A}$	$\dfrac{1}{n}A^{(\frac{1}{n}-1)}\Delta A$	$\dfrac{1}{n}\ \dfrac{\Delta A}{A}$
9	$\alpha=\sin A$	$\cos A\cdot\Delta A$	$\mathrm{ctg}A\cdot\Delta A$
10	$\alpha=\cos A$	$\sin A\cdot\Delta A$	$\mathrm{tg}A\cdot\Delta A$
11	$\alpha=\mathrm{tg}A$	$\dfrac{\Delta A}{\cos^2 A}$	$\dfrac{2\Delta A}{\sin 2A}$
12	$\alpha=\mathrm{ctg}A$	$\dfrac{\Delta A}{\sin^2 A}$	$\dfrac{2\Delta A}{\sin 2A}$

第二节　测量结果的评定和不确定度

测量时不但要测量待测物理量的近似值，而且要对近似真实值的可靠性做出评定（即指出误差范围），这就要求我们还必须掌握不确定度的有关概念．下面将结合测量结果的评定对不确定度的概念、分类、合成等问题进行讨论．

一、不确定度的含义

在物理实验中对测量结果做出综合评定，常常采用不确定度的概念．不确定度是“误差可能数值的测量程度”，表征所得测量结果代表待测量的程度，也就是

因测量误差存在而对待测量不能肯定的程度,因而是测量质量的表征,用不确定度可以对测量数据做出比较合理的评定.对一个物理实验的具体数据来说,不确定度是指测量值(近真值)附近的一个范围,测量值与真值之差(误差)可能落于其中,不确定度小,测量结果可信赖程度高;不确定度大,测量结果可信赖程度低.在实验和测量工作中,不确定度近似于不确知、不明确、不可靠、有质疑,是对估计而言的;因为误差是未知的,不可能用指出误差的方法去说明可信赖程度,只能用误差的某种可能的数值去说明可信赖程度,所以不确定度更能表示测量结果的性质和测量的质量.用不确定度评定实验结果的误差,其中包含了各种来源不同的误差对测量结果的影响,它们的计算又反映了这些误差所服从的分布规律,并能更准确地表述测量结果的可靠程度.

二、测量结果的表示和合成不确定度

在物理实验中,要表示出测量的最终结果.这个结果既要包含待测量的近似真实值$\overline{x}$,又要包含测量结果的不确定度σ,还要反映出该物理量的单位.因此,要写成物理含意深刻的标准表达形式,即

$$x=\overline{x}\pm\sigma(\text{单位})$$

式中,x为待测量,$\overline{x}$是测量的近似真实值,σ是合成不确定度,一般保留一位有效数字.这种表达形式反映了三个基本要素:测量值、合成不确定度和单位.

在物理实验中,直接测量时若不需要对待测量进行系统误差的修正,一般就取多次测量的算术平均值$\overline{x}$作为近似真实值;若在实验中有时只需测一次或只能测一次,该次测量值就为待测量的近似真实值.如果要求对待测量进行系统误差的修正,通常是将系统误差(即绝对值和符号都确定的可估计出的误差分量)从算术平均值$\overline{x}$或一次测量值中减去,从而求得被修正后的直接测量结果的近似真实值.例如,用螺旋测微器来测量长度时,从待测量结果中可直接减去螺旋测微器的零误差.在间接测量中,$\overline{x}$即为待测量的计算值.

在测量结果的标准表达式中,给出了一个范围$(\overline{x}-\sigma)\sim(\overline{x}+\sigma)$,它表示待测量的真值在$(\overline{x}-\sigma)\sim(\overline{x}+\sigma)$范围之间的概率为68.3%.不要误认为真值一定就会落在$(\overline{x}-\sigma)\sim(\overline{x}+\sigma)$之间,认为误差在$-\sigma\sim+\sigma$之间是错误的.

在上述的标准式中,近似真实值、合成不确定度和单位三个要素缺一不可,否则就不能全面表达测量结果.同时,近似真实值$\overline{x}$的末尾数应该与不确定度的所在位数对齐,近似真实值$\overline{x}$与不确定度σ的数量级、单位要相同.在实验中,测量结果的正确表示是一个难点,要引起重视,注意纠正,培养良好的实验习惯,正确书写测量结果的标准形式.

在不确定度的合成问题中,主要是从系统误差和随机误差等方面进行综合

考虑，提出了统计不确定度和用非统计不确定度的概念. 合成不确定度 σ 是由不确定度的两类分量(A 类和 B 类)求“方和根”计算而得. 为使问题简化，本书只讨论简单情况下(即 A 类、B 类分量保持各自独立变化，互不相关)的合成不确定度. A 类不确定度(统计不确定度)用 S_i 表示，B 类不确定度(非统计不确定度)用 σ_B 表示，合成不确定度为

$$\sigma = \sqrt{S_i^2 + \sigma_B^2}$$

三、合成不确定度的两类分量

物理实验中的不确定度，一般主要来源于测量方法、测量人员、外界环境、测量对象变化等. 计算不确定度是把可修正的系统误差修正后，将各种来源的误差按计算方法分为两类，即用统计方法计算的不确定度(A 类)和用非统计方法计算的不确定度(B 类).

1. A 类

统计不确定度是指可以采用统计方法(即具有随机误差性质)计算的不确定度，如测量读数具有分散性，测量时温度波动影响等. 这类统计不确定度通常认为是服从正态分布规律的，因此可以像计算标准偏差那样，用贝塞尔公式计算待测量的 A 类不确定度. A 类不确定度 S_i 为

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta x_i^2}{n-1}}$$

式中，$i=1,2,3,\cdots,n$，表示测量次数.

在计算 A 类不确定度时，也可以用最大偏差法、极差法、最小二乘法等，本书只采用贝塞尔公式法，并且着重讨论读数分散对应的不确定度. 用贝塞尔公式计算 A 类不确定度，可以用函数计算器直接计算、读取，十分方便.

2. B 类

非统计不确定度是指用非统计方法求出或评定的不确定度，如实验室中的测量仪器不准确、量具磨损老化等. 评定 B 类不确定度常采用估计法，要估计适当，需要确定分布规律，同时要参照标准，更需要估计者的实践经验、学识水平等. 本书对 B 类不确定度的估计同样只做简化处理. 仪器不准确的程度主要用仪器误差来表示，所以因仪器不准确对应的 B 类不确定度为

$$\sigma_B = \Delta_{仪}$$

式中，$\Delta_{仪}$ 为仪器误差或仪器的基本误差，或允许误差，或显示数值误差. 一般的仪器说明书中都以某种方式注明仪器误差，这是制造厂或计量检定部门给定的. 物理实验教学中，仪器误差由实验室提供. 对于单次测量的随机误差，一般以最

大误差进行估计,以下分两种情况处理.

(1)已知仪器准确度时,以其准确度作为误差大小.如一个量程150 mA、准确度0.2级的电流表,测某一次电流,读数为131.2 mA.为估计其误差,则按准确度0.2级可算出最大绝对误差为0.3 mA,因而该次测量的结果可写成$I=131.2\pm0.3$ mA.又如用物理天平称量某个物体的质量,当天平平衡时,砝码为$P=145.02$ g,让游码在天平横梁上偏离平衡位置一个刻度(相当于0.05 g),天平指针偏过1.8分度,则该天平这时的灵敏度为(1.8÷0.05)分度/g,其感量(准确度)为0.03 g/分度,这就是该天平称量物体质量时的准确度,测量结果可写成$P=145.02\pm0.03$ g.

(2)未知仪器准确度时,单次测量误差的估计应根据所用仪器的精密度、仪器灵敏度、测试者感觉器官的分辨能力以及观测时的环境条件等因素具体考虑,以使估计误差的大小尽可能地符合实际情况.一般来说,最大读数误差对连续读数的仪器可取仪器最小刻度值的一半,而无法进行估计的非连续读数的仪器,如数字式仪表,则取其最末位数的一个最小单位.

四、直接测量的不确定度

在对直接测量的不确定度的合成问题中,对A类不确定度主要讨论在多次测量条件下,读数分散对应的不确定度,并且用贝塞尔公式计算A类不确定度.对B类不确定度,主要讨论仪器不准确对应的不确定度,将测量结果写成标准形式.因此,实验结果的获得应包括待测量近似真实值的确定,A、B两类不确定度以及合成不确定度的计算.增加重复测量次数对于减小平均值的标准误差、提高测量的精密度有利.但是,当重复测量次数增大时,平均值的标准误差减小渐为缓慢,当重复测量次数大于10时,平均值的减小便不明显了.通常取测量次数为5~10,下面通过两个例子加以说明.

例1 采用感量为0.1 g的物理天平称量某物体的质量,其读数值为35.41 g,求物体质量的测量结果.

解 采用物理天平称量物体的质量,重复测量读数值往往相同,故一般只要进行单次测量即可.单次测量的读数即为近似真实值,$m=35.41$ g.

物理天平的"示值误差"通常取感量的一半,并且作为仪器误差,即

$$\sigma_B=\Delta_{仪}=0.05(\text{g})=\sigma$$

测量结果为

$$m=35.41\pm0.05(\text{g})$$

在例1中,因为是单次测量($n=1$),合成不确定度$\sigma=\sqrt{S_1^2+\sigma_B^2}$中的$S_1=0$,所以$\sigma=\sigma_B$,即单次测量的合成不确定度等于非统计不确定度.但是,这个结论

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com