

一、要重视物理实验

物理实验是理工科院校学生进行科学实验基本训练的一门独立的基础课程,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。理工科学生学好物理学和物理实验,获得进行科学实验的基本技能和经验,对后继工程技术课程的学习以至从事科学技术工作将起到重要作用。

科学实验是人们按照一定的研究目的,借助特定仪器设备,在预先安排和严格控制条件下对自然事物和现象进行精密、反复的观察与测试,以探索其内部的规律性的过程。这种对自然有目的、有控制、有组织的探索活动是现代科学技术发展的源泉。如果没有科学实验,现代科学技术永远不会达到目前的成就。

大学教育,不仅要求学生掌握知识,更要培养学生探索未知的能力。近年来,随着物理实验教学体系与内容的改革,物理实验课在高素质人才培养中越来越显示其独特的地位和重要性。

“物理学是以实验为本的科学”,这一精辟论述出自诺贝尔物理学奖获得者、著名理论物理学家杨振宁教授的一则题词,是物理学界的共识。无论是物理规律的发现,还是物理理论的验证都要依靠实验。在物理学发展过程中,人类积累了丰富的实验方法,创造出各种精巧的仪器设备,涉及广泛的物理现象,这就使物理实验课有了充实的教学内容。学生从中可以学到许多基本实验方法和实验技能,观察到许多生动的自然现象,物理实验在客观实际的事物与抽象模型化的物理理论之间架起桥梁,使学生在应用理论与实践的过程中,加深对理论的理解,提高分析和解决实际问题的能力。

二、物理实验的教学目的

物理实验是一门实践性课程,使学生得到系统实验方法和实验技能的训练,使学生初步了解科学实验的主要过程和基本方法,为今后的学习和工作奠定良好的基础。学生在教师指导下,通过独立完成实验课题增长知识,提高能力。整个教学活动的进行也将有助于学生形成良好的科学作风、学习态度及品德的培养和素质的提高。

本课程要完成三项具体任务:

(1) 通过对实验现象的观察、分析和对物理量的测量,学习物理实验知识,加深对物理学原理的理解。

(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或判断；
- ④ 能够正确记录和处理实验数据、绘制曲线、说明实验结果和撰写合格的实验报告；
- ⑤ 能够完成简单的、具有设计性内容或研究性内容的实验。

(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、认真的学习态度,主动研究的探索精神,遵守纪律、团结协作和爱护公共财产的良好品德。

三、物理实验的主要教学环节

物理实验的基本程序一般分为三个阶段。

1. 实验前的预习

每次实验课前要做好实验准备工作。通过阅读实验教材和参考资料,弄清本次实验的目的、原理和所要使用的仪器,明确测量方法,了解实验要求及实验中特别要注意的问题等,并在此基础上写出简要的预习报告。预习报告包括实验名称、目的、仪器、简要的原理及计算公式、简单的电路图或光路图以及记录测试数据的表格。

预习的效果将决定能否主动、顺利地进行实验。

2. 实验操作

实验操作是物理实验基本程序中的核心,是学生主动研究、积极探索的好时机。每一实验收获的大小,主要取决于学生主观能动性的发挥程度。

在动手操作前,首先应认识和熟悉仪器,了解使用方法,记录仪器的规格型号,然后进行仪器的安装(或连接电路)、调试。实验要按步骤井井有条地进行。在正式获取实验数据之前,要把仪器设备调试到最佳工作状态。明确每步操作的意义,掌握正确的调整操作方法,认真观察实验现象,正确记录实验数据。实验中若出现不正常情况要及时请教教师,不要自己随意处理。如果对实验有新的想法或想进一步深入研究,需向指导教师说明并经同意后,再进行。实验完毕,实验数据需经教师审阅、签字,再将仪器整理好。

3. 整理实验报告

实验报告是实验成果的文字报道,是实验过程的总结。要写好一份实验报告,应做到:认真学习和掌握实验原理和方法,正确进行数据处理和误差分析,记录并分析实验中观察到的现象,正确表示出测量结果,并对结果做出合理分析和讨论。

实验报告内容包括:

- ① 实验名称。
- ② 实验目的。
- ③ 实验仪器。写明主要仪器的规格、型号和被测样品编号。
- ④ 实验原理。简要叙述有关物理内容(包括电路图、光路图或实验装置示意图)及测量中依据的主要公式,式中各量的物理含义及单位,公式成立应满足的实验条件等。
- ⑤ 实验步骤。根据实际的实验过程写明关键步骤和安全注意要点。
- ⑥ 原始数据记录。预习时应根据实验要求拟好数据记录表格(用另一张纸写),实验前交给教师审查。进行实验时,应直接将实验数据记在原始记录表格上。原始记录是实验工作的第一手资料,是实验工作中最有价值的技术资料,做好原始记录是进行科学实验的基本功之一。同学们应给予足够重视。
- ⑦ 数据表格与数据处理。记录中应有仪器编号、规格或型号及完整的实验数据。完成

数据计算、曲线图绘制及误差分析,最后写明实验结果。

⑧ 实验结论与分析。对本次实验所得结果和实验中出现的现象进行分析,总结实验的收获和建议。

写出一份文字简练、通顺,字迹清楚,数据齐全,图表规范、正确的实验报告是对学生基本的要求,也是学生应具备的基本能力。

四、物理实验信息化平台登录及使用简介

1. 物理仿真实验系统

网页版地址: <http://10.11.3.28:8201>

登录方法 用户名: student, 密码: 123

注意: 网页版不能进行仿真操作,请在【下载升级】处下载【实验大厅客户端程序】到本地并安装,方可进行实验仿真操作。

仿真实验使用简介:

- a. 下载仿真实验大厅客户端
- b. 安装
- c. 修改网络设置: IP 地址: 10.11.3.28, 端口: 8201
- d. 用户名: student, 密码: 123

2. 北京联合大学基础部物理实验室信息化平台

地址: <http://10.11.3.28:7100>

登录方法 用户名: 学号, 密码: 学号

注意: 信息化平台下包括教学管理选排课系统、预习系统、开放实验室管理系统、报告系统和考试系统,共5个子系统,请同学们自己摸索并熟悉各系统的功能。

系统使用简介:

- a. 维护个人信息
- b. 查看通知
- c. 查看课表、成绩等
- d. 自己探索(比如在开放管理系统中网上预约实验)

注意: 实验预习,考试和撰写实验报告,均需要下载相应的客户端程序到本地才能使用,请在各系统的【下载升级】处下载【预习大厅客户端程序】、【考试大厅客户端程序】和【报告大厅客户端程序】到本地并安装。也可以单独进入各个子系统网页端入口,各子系统网页入口地址如下:

预习大厅网页版: <http://10.11.3.28:7103>

- a. 下载预习大厅客户端
- b. 安装
- c. 修改网络设置 IP 地址: 10.11.3.28, 端口: 7103
- d. 用户名: 学号, 密码: 学号

报告大厅网页版: <http://10.11.3.28:7104>

- a. 下载报告大厅客户端
- b. 安装
- c. 修改网络设置 IP 地址: 10.11.3.28, 端口: 7104

d. 用户名: 学号, 密码: 学号

考试大厅网页版: <http://10.11.3.28:8090>

a. 下载考试大厅客户端

b. 安装

c. 修改网络设置 IP 地址: 10.11.3.28, 端口: 8090

d. 用户名: 学号, 密码: 学号

如果电脑安装有“大厅”, 并且能使用, 则跳过 a、b 步。

如果在自己的电脑上使用, 请下载并安装四个大厅客户端程序(仿真实验大厅、报告大厅、考试大厅、预习大厅)。

五、严格基本训练、培养科学实验素养

进行科学实验训练是为成才练基本功。实验能力的提高是一点一滴积累起来的, 严格的科学实验训练是从一招一式做起的。例如, 正确使用仪器就涉及怎样使仪器有最合理布局, 按什么顺序调节仪器最便捷, 还有调零、消除视差等在操作中都需要考虑到。

实验不能只为测得几个数据, 要充分利用实验的机会来培养自己的动手实践能力。遇到困难或在实验中出现不理想的情况不要一概归咎于仪器, 而是要认真分析观察到的现象, 找出原因, 自己动手排除障碍, 使实验顺利进行。其实, 在实验中遇到困难是正常的, 要把其当作一件好事, 使我们有更多思考问题和处理问题的机会。

物理实验中所选择的实验项目, 集中了许多科学实验的训练内容, 其中包含许多具有普遍意义的实验知识、实验方法和实验技能。初学实验者必须在每一个实验后进行归纳、总结, 这样就能不断积累实验知识, 提高实验技能。例如, 一个实验的实际环境条件是否满足实验涉及的物理原理, 做了哪些简化, 实验体现了哪些基本实验方法, 用了哪些数据处理方法等。

好奇心是一名优秀科技人员必须具有的心理特征之一。学生在实验时也要有好奇心。这样就会发现更多的实验现象, 就会体会到更多的实验设计和仪器设计中的妙处, 就有更多思考问题的机会和更多实验知识的积累。

“千里之行, 始于足下。”同学们要以培养自己成为严谨的科技工作者为目标, 认真做好每一个实验, 加速提高自己的实验能力和实验素养。

六、实验室规则

(1) 学生进入实验室需带上预习报告和记录实验数据的表格, 经教师检查同意后, 方可进行实验。

(2) 遵守课堂纪律, 保持实验环境安静。

(3) 使用电源时, 务必经过教师检查线路后才能接通电源。

(4) 爱护仪器。学生应按规定的组号使用该组仪器进行实验, 并在仪器使用登记卡上签上自己的姓名。未经允许, 不得擅自取用别组仪器。实验中严格按教材或仪器说明书操作, 如有损坏, 照章赔偿。公用工具使用完毕, 应立即放回原处。

(5) 做完实验, 经教师审查测量数据并签字后, 学生还要将仪器整理还原, 并将桌面和凳子收拾整齐, 然后离开实验室。

(6) 及时提交实验报告(一般在两周之内)。实验报告应有教师签字的原始记录, 否则该次实验不予承认。

第一节 测量误差的基本知识

一、测量与误差

1. 测量

在物理实验中,除了仔细观察实验过程中发生的现象外,还要探索物理现象所遵循的规律,找到物理量之间的相互关系,特别是定量关系,这就必须对各物理量进行测量。

测量就是借助仪器,通过一定的方法进行实验比较,以某一计量单位把待测量定量地表示出来。测量中除特殊情况外,计量单位一般采用国际单位制,如千克(kg),米(m),秒(s)等。

按测量方法,测量可以分为直接测量和间接测量两种。

直接测量是将待测量与预先标定好的仪器、量具进行比较,直接从仪器、量具上读出量值大小的测量。例如,用米尺测长度,用天平称质量,用秒表测时间等都是直接测量,相应的物理量称为直接测量量。

间接测量则是依据待测量和某些直接测量量的函数关系,求出待测量数值的测量。例如,通过直接测量铜柱的高度 H 、直径 D 和质量 m 来确定铜柱密度 ρ

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4m}{\pi D^2 H}$$

这里 D 和 H 是直接测量量, ρ 就是间接测量量。

2. 测量误差

任何一个物理量,在一定的条件下都具有一定的数值,这是客观存在的。这个客观数值称为物理量的真值,用 x_0 表示。测量的目的就是要获得待测量的真值。但是,由于实验条件、测量方法、测量仪器等各种因素的影响,测量结果不可能准确无误,所以测量值(用 x 表示)与真值之间总存在着差异,这种差异称作测量误差。测量误差可以用绝对误差(Δx)表示,也可以用相对误差(E)表示。

绝对误差 = 测量结果 - 被测量的真值

即

$$\Delta x = x - x_0 \quad (\text{一般取 1 位}) \quad (1)$$

$$\text{相对误差} = \frac{\text{测量的绝对误差}}{\text{被测量的真值}} \times 100\%$$

即

$$E = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\% \quad (\text{最多取 2 位}) \quad (2)$$

二、系统误差与随机误差

误差存在于测量过程的始终,引起误差的因素是多方面的,在实验中必须抓住那些起主要作用的因素。测量中的误差主要分为系统误差和随机误差两种类型,这两种不同性质的误差要用不同的方法处理。

1. 系统误差

在相同条件下多次测量同一物理量时,测量值总是有规律地朝着某方向偏离真值的误差,称为系统误差。系统误差主要来源于仪器本身的缺陷或实验理论、实验方法的不严密。系统误差不能通过多次测量的方法消除,只能找到产生系统误差的原因,采用相应的方法消除或减少。

2. 随机误差

由于偶然或不确定的因素造成测量误差,其大小和正负都带有随机性,这类误差称为随机误差或偶然误差。例如,电压的随机波动,温度的微小起伏等。一般增加测量次数可以减少随机误差。

三、随机误差的估算

在下面的讨论中,我们约定系统误差已经消除或修正,只剩下随机误差。随机误差可以进行估算,下面介绍几种估算方法。

1. 直接测量误差的估算

(1) 单次测量

在实际实验中,有些量是在动态中测量的,例如,在升温过程中测量温度。这些量不可能进行多次重复测量。有些量根据实验的要求没有必要进行多次测量,可以取单次测量的值,作为测量结果。在单次测量的情况下,仍存在测量误差的估算。在正确使用仪器的情况下,测量误差一般不会超过仪器误差。因此,在单次测量中,可按仪器出厂鉴定书或仪器上直接注明的仪器误差 $\Delta_{\text{仪}}$,作为单次测量的误差。如没有注明也可取仪器最小刻度的一半作为单次测量的误差。

(2) 多次重复测量

为了减小随机误差,在可能的情况下总是进行多次测量,将各次测量的算术平均值作为测量的结果。在测量条件相同的条件下,进行了 n 次测量(称为等精度测量),测得 n 个值 x_1, x_2, \dots, x_n , 它们的算术平均值为

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

根据误差的统计理论,在一组 n 次测量中,其算术平均值 \bar{x} 最接近于真值,称为最佳值,可以把它近似看作真值。

在物理实验中,测量值的随机误差的估算方法主要有两种,分别介绍如下。

① 算术平均误差^①

这种估算方法比较粗略,但计算方法简单。在实验中,除特别声明外都可用此法。

设各次测量值 x 与平均值 \bar{x} 的误差分别为

$$\text{第一次测量的误差 } \Delta x_1 = x_1 - \bar{x}$$

$$\text{第二次测量的误差 } \Delta x_2 = x_2 - \bar{x}$$

⋮

$$\text{第 } i \text{ 次测量的误差 } \Delta x_i = x_i - \bar{x}$$

$$\text{第 } n \text{ 次测量的误差 } \Delta x_n = x_n - \bar{x}。$$

把各次测量的误差取算术平均值,就是测量结果的算术平均误差。

$$\begin{aligned} \Delta x &= \frac{1}{n} (|\Delta x_1| + |\Delta x_2| + \cdots + |\Delta x_n|) \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta x_i| \end{aligned} \quad (4)$$

注意: 算术值只取正数。

② 标准误差(方均根误差)

在正式的误差分析和计算中大多采用此法。

(a) 仍用算术平均值作为测量的最佳值来代替真值,依次写出各次测量值的误差。

$$\Delta x_i = x_i - \bar{x} \quad (i = 1, 2, \cdots, n)$$

(b) 标准误差的定义:

在有限次(n 次)测量中的某一次测量值的标准误差用 S_x 表示

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n-1}} \quad (5)$$

式(5)称为贝塞尔公式。标准误差不是测量值的实际误差,也不是误差范围,它只是对一组测量值可靠性的估计,一组值(测 n 次)的标准误差为 S_x ,就表示在该组测量值中,任何一个测量值的误差,有 68.3% 的可能性是在 $(-S_x, +S_x)$ 区间内。所以在同一组测量值中,任一测量值的标准误差都是 S_x 。而算术平均值的标准误差用 δ_x 表示,称为均值误差

$$\delta_x = \frac{S_x}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}} \quad (6)$$

它也只表示算术平均值的误差有 68.3% 的可能性落在 $\pm \delta_x$ 的区间上。

显然 $\delta_x < S_x$,这说明算术平均值的可靠性高于任何一次测量值。

假定多次测量结果的误差估算用算术平均误差 Δx ,考虑到多次测量也有仪器误差 $\Delta_{\text{仪}}$ 的影响,因此直接测量误差

当 $\Delta x > \Delta_{\text{仪}}$ 时,取 Δx ;

^① 严格来讲,误差是测量值与真值之差。但真值不可能测得,只能用算术平均值代替。各次测量值与算术平均值之差称为偏差,误差与偏差是有差别的。但习惯上往往不去区分偏差与误差的细微区别,所以在这里就把偏差称为误差。

当 $\Delta x < \Delta_{\text{仪}}$ 时, 取 $\Delta_{\text{仪}}$ 。

2. 间接测量误差的估算

间接测量的结果是由直接测量通过数学公式计算出来的。既然公式中所包含的直接测量结果都是有误差的, 那么间接测量的结果也必然有误差, 这就是误差的传递。直接测量误差对间接测量误差的影响可以由相应的数学公式(称为误差传递公式)计算出来。

下面介绍通过误差传递公式计算间接测量误差的一般方法。

设间接测量结果 y 是直接测量结果 x_1, x_2, \dots 的函数, 即 $y = f(x_1, x_2, \dots)$, 其中 x_1, x_2, \dots 都是相互独立的测量值, 当 x_1, x_2, \dots 存在误差 $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots$ 时, 使 y 产生了相应的误差 Δy 。由于误差都远小于测量值, 所以误差相对于测量值来说都是微小量, 因而误差传递可根据数学上的全微分求出, 步骤如下。

(1) 写出 y 的全微分

$$dy = \frac{\partial f}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} dx_2 + \dots$$

(2) 把微分号“d”用误差符号“ Δ ”代替, 并把全微分公式改写为误差传递公式, 这个步骤称为误差的合成。常用的合成方法有绝对值合成和方均根合成两种。这里只介绍绝对值合成。

把全微分公式改写为如下的误差传递公式

$$\Delta y = \left| \frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1 \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta x_2 \right| + \dots \quad (7)$$

Δy 是间接测量的绝对误差。

遇到积商形式的测量时, 则先对测量式取自然对数再求全微分, 最后写出误差公式较为简便。即对 $y = f(x_1, x_2, \dots)$ 取对数,

$$\ln y = \ln f(x_1, x_2, \dots)$$

求全微分

$$\frac{dy}{y} = \frac{\partial \ln f}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial \ln f}{\partial x_2} dx_2 + \dots$$

改写为误差传递公式

$$\frac{\Delta y}{y} = \left| \frac{\partial \ln f}{\partial x_1} \Delta x_1 \right| + \left| \frac{\partial \ln f}{\partial x_2} \Delta x_2 \right| + \dots \quad (8)$$

这里 $\frac{\Delta y}{y}$ 是相对误差。求出相对误差后, 可由

$$\Delta y = \frac{\Delta y}{y} y$$

再求出绝对误差 Δy 。

绝对值合成方法与实际误差合成方法的情况可能有较大的出入, 但比较简单, 是一种常用的、简化的处理方法。在实验中一般都用这种方法来处理。

例 1 测得三个电阻的阻值分别为

$$R_1 = (1\ 060 \pm 1) \Omega$$

$$R_2 = (520.0 \pm 0.7) \Omega$$

$$R_3 = (2\ 745 \pm 3) \Omega$$

求三个电阻串联后的阻值 R 及误差 ΔR , 并写出测量结果。

解：(1) 三个电阻串联的函数式为

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

(2) 求全微分(因测量式是和差形式的函数,故先求绝对误差较方便)

$$dR = \frac{\partial R}{\partial R_1} dR_1 + \frac{\partial R}{\partial R_2} dR_2 + \frac{\partial R}{\partial R_3} dR_3$$

有

$$dR = dR_1 + dR_2 + dR_3$$

(3) 写成误差传递公式

绝对值合成

$$\Delta R = |\Delta R_1| + |\Delta R_2| + |\Delta R_3|$$

(4) 计算

$$\begin{aligned} R &= R_1 + R_2 + R_3 \\ &= 1\,060\ \Omega + 520.0\ \Omega + 2\,745.0\ \Omega = 4\,325.0\ \Omega \\ \Delta R &= |\Delta R_1| + |\Delta R_2| + |\Delta R_3| \\ &= 1\ \Omega + 0.7\ \Omega + 3\ \Omega = 4.7\ \Omega \approx 5\ \Omega \end{aligned}$$

(绝对误差一般只保留一位数,首位是1的可保留两位)

$$\text{相对误差 } E = \frac{\Delta R}{R} = \frac{5}{4\,325} = 0.12\% \text{ (相对误差一般保留两位小数)}$$

(5) 测量结果

$$\begin{aligned} R &= (4\,325 \pm 5)\ \Omega \\ E &= 0.12\% \end{aligned}$$

测量的末位数字应与绝对误差位数取齐。

例 2 用流体静力称衡法测固体密度 ρ 的公式为

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \rho_0$$

已知质量 $m_1 = (24.37 \pm 0.03)\ \text{g}$, $m_2 = (15.04 \pm 0.03)\ \text{g}$, 密度 $\rho_0 = (0.998\,2 \pm 0.000\,3)\ \text{g/cm}^3$, 试写出 ρ 的测量结果。

解：(1) 测量式 $\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \rho_0$;

(2) 求全微分(因测量式是积商形式的函数,故先求相对误差较简便)。

取对数

$$\ln \rho = \ln m_1 - \ln(m_1 - m_2) + \ln \rho_0$$

求全微分

$$\frac{d\rho}{\rho} = \frac{dm_1}{m_1} - \frac{dm_1 - dm_2}{m_1 - m_2} + \frac{d\rho_0}{\rho_0}$$

合并同一变量系数

$$\begin{aligned} \frac{d\rho}{\rho} &= \left(\frac{1}{m_1} - \frac{1}{m_1 - m_2} \right) dm_1 + \frac{dm_2}{m_1 - m_2} + \frac{d\rho_0}{\rho_0} \\ &= \left[\frac{-m_2}{m_1(m_1 - m_2)} \right] dm_1 + \frac{1}{m_1 - m_2} dm_2 + \frac{d\rho_0}{\rho_0} \end{aligned}$$

(3) 写成误差传递公式

绝对值合成

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \left| \frac{-m_2}{m_1(m_1 - m_2)} \right| \Delta m_1 + \left| \frac{1}{m_1 - m_2} \right| \Delta m_2 + \left| \frac{1}{\rho_0} \right| \Delta\rho_0$$

(4) 测量结果的表示

$$\begin{aligned}\rho &= (2.607 \pm 0.014) \text{ g/cm}^3 \\ E &= 0.54\%\end{aligned}$$

第二节 测量不确定度简介

一、测量不确定度概念

前面对测量结果中可能存在的各种误差做了简要介绍。这些误差的存在,使得测量结果具有一定程度的不确定性。

一个测量值必须说明其可靠程度。长期以来,人们用误差来表征测量结果可信程度的好坏。一般认为误差越小,测量结果的可信度越高,然而,根据测量误差的定义(测量结果与真值的差值)，“真值”是无法确定的,它只是一个理想值,因此,测量误差通常是无法确定的,不能直接用作测量结果准确度的量化表示。为了对测量值的准确程度给出一个量化表述,有必要在测量误差的基础上给出一个“测量不确定度”的概念。

以前国内外对于测量结果的不确定度的表述、运算规则都不尽统一。1992年国际计量大会制定了《测量不确定度表达指南》(以下简称《指南》)这一具有国际指导性的文件。我国国家技术监督局决定于1992年10月1日正式开始采用不确定度进行误差的评定工作。在实验中全面采用不确定度来评价测量结果已成为必然趋势。下面将以《指南》为基础,结合我校实验教学的具体情况,简单介绍测量不确定度概念。

测量不确定度是与测量结果相关联的一个必不可少的参数。测量不确定度反映了测量值可信赖的程度,其定义如下:

对某一物理量进行测量,测量值 x 与真值 x_0 之差的绝对值以一定的概率(如置信概率 $P=68.3\%$)分布在 $-\Delta \sim \Delta$ 之间,即

$$|x - x_0| \leq \Delta \quad (\text{置信概率 } P = 68.3\%) \quad (9)$$

依照相对误差的定义,相对不确定度为

$$U_r = \frac{\Delta}{x} \times 100\% \quad (10)$$

二、直接测量结果的不确定度评定

由于误差的来源很多,测量结果的不确定度一般也包含几个分量,在修正了可定系统误差之后,把余下的全部误差归为 A、B 两类不确定度分量。

1. 不确定度 A 类分量 Δ_A

多次重复测量,用统计方法求出的分量,称为不确定度 A 类分量,记为 Δ_A 。在实际测量中,一般只能进行有限次的测量,这时,测量误差不完全服从正态分布规律,而是服从 t 分布(又称学生分布)规律。在这种情况下,对测量误差的估计,就要在贝塞尔公式(5)的基础