



全国高等农林院校“十一五”规划教材

大学物理实验

DAXUE

李光林 主编

WULI SHIYAN

 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

李光林 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理实验/李光林主编. —北京: 中国农业出版社,
2008. 6

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-12114-0

I. 大… II. 李… 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 (2008) 第 074397 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 100125)

责任编辑 朱雷 卫洁

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 13.5

字数: 235 千字

定价: 19.80 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

目 录

前言

绪论	1
一、物理实验课的地位和作用	1
二、大学物理实验课的基本要求	2
三、大学物理实验课的程序	3
第一章 误差理论及其应用	5
§ 1.1 测量与误差的基本概念	5
§ 1.2 测量列误差的估算	8
§ 1.3 测量不确定度	10
§ 1.4 有效数字及其运算法则	13
§ 1.5 实验数据处理	14
第二章 基本实验	21
§ 2.1 长度测量	21
§ 2.2 液体黏滞系数的测定	27
I. 用落球法测定液体黏滞系数	28
II. 用变温黏度测量仪测定液体黏滞系数	32
III. 用奥氏黏度计测定液体的黏滞系数	38
§ 2.3 刚体转动惯量的测量	42
I. 用三线扭摆法测定刚体的转动惯量	42
II. 用刚体转动惯量实验仪测定物体转动惯量	47
§ 2.4 杨氏模量的测定	53
I. 霍尔位置传感器法测定杨氏模量	53
II. 光杠杆法测定杨氏模量	56
§ 2.5 驻波	61

§ 2.6 液体表面张力系数的测定	65
§ 2.7 空气 γ 值的测定	68
§ 2.8 万用电表的使用	72
§ 2.9 惠斯登电桥测电阻	76
§ 2.10 用模拟法测绘静电场	82
§ 2.11 电子束实验仪的使用	87
§ 2.12 霍尔效应法测量磁场	93
I. 霍尔效应法测量螺线管磁场	96
II. 霍尔效应法测量电磁铁磁场	98
§ 2.13 用牛顿环测量凸透镜的曲率半径	102
§ 2.14 用衍射光栅测光波波长	106
§ 2.15 光电效应及普朗克常数测量	110
§ 2.16 薄透镜焦距的测定	115
§ 2.17 分光计的调整与使用	121
§ 2.18 直流电位差计测量电动势	130
§ 2.19 电子示波器原理与应用	133
I. 通用示波器原理和应用	133
II. 用示波器测绘铁磁材料的磁化曲线	141
III. 数字示波器的原理与使用方法简介	147
第三章 综合性实验	153
§ 3.1 摄影技术	153
§ 3.2 温差电动势的测定和热电偶温度计的标定	160
§ 3.3 电表的改装与校准	163
§ 3.4 全息摄影	167
§ 3.5 声速的测量	172
§ 3.6 光的偏振	177
I. 光的偏振现象实验研究	177
II. 旋光仪测旋光性溶液的浓度	182
§ 3.7 土壤水势的测定	186
第四章 设计性实验	191
§ 4.1 恒温控制技术	191
§ 4.2 热敏电阻温度计的设计	192

§ 4.3 AD/DA 转换	192
§ 4.4 压力传感器应用	193
§ 4.5 CD 唱片道间距的测定	194
§ 4.6 透明材料折射率的测定	195
§ 4.7 可控硅 (SCR) 调光电路设计	195
§ 4.8 光纤传感器测定乙醇浓度	198
附录	201
主要参考文献	202

绪 论

一、物理实验课的地位和作用

物理学从本质上讲是一门实验科学。物理规律的发现和物理理论的建立，都必须以严格的物理实验为基础，并受到物理实验的检验。离开物理实验，就没有物理学研究，也就没有物理学本身。因此，物理实验既是物理学理论的源泉，又是检验物理理论真理性的最终标准。当然，一些物理实验问题的提出，以及实验的设计、分析和概括也必须应用已有的理论。纵观物理学的发展史表明：物理学的发展是在实验和理论两方面相互推动、相互促进和密切配合下进行的。

历史上每次重大的技术革命都源于物理学的发展。热力学、分子物理学的发展，使人类进入热机蒸汽机时代，电磁学的发展使人类跨入电气化时代；原子物理学量子力学的发展，促使了半导体、激光、电子计算机的迅猛发展。

物理实验科学的发展又推动了其他学科的发展。现代物理学的构思、方法、技术和化学、生物、天文学等学科相结合已经取得了丰硕的成果，建立了生物物理、材料物理、工程物理等交叉学科。

高等学校理工农医专业开设大学物理实验课程，就是让学生掌握基本实验思想和方法，为以后接受专业实验课奠定坚实的基础，并成为学生在校期间培养理论联系实际独立工作能力和良好科学作风的重要途径之一。

物理实验是物理教学十分重要和必不可少的教学环节，我们必须处理好理论课和实验课的关系，要求学生既动脑，又动手，切不可偏废于某一方。

物理实验课作为高等院校一门重要的基础课程，是学生进入大学后受到系统的、严格的实验技能训练的开始，又是后续课程实验的基础。

物理实验课教学的目的和任务是：

大学物理实验课是对学生进行实验教育的入门课程，其教学目的在于使学生在学物理实验基础知识的同时，受到严格的训练，具有初步的实验能力，养成良好的实验素养和严谨的科学作风。

首先，在具有一定的物理基础理论知识的基础上，对学生进行实验方法和实验操作技能的训练。通过实验使学生做到：确切理解实验原理，掌握一些物理量的测量方法；熟悉常用仪器的基本原理、性能、使用方法；能正确记录、

处理实验数据；分析和判断实验结果；写出比较完备的实验报告并具有初步的实验设计能力。

其次，培养和提高学生观察、分析实验现象的能力，以及理论联系实际的独立工作能力。通过实验，加深和扩充对物理学的某些概念和理论的理解，增强学生将理论应用于实践的信心，调动学生学习的积极性，激发学生的创新能力。

最后，培养学生严谨的科学态度，实事求是的工作作风和遵守纪律、爱护国家财产的优良品德。

总之，物理实验课的地位和作用物理理论课所不能代替的。通过物理课的学习，使学生不仅具有较扎实的物理基础理论知识，而且具有一定的科学实验能力和科学的思维方法，为今后从事科学研究打下良好的基础。

二、大学物理实验课的基本要求

通过物理实验的学习，学生应达到以下三方面的要求：

首先，养成良好的科学实验习惯。通过物理实验课的学习，使学生深刻理解科学实验的重要性，明确物理实验课的地位、作用和任务；有意识地培养良好的科学实验素养，如实事求是、严肃认真、理论联系实际的科学作风；养成遵守实验室各项规章制度、团结协作、爱护公共财物、维护实验室整洁等优良品德。

其次，学习和掌握物理实验的基础知识。通过对物理实验现象的观察、分析和对物理量的测量以及数据处理分析，学习和掌握物理实验的基础知识，如误差理论基础知识，包括：测量误差的基本概念，直接测量结果的误差评估，间接测量误差评估，有效数字运算，处理实验数据的一些重要方法，如列表法、作图法、逐差法、最小二乘法等；学习如何运用物理实验原理和方法去研究具体物理问题，加深对物理理论的理解。

最后，培养和提高学生的科学实验能力，包括：

(1) 培养和提高学生的自学能力。通过仔细阅读实验教材，做好实验前的准备，对于实验的原理，可能出现的问题，如何圆满地完成实验等，都能够查阅有关资料而得到初步解决。

(2) 培养和提高学生的动手能力。在实验中，能正确地选择仪器设备和实验器材并合理地布局连接，能正确地用仪器进行测量，得到比较准确的实验数据。能够排除实验中的简单故障，掌握基本的物理实验技能。

(3) 培养和提高学生分析问题的能力。通过对实验的观察、测试、分析和判断，用理论联系实际的方法去指导实验。

(4) 培养和提高学生的设计能力和创新能力, 根据研究对象或实验课题要求, 通过查阅资料, 根据某个理论, 制订实验方案, 确定选择的仪器和最优试验程序。

(5) 培养和提高学生使用计算机辅助设计实验和数据处理的能力。

三、大学物理实验课的程序

大学物理实验课分为三个程序。

(一) 实验前的预习

由于每个实验都有理解原理、熟悉仪器设备、掌握实验方法及测量数据等比较繁重的任务, 而实验课的课内时间有限, 因此, 决不允许不预习就做实验。为了提高教学效果, 对实验做到胸有成竹, 有的放矢, 要求学生必须做好实验前的预习。预习的要求:

(1) 预习实验教材。实验前仔细阅读实验教材, 掌握实验的原理, 熟悉实验方法, 尤其应注意实验中关键点和所需注意事项, 解答思考题, 了解仪器设备使用说明。

(2) 写好预习报告。预习报告要求写明实验名称、实验目的、实验原理、实验内容和步骤以及数据记录表等。每次实验前教师应检查实验预习报告, 未达到要求者, 将不允许做实验。

(二) 进行实验

实验是整个教学的中心环节。实验前要认真听老师讲解重点和难点, 熟悉各种仪器的使用方法和操作规程, 记录实验条件(如日期、同组姓名、温度、湿度、气压等), 根据实验内容和方法, 合理布局, 正确连接仪器设备。对于电磁学实验, 必须经教师检查电路的连接正确无误后, 方能接通电源进行实验。然后按实验内容及步骤做实验。实验中应仔细观察实验现象, 如实记录实验数据, 决不允许涂改或抄袭他人数据。若遇到疑难问题或出现故障自己不能解决时, 应立即报告教师。实验结束时, 应将实验数据交教师审阅签字后, 并整理好仪器设备, 经教师同意后, 方可离开实验室。

(三) 实验报告

实验报告是对实验结果全面的书面总结和分析, 是培养学生科学表达能力的重要环节, 是反映学生实验成功与否的依据。实验报告内容应包括:

(1) 实验名称、时间、院(系)、专业、班、姓名、同组人姓名、指导教师等。

(2) 实验目的。

(3) 实验仪器。

- (4) 实验原理。包括主要公式，叙述要清楚，简明扼要。
- (5) 实验步骤。概括地写出实验进行的主要过程。
- (6) 实验数据处理。包括实验数据表格、作图、计算及误差分析。
- (7) 对实验的分析。包括对实验的方法、结果的分析 and 体会及意见等。

实验报告一律采用学校统一的实验报告纸书写。要求字迹清楚，书写工整，文字通顺，语言简洁，条理清晰，图表规范。

第一章 误差理论及其应用

用实验方法研究物理现象，一方面必须进行观测，获取大量数据，再将所得数据进行处理，找出数据之间的相互关系；另一方面，还必须对所测结果进行分析，估算结果的可靠程度，并对所测数据给予合理的解释。为此，必须掌握有关的误差理论、不确定度与实验数据处理的基本知识。

§ 1.1 测量与误差的基本概念

一、测量

测量是把被测量和体现计量单位的标准量相比较的过程。通过比较，确定出被测量是计量单位的若干倍，该倍数和单位一起表示被测量的测量值。因此记录实验数据时测量值的大小和单位缺一不可。例如：一桌子的长度与米尺相比，得出桌子的长度为 1.528 m；一铁块的质量与砝码相比，得出铁块质量为 35.87 g。

二、测量分类

(一) 按性质分

可分为直接测量和间接测量。

直接测量：指被测物与仪器直接相比较而无需对被测量与其他实测的量进行函数关系的辅助计算就得出被测量量值的测量。如：天平称质量、米尺测长度、钟表测时间等。

间接测量：指由一个或几个直接测得的物理量经由已知函数关系计算出被测物量值的测量。

(二) 按测量次数分

单次测量和多次测量。而多次测量又分多次等精度测量和多次不等精度测量。

单次测量：一次测量的量值作为测量结果的测量。如：混合法测固体或液体的比热容，因平衡温度一瞬即过，无法多次测量。

多次等精度测量：同一测量者，用同一仪器、同一测量方法，在同样的环境下，对同一物理量进行多次的重复测量，用算术平均值作为测量结果。

多次不等精度测量：对同一物理量的多次测量中，所用仪器、方法、测量者或外界条件中，有一个或多个因数发生变化，测量的精度就不同。以各测量值的加权平均值作为测量结果。我们做实验一般是单次测量和多次等精度测量。

三、测量仪器

测量仪器指用以直接或间接测出被测物量值的所有器具。如：天平、秒表、电流表、电压表、电源等。

测量仪器的选择：

1. **选择恰当的测量范围。**若测量值超过仪器的测量范围，则对仪器造成损伤，如：温度计、电流表等；若量程过大，则读数不明显而增大误差。

2. **选择准确度等级恰当的仪器。**一般在满足测量要求条件下，尽量选择准确度等级低的仪器，以延长准确度等级高的仪器的使用寿命。

测量时是以仪器为标准进行比较，当然要求仪器准确，不过由于测量目的不同，对仪器准确度等级的要求也不同。如：称铂金和卖炭的秤要求不同，称铂金的天平准确到 0.001 g ，而卖炭的秤误差几十 g 也无关紧要。

四、真值、观测值

真值：被测量对象不依赖人的意志为转移的客观真实大小，称此值为被测量物的真值，用“ a ”表示。由直接或间接测量得出的大小叫做观测值（测量值）。由于测量工具、技术方法、环境条件等多方面的原因致使实验结果带有不确定性，因此和真值之间总是存在差异。

五、误差

1. **误差。**测量值（实验结果） x 与真值 a 之间存在的偏差，称为误差，用“ ϵ ”表示， $\epsilon = x - a$ ， ϵ 可正可负。

2. **误差的来源。**①理论上的近似、假设；②仪器的准确度；③实验装置；④实验条件的变化；⑤观察者。

3. **误差分类。**按对测量值影响的性质分为：系统误差、随机误差。按计算的方法不同分为：绝对误差、相对误差。

(1) **系统误差。**在同一条件下，多次测量同一物理量时，误差的数值和符号总保持不变或按照一定的规律变化。产生原因有：

仪器误差：仪器制造的缺陷、使用不当或未校准造成。例如：砝码的质量不准确、天平不等臂、电表的零点不准确等。

理论和方法误差：测量原理或方法不完善，即理论公式的近似、实验条件和方法不完全满足要求所造成的误差。例如：忽略阻力、忽略散热、忽略导线和接触电阻等。

装置误差：对测量装置和电路、光路布置、安装、调整不当而产生的误差。

人为误差：测量者的不良习惯、心理或生理特点引起的误差。如：按表过快或过慢、分辨能力低等。

系统误差减少办法：改进实验仪器、修正理论公式、改善实验条件、提高实验技能、技巧等。

(2) 随机误差（偶然误差）。在同一条件下，对某一物理量进行多次重复测量，测量结果并不相同，而是围绕某一值“跳动”，误差的数值和符号变化不定。

偶然误差遵从的规律和它的概率特性：

根据大量实验数据的统计分析，在同一条件下进行多次观测时，偶然误差遵从一定的概率分布规律，最常见的是高斯分布（正态分布）和 t 分布等（请参看有关误差理论的书籍）。高斯分布曲线如图 1.1.1 所示。横轴 x 为测量的偶然误差，纵轴 $f(x)$ 表示误差出现的概率密度。曲线下的面元 $f(x)dx$ ，即阴影部分，是误差为 x 到 $x+dx$ 出现的概率。函数 $f(x)$ 是德国人高斯（1777—1855）推导出来的：

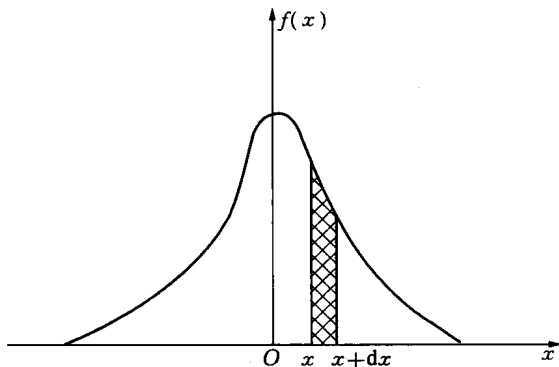


图 1.1.1 高斯分布曲线

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (1.1.1)$$

式中， σ 叫标准误差， e 是自然对数的底。若令精密度指数 $h = 1/(\sqrt{2} \cdot \sigma)$ ，则

$$f(x) = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2} \quad (1.1.2)$$

当 $x=0$ 时， $f(0)=h/\sqrt{\pi}=1/(\sqrt{2}\pi\sigma)$ 。可见 σ 愈小， $f(0)$ 就愈大，误差

分布曲线愈陡，数据愈集中（亦即精密度指数 h 愈大，测量精密度愈高）。如图 1.1.2 所示。

从偶然误差分布曲线可知，误差有以下几个概率特性：

单峰性：绝对值愈小的误差出现的概率愈大，反之，绝对值愈大的误差出现的概率愈小。

对称性：绝对值相等的误差出现的概率相等。

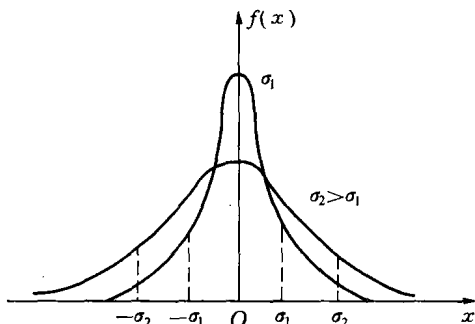


图 1.1.2 不同 σ 的高斯分布

有界性：绝对值很大的误差出现的概率近乎等于零，即很少出现。也就是在一定的条件下，偶然误差不会超过某一限度（界限）。

产生原因：由于许多不可预料的偶然因素造成。

减少办法：增加测量次数，取多次等精度测量列的算术平均值为结果。

(3) **绝对误差。**指被测量某一次的测量值 X_i 与真值 a 之差。

$\epsilon_i = x_i - a$ （多次等精度测量列的算术平均值作为真值）

(4) **相对误差：**绝对误差的绝对值与真值的百分比值。

$$\epsilon_r = \frac{|\epsilon_i|}{a} \times 100\% = \frac{|x_i - a|}{a} \times 100\%$$

§ 1.2 测量列误差的估算

一、多次等精度测量

设 n 次测量值为 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ；真值为 a ，则：

1. 算术平均值

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1.2.1)$$

可以证明，算术平均值是没有系统误差条件下观测对象真值的最佳近似，即当 $n \rightarrow \infty$ 时 $a \approx \bar{x}$ 。

2. 算术平均值的平均绝对误差

$$\bar{\epsilon} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2 + \dots + \epsilon_n}{n} = \frac{(x_1 - a) + (x_2 - a) + \dots + (x_n - a)}{n}$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - a) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \quad (1.2.2)$$

3. 测量列的标准偏差

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1.2.3)$$

标准偏差的意义:

(1) S 并不是一组测量列的真误差, 它可以用来度量测量列的精密性: S 大, 表示测得值很分散, 随机误差分布范围宽, 测量的精密性低; S 小, 表示测得值很密集, 随机误差分布范围窄, 测量的精密性高。

(2) 作为随机误差的界限, 也可用作错误数据的粗略剔除, 把 $(\bar{x} - 3S, \bar{x} + 3S)$ 定为界限, 大于 $(\bar{x} + 3S)$ 和小于 $(\bar{x} - 3S)$ 的剔除。

精确的剔除错误数据的判据可用罗布斯判据: $(\bar{x} - G_n S) \leq x_i \leq (\bar{x} + G_n S)$, 式中:

$$\text{当 } n < 30 \text{ 时, } G_n = \frac{\ln(n-2.65)}{2.31} + 1.305 \quad (1.2.4)$$

$$\text{当 } n > 30 \text{ 时, } G_n = \frac{\ln(n-3)}{2.30} + 1.36 - \frac{n}{550} \quad (1.2.5)$$

4. 算术平均值的标准偏差

$$S_{(\bar{x})} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (1.2.6)$$

算术平均值的标准偏差的意义:

表示测量列的算术平均值偏离真值的范围大小: 落在 $[\bar{x} - S_{(\bar{x})}] \sim [\bar{x} + S_{(\bar{x})}]$ 范围内的概率为 68.3%; 落在 $[\bar{x} - 2S_{(\bar{x})}] \sim [\bar{x} + 2S_{(\bar{x})}]$ 范围内的概率为 95%; 落在 $[\bar{x} - 3S_{(\bar{x})}] \sim [\bar{x} + 3S_{(\bar{x})}]$ 范围内的概率为 99.7%。

二、单次测量的误差

1. 一般情况下, 可取仪器出厂的鉴定书或仪器上注明的仪器误差作为单次测量的误差。

2. 若没有给出仪器误差, 有估读的仪器则把仪器最小刻度的 $1/2$ 作为单次测量的误差 ϵ , 最小刻度的 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 作为单次测量的标准偏差 S 。

3. 一些无法估读的仪器, 取最小刻度的 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 作为单次测量的误差。

§ 1.3 测量不确定度

长期以来,在报告测量的结果时,由于不同国家和不同学科有不同的规定,影响了国际交流和对成果的相互利用。为加速与国际惯例接轨,我国原国家技术监督局(现为国家质量监督检验检疫总局)于1999年1月1日颁布了新的计量技术规划 JJF 1059—1999《测量的不确定度与表示》,代替了 JJF 1027—1991《测量误差及数据处理》中的误差部分,并于1999年5月1日起实行。为了培养面向21世纪的高科技人才,物理实验课程中正在逐步推行用不确定度来评价测量结果的质量,以适应形势发展的需要。

一、测量不确定度

测量不确定度是对被测量的真值所处量值范围的评定,是描述被测量值不能肯定的程度。它反映了被测量的平均值附近的一个范围,而真值以一定的概率落在其中。设测量值为 X , 其测量不确定度为 u , 则真值可能就在范围 $(X-u, X+u)$ 之中。显然, u 越小, 用 X 表示真值的可靠性越高。不确定度越小, 标志着误差的可能值越小, 测量值的准确程度越高; u 越大, 标志着误差的可能值越大, 测量值的准确度越低。

测量结果与很多量有关, 所以不确定度来源于许多因素, 这些因素对测量结果形成若干不确定度分量。因此, 不确定度一般由若干分量组成。它分为绝对不确定度和相对不确定度。

绝对不确定度又分为标准不确定度和扩展不确定度。相对不确定度又分为相对标准不确定度和相对扩展不确定度。

在大学物理实验中一般只考虑标准不确定度。标准不确定度分为: A 类标准不确定度、B 类标准不确定度、合成标准不确定度。

(一) A 类标准不确定度

A 类标准不确定度指在相同测量条件下, 对待测物理量进行多次测量的最佳估计值的测量不确定度的评定, 用算术平均值的标准偏差计算, 用 u_A 表示。即随机误差造成的不确定度 $u_{A(\bar{x})}$ 就等于测量列算术平均值的标准偏差 $S_{(\bar{x})}$ 。

$$u_{A(\bar{x})} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = S_{(\bar{x})} \quad (1.3.1)$$

(二) B 类标准不确定度的评定

B 类标准不确定度的评定中往往依据的是计量器具的检定书、标准、技术

规范、手册上提供的技术数据及国际上公布的常数与常量等。在物理实验课的教学中，B类标准不确定度主要体现在对测量仪器的最大允许误差的处理上。

1. 测量仪器的最大允许误差。生产厂家在制造某种仪器时，在其技术规范中预先设计、规定了最大允许误差（又称为极限允许误差、误差界限等）。终检时，凡是误差不超过此界限的仪器均为合格品。因此，最大允许误差是生产厂家为一批仪器规定的技术指标（常用的仪器误差、示值误差或准确度，实际上都是最大允许误差）。在物理实验课的教学中，测量仪器的最大允许误差通常用 $\Delta_{\text{仪}}$ 表示。

测量仪器的最大允许误差是一个范围，某种仪器的最大允许误差为 $\Delta_{\text{仪}}$ ，它表明凡是合格格的该种仪器，其误差必定在 $-\Delta_{\text{仪}} \sim +\Delta_{\text{仪}}$ 范围之内。

2. B类标准不确定度的评定。在物理实验课的教学中，B类标准不确定度的估计方法是：

对误差服从正态分布的仪器，B类标准不确定度为 $u_B = \frac{|\Delta_{\text{仪}}|}{3}$ ；

对误差服从均匀分布的仪器，B类标准不确定度为 $u_B = \frac{|\Delta_{\text{仪}}|}{\sqrt{3}}$ 。

所谓均匀分布是指测量值的某一范围内，测量结果取任一可能值的概率相等，而在该范围外的概率为零。若对某类仪器的分布规律一时难以判断，可近似按均匀分布处理。在物理实验课教学中，一般按均匀分布处理（除非另有说明）。

在测量结果的质量评定中，标准不确定度有两类分量。总的标准不确定度是由各标准不确定度分量合成而来。由各标准不确定度分量合成而来的标准不确定度称为合成标准不确定度。在直接测量的情况下，合成标准不确定度的计算比较简单；在间接测量的情况下，间接被测物理量往往和直接测量物理量以一定的函数关系构成，合成标准不确定度的计算则比较复杂。

在物理实验课的教学中，合成标准不确定度的估计方法简化如下：

（三）合成标准不确定度

1. 直接测量的合成标准不确定度。直接测量的合成标准不确定度等于 A 类标准不确定度平方加 B 类标准不确定度平方再开方。即：

$$u_{(x)} = \sqrt{u_{A(x)}^2 + u_{B(x)}^2} = \sqrt{S_{(x)}^2 + \left(\frac{\Delta_{\text{仪}}}{\sqrt{3}}\right)^2} \quad (1.3.2)$$

例 用螺旋测微器（测量范围为 $0 \sim 25 \text{ mm}$ 、 $\Delta_{\text{仪}} = \pm 0.004 \text{ mm}$ ）测量钢丝的直径 d ，5 次测量的数据为 0.575，0.576，0.574，0.576，0.577（单位：mm），求钢丝的直径 d 的算术平均值 $\bar{d}$ 及合成标准不确定度 $u_c(d)$ 。