



全国高等医药院校药理学类实验教材

QUANGUO GAODENG YIYAO YUANXIAO YAOXUELEI SHIYAN JIAOCAI

物理学实验

PHYSICS EXPERIMENT

主编 赵 喆

中国医药科技出版社

全国高等医药院校药学类实验教材
QUANGUO GAODENG YIYAO YUANXIAO YAOXUELEI SHIYAN JIAOCAI

物 理 学 实 验

PHYSICS EXPERIMENT

主 编 赵 喆
编 者 孙宝良 李玉娟 李 辛
马 骄 支壮志 李百芳

中国医药科技出版社

内 容 提 要

《物理学实验》由多年从事物理实验教学的老师采用双语体系编写,设有基础性实验、综合与设计性实验、当代科学技术新成果相关实验、药学科相关实验、计算机仿真实验共二十四个。本书适合高等医药院校本、专科师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

物理学实验/赵喆主编. —北京:中国医药科技出版社, 2006.8

全国高等医药院校药类实验教材

ISBN 7-5067-3522-9

I. 物... II. 赵... III. 物理学—实验—医学院校—教材
IV. 04-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 103800 号

美术编辑 陈君杞

责任校对 张学军

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲 22 号

邮编 100088

电话 010-62244206

网址 www.cspyp.com.cn www.mpsky.com.cn

规格 787×1092mm $\frac{1}{16}$

印张 17 $\frac{3}{4}$

字数 410 千字

印数 1—5000

版次 2006 年 8 月第 1 版

印次 2006 年 8 月第 1 次印刷

印刷 北京兴华印刷厂

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 7-5067-3522-9/G·0538

定价 27.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

全国高等医药院校药学类规划教材编委会

名誉主任委员	吴阶平	蒋正华	卢嘉锡
名誉副主任委员	邵明立	林蕙青	
主任委员	吴晓明	(中国药科大学)	
副主任委员	吴春福	(沈阳药科大学)	
	王温正	(中国医药科技出版社)	
	黄泰康	(国家食品药品监督管理局)	
	彭师奇	(首都医科大学药学院)	
	叶德泳	(复旦大学药学院)	
	张志荣	(四川大学华西药学院)	
秘 书 长	姚文兵	(中国药科大学)	
	朱家勇	(广东药学院)	
委 员	(按姓氏笔画排列)		
	丁安伟	(南京中医药大学中药学院)	
	丁 红	(山西医科大学药学院)	
	刁国旺	(扬州大学化学化工学院)	
	马 毅	(山东轻工业学院化学工程系)	
	元英进	(天津大学化工学院)	
	王广基	(中国药科大学)	
	王月欣	(河北工业大学制药工程系)	
	王 地	(首都医科大学中医药学院)	
	王存文	(武汉工程大学)	
	王志坚	(西南师范大学生命科学学院)	
	王岳峰	(西南交通大学药学院)	
	王 玮	(河南大学药学院)	
	王恩思	(吉林大学药学院)	
	王康才	(南京农业大学园艺学院)	
	韦玉先	(桂林医学院药学院)	
	冯 怡	(上海中医药大学中药学院)	
	史录文	(北京大学医学部)	
	叶永忠	(河南农业大学农学院)	
	白 钢	(南开大学生命科学学院)	

乔延江 (北京中医药大学中药学院)
乔海灵 (郑州大学药学院)
全 易 (江苏工业学院化学工程系)
刘 文 (南开大学医学院)
刘巨源 (新乡医学院药理学系)
刘永琼 (武汉工程大学)
刘红宁 (江西中医学院)
刘 羽 (武汉工程大学)
刘克辛 (大连医科大学药学院)
刘利萍 (浙江绍兴文理学院化学系)
刘志华 (湖南怀化医学高等专科学校药理学系)
刘明生 (海南医学院药理学系)
刘杰书 (湖北民族学院医学院)
刘 珂 (山东省天然药物工程技术研究中心)
刘俊义 (北京大学药学院)
匡海学 (黑龙江中医药大学)
印晓星 (徐州医学院药理学系)
吉 民 (东南大学化学化工系)
孙秀云 (吉林化学学院制药与应用化学系)
曲有乐 (佳木斯大学药学院)
朱大岭 (哈尔滨医科大学药学院)
朱景申 (华中科技大学同济药学院)
朴虎日 (延边大学药学院)
毕开顺 (沈阳药科大学)
纪丽莲 (淮阴工学院生物工程与化学工程系)
齐香君 (陕西科技大学生命科学与工程学院)
吴 勇 (四川大学华西药学院)
吴继洲 (华中科技大学同济药学院)
吴基良 (咸宁学院)
吴清和 (广州中医药大学中药学院)
吴满平 (复旦大学药学院)
吴 翠 (徐州师范大学化学系)
张大方 (长春中医学院药学院)

张丹参 (河北北方学院基础医学部)
张树杰 (安徽技术师范学院动物科学系)
张振中 (郑州大学药学院)
张晓丹 (哈尔滨商业大学药学院)
张崇禧 (吉林农业大学中药材学院)
李元建 (中南大学药学院)
李永吉 (黑龙江中医药大学药学院)
李青山 (山西医科大学药学院)
李春来 (莆田学院药学系)
李勤耕 (重庆医科大学药学系)
杨世民 (西安交通大学药学院)
杨宝峰 (哈尔滨医科大学)
杨得坡 (中山大学药学院)
沈永嘉 (华东理工大学化学与制药学院)
肖顺汉 (泸州医学院药学院)
辛 宁 (广西中医学院药学院)
邱祖民 (南昌大学化学工程系)
陈建伟 (南京中医药大学中药学院)
周孝瑞 (浙江科技学院生化系)
林 宁 (湖北中医学院药学院)
林 强 (北京联合大学生物化学工程学院)
欧珠罗布 (西藏大学医学院)
罗向红 (沈阳药科大学)
罗焕敏 (暨南大学药学院)
郁建平 (贵州大学化生学院)
郑国华 (湖北中医学院药学院)
郑葵阳 (徐州医学院药学系)
姚日生 (合肥工业大学化工学院)
姜远英 (第二军医大学药学院)
娄红祥 (山东大学药学院)
娄建石 (天津医科大学药学院)
胡永洲 (浙江大学药学院)
胡 刚 (南京医科大学药学院)

胡先明 (武汉大学药学院)
 倪京满 (兰州医学院药学院)
 唐春光 (锦州医学院药学院)
 徐文方 (山东大学药学院)
 徐晓媛 (中国药科大学)
 柴逸峰 (第二军医大学药学院)
 殷 明 (上海交通大学药学院)
 涂自良 (郧阳医学院药学系)
 秦雪梅 (山西大学化学化工学院药学系)
 贾天柱 (辽宁中医学院药学院)
 郭华春 (云南农业大学农学与生物技术学院)
 郭 姣 (广东药学院)
 钱子刚 (云南中医学院中药学院)
 高允生 (泰山医学院药学院)
 崔炯漠 (延边大学医学院)
 曹德英 (河北医科大学药学院)
 梁 仁 (广东药学院)
 傅 强 (西安交通大学药学院)
 曾 苏 (浙江大学药学院)
 程牛亮 (山西医科大学)
 董小萍 (成都中医药大学药学院)
 虞心红 (华东理工大学化学与制药工程学院制
药工程系)
 裴妙荣 (山西中医学院中药系)
 谭桂山 (中南大学药学院)
 潘建春 (温州医学院药学院)
 魏运洋 (南京理工大学化工学院)

全国高等医药院校药学类规划教材编写办公室

主 副 主	任	姚文兵 (中国药科大学)
	任	罗向红 (沈阳药科大学)
		郭 姣 (广东药学院)
		王应泉 (中国医药科技出版社)

编写说明

经教育部和全国高等医学教育学会批准，全国高等医学教育学会药学教育研究会于2004年4月正式成立，全国高等医药院校药学类规划教材编委会归属于药学教育研究会。为适应我国高等医药教育的改革和发展、满足市场竞争和医药管理体制对药学教育的要求，教材编委会组织编写了“全国高等医药院校药学类规划教材”。

本系列教材是在充分向各医药院校调研、总结归纳当前药学教育迫切需要补充一些教学内容的基础上提出编写宗旨的。本系列教材的编写宗旨是：药学特色鲜明、具有前瞻性、能体现现代医药科技水平的高质量的药学教材。也希望通过教材的编写帮助各院校培养和推出一批优秀的中青年业务骨干，促进药学院校之间的校际间的业务交流。

参加本系列教材的编写单位有：中国药科大学、沈阳药科大学、北京大学药学院、广东药学院、四川大学华西药学院、山西医科大学、华中科技大学同济药学院、复旦大学药学院、西安交通大学药学院、山东大学药学院、浙江大学药学院、北京中医药大学等几十所药学院校。

教材的编写尚存在一些不足，请各院校师生提出指正。

全国高等医药院校药学类

规划教材编写办公室

2004年4月16日

前 言

物理学的本质是研究物质的结构和运动规律。物理实验是物理课程的重要组成部分,是学生步入高校接触的第一门实践性基础课程,做好物理实验对学生深入理解物理学基本原理、掌握物理学的实际应用、探寻物质运动规律、培养学生的实验动手能力具有重要意义。

物理学是药学各专业的重要基础课,药学研究和生产中处处融有物理学的基本理论、基本方法 and 研究思路,物理量的变化对药物的性质和药物的运动规律有较大影响。通过物理实验的学习,可以使学生掌握科学的实验方法,提高进行科学实验的能力,培养学生严谨的科学态度和实事求是的工作作风。

《物理学实验》是在我校历年实验讲义的基础上编写的,结合我校多年来物理实验教学实践及教学改革,既保证物理实验学科的系统性,又考虑到医药各专业的特点,对原有实验内容作了大量删减及补充:设置与当代科学技术新成果相关的实验题目,引进计算机仿真实验,增设综合性、设计型实验,适当安排与药学学科相关的实验。同时,为提高学生的科技英语水平,教材采用双语体系编写,为实验课程改革构建数字化、信息化和外语教学的平台。

本教材可供高等医药院校本科生使用,也可供药学专业专科和函授学生选用。

参加本书编写的人员有:赵喆、孙宝良、李玉娟、李辛、马骄、支壮志、李百芳。书中插图由赵喆、支壮志统一绘制。本教材在编写过程中得到了本校领导的大力支持,外语部王晓飞、战中亮为本书的翻译工作提供了许多帮助,编者在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点或错误之处,我们诚恳地希望使用本书的教师和同学提出宝贵意见,以便今后加以修正与完善。

编者
2006年8月

Preface

The essence of physics is to study the structure of material and the law of motion. Physics experiment is an important part of physical course, it is the student's first practical course when they come to the universities. It is vital for the students to do physical experiments so that they understand the physics basic principle thoroughly, grasp the practical applications of physics and explore the laws of motion, as well as to develop their ability to use physics.

Physics is an important basic course for pharmacy, the elementary theory of physics can be seen in the pharmacy research and production a lot. The change of physical quantity affects the nature of medicine and the law of medicine motion greatly. Through the study of physics experiment, students are able to grasp the experimental technique scientifically, enhances their ability, and develop their rigorous scientific attitude to work.

"Physics Experiment" is compiled based on all previous years' experiment lectures in our university. This book is based on teaching practice and the educational reform in our school which guarantee the systematic characteristics of physics experiment and in view of each specialized medicine. We revised the original experimental content massively and supplemented some as well: We set up many new correlative experimental topics and introduced into the computer simulation experiment. We also arranged some comprehensive and innovative experiments which were closely related with pharmacy discipline. At the same time, in order to raise the student's technical English proficiency, this textbook was compiled bilingually which provided a platform for the experimental curriculum of digitization, information and foreign language teaching.

This book is for the higher medicine colleges and universities students, it is also for the students in the pharmacy training school and correspondence school.

This book is compiled by: Zhao Zhe, Sun Bao - liang, Li Yu - juan, Li Xin, Ma Jiao, Zhi Zhuang - zhi, Li Bai - fang. In the book the illustrations were drawn by Zhao Zhe and Zhi Zhuang - zhi.

This teaching material has gotten the school leader's vigorously support, and Wang Xiao - fei, Zhan Zhong - liang, from the foreign language department, did a lot for the interpretation of this book. I should like to thank them all.

Because the editor's level is limited, this book must have some mistakes. We hope the teachers and the students who use this book can propose some valuable suggestion so that we can revise next time.

目 录

Contents

绪论 测量误差和有效数字	(1)
Exordium Measurement Error and Significance Digits	(16)
实验一 长度的测量	(33)
Experiment 1 Measurement of Length	(39)
实验二 物体密度的测定	(45)
Experiment 2 Determination of Density	(49)
实验三 液体黏滞系数的测定	(54)
Experiment 3 Determination of Liquid Coefficient of Viscosity	(58)
实验四 液体流量的测定	(63)
Experiment 4 Measurement of Liquid - Flow	(67)
实验五 液体表面张力系数的测量	(71)
Experiment 5 Determination of Surface Tension Coefficient of Liquid	(77)
实验六 电学基本元件介绍与基本测量	(84)
Experiment 6 Introduction to Primary Element and Basic Measurement of Electricity	(92)
实验七 万用电表的使用	(98)
Experiment 7 Usage of Multimeter	(105)
实验八 惠斯通电桥测电阻	(112)
Experiment 8 Measurement of Resistance with Wheatstone Bridge	(117)
实验九 电位计	(123)
Experiment 9 Potentiometer	(127)
实验十 箱式电位差计的使用	(131)
Experiment 10 Usage of Box Type Potentiometer	(135)
实验十一 示波器的使用	(139)
Experiment 11 Usage of Oscilloscope	(145)
实验十二 简单交流电路	(151)
Experiment 12 Simple Alternating Circuit	(154)
实验十三 用阿贝折射计测定液体的折射率	(157)
Experiment 13 Determination of Liquid Index of Refraction by Abbe Refractometer	(162)
实验十四 旋光计的使用	(167)
Experiment 14 Usage of Polarimeter	(172)
实验十五 偏振光现象的研究	(178)
Experiment 15 Research on Polarized Light Phenomenon	(182)

实验十六 分光计的调节和使用	(187)
Experiment 16 Adjustment and Use of Spectrometer	(194)
实验十七 用衍射光栅测定光波波长	(201)
Experiment 17 Determination of the Wavelength of Light Using a Diffraction Grating	(205)
实验十八 牛顿环测透镜的曲率半径	(210)
Experiment 18 Measure the Radius of Curvature of a Lens with Newton Ring	(215)
实验十九 用劈尖干涉测量厚度	(220)
Experiment 19 Determine Thickness With a Wedge	(222)
实验二十 光栅衍射法测定里德伯常量	(224)
Experiment 20 Determination of Rydberg Constant	(226)
实验二十一 核磁共振	(228)
Experiment 21 Nuclear Magnetic Resonance	(233)
实验二十二 全息照相	(238)
Experiment 22 Hologram	(243)
实验二十三 超声波测声速	(248)
Experiment 23 Measure Velocity of Sound by Using Ultrasonic	(256)
实验二十四 迈克耳逊干涉仪	(259)
Experiment 24 Michelson Interferometer Device	(265)
附表	(268)

绪论 测量误差和有效数字

§ 1 测量与误差

一、物理量的测量

测量是人类认识世界和改造世界的基本手段,通过测量,人们可以获得客观事物的定量的概念,总结出他们的规律性,从而建立起相应的物理定律和物理定理。

测量是将待测的物理量与选定的同类单位量进行比较的过程。测量分为直接测量和间接测量。直接测量是用仪器直接将待测量与选定的同类单位量进行比较,即直接在仪器上读出待测量的数值。例如,用秒表测量时间,用米尺测量长度等。间接测量是由几个直接测量出的物理量通过已知的公式或定律进行计算,间接求出待测量。例如,直接测量出圆柱体的直径 D 、高度 H 和质量 m ,由公式 $\rho = \frac{m}{\frac{1}{4}\pi D^2 H}$,即可求出圆柱体的密度,大多数物理量都是通过间接测量得到的。

二、误差的定义及分类

由于测量仪器、实验条件及观察者感官等种种因素的限制,测量值与真值之间存在着一定的差异,这就是我们所说的测量误差。误差存在于一切测量之中,贯穿测量过程的始终。测量误差的大小反映出测量值与真值的接近程度,讨论误差的来源,消除或减小测量的误差是提高测量的准确程度、使测量结果更为可信的关键。

根据误差产生的原因及对实验的影响,可将其分为系统误差和偶然误差。

(一) 系统误差

系统误差的主要来源为:仪器本身制造上的不完善,仪器未经很好地校准,测量的外部条件与仪器要求的环境条件不符,测量方法和技术的不完善,以及测量者的不正确习惯等。系统误差通常在每次测量中都有一定大小、一定符号或按一定规律变化,可以通过校正仪器、改进测量方法、修正公式和定律等手段加以消除或减小。

(二) 偶然误差

1. 偶然误差

这种误差是由许多不稳定的偶然因素引起的。即使在相同条件下,对同一量进行多次重复测量时(甚至在极力消除或改正一切明显的系统误差之后),每次测量结果仍然会不同,呈现出无规则的随机变化,由此产生的误差称为偶然误差。

2. 产生偶然误差的原因

(1) 由于观察技术及个人感官的限制,使观察者在调节仪器和估计读数时存在误差,

使测量结果时大时小。

(2) 在实验过程中周围环境和状态难以控制的不规则的变化。

偶然误差是一种无规则的变化，看不出它们的规律性，如图 0-1 (a) 所示。当测量的次数足够多时，偶然误差服从一定的统计规律，测量结果总是在真值附近变化，由于这种误差的偶然性，因此它是不可消除的，但是增加测量的次数，可以减小测量的偶然误差。系统误差的存在使测量值按一定的大小及方向偏离真值，它不能用多次重复测量的办法

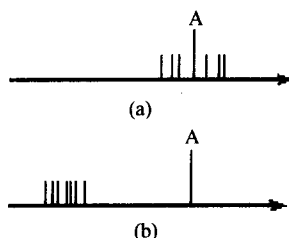


图 0-1 偶然误差和系统误差

来消除。通常情况下，系统误差和偶然误差是同时存在的，如图 0-1 (b) 所示。系统误差小则测量的准确度高，偶然误差小表明测量的可重复性好，亦即精密度高。精确度高是指偶然误差和系统误差都小。

如上所述，误差与错误是两个完全不同的概念，错误是指实验者仪器使用不正确、实验方法不合理、违反操作规程或粗心大意读错数据等，故应加强学生的责任感，避免错误的发生，设法减小误差。

§2 有效数字

一、仪器的精密度

仪器的精密度 (又称精度) 是指在正确使用测量仪器时，所能测得的最小的准确值，它一般由仪器的分度 (仪器所标示的最小分划单位) 决定。例如，用毫米分度尺测量物体的长度，其精密度就是 1mm。

二、有效数字

(一) 有效数字

由于仪器的精密度的限制，测得的任何一个物理量的数值的位数只能是有限的。正确而有效地表示测量和计算结果的数字，称为有效数字。它是由全部准确数字和一位欠准确数字构成的。

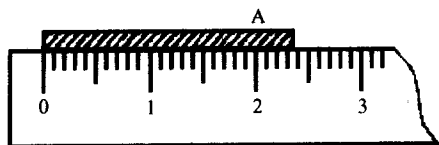


图 0-2 有效数字的确定

如图 0-2 所示，用最小分度是毫米的米尺测量木块的长度，使木块的一端与米尺的零刻度线对齐，在另一端从米尺上读取木块长度的数据，由图 0-2 中可以看到 A 比 23 毫米长约半个刻度，则测量结果可以记为 23.6 毫米。在这三位数字中，前两位数 2 和 3 是从尺上最小分度以上准确读得的，因此是可靠的，称之为“准确数字”；而最后一位数字 6 是从尺子的最小刻度中估读出来的若换另一人来读数，也可能估计成 5 或 7，故 6 这一位是欠准确数字，称这样的数字为“可疑数字”。显然，可疑数字是包含有误差的数字，但它还是在一定程度上反映了被测量实际大小的信息，因此也是有效的，一般来说，可疑数字

只取一位。在测量中，全部可靠数字和估读的一位可疑数字一起构成有效数字。

(二) 用有效数字表示测量值时应注意的问题

1. 测量值有效数字的位数不能随意增减，有效数字的位数与测量的相对误差有关，有效数字的位数愈多，测量值的相对误差愈小。

2. 测量值中的非零数字都是有效数字（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9），“0”不总是有效数字。例如，测得一物体的长度为 0.0050800 (m)，它的有效数字位数为 5 位。“5”前面的 3 个“0”只表示小数点的位置，不是有效数字，其他的 3 个“0”是有效数字。最后的“0”表示测量的估计值，因此是有效数字，其他的两个“0”均处于有效数字之间，故均是有效数字。

3. 有效数字的位数与单位的换算无关。为了突出有效数字位数，我们采用科学记数法表示有效数字。这一方法规定了小数点前一律取一位非零数字，其他照写，所引起的不同数位由 10 的幂次来补充。例如，0.0010300 (kg) 可表示为 1.0300×10^{-3} (kg)；125.20 (ms) 可表示为 1.2520×10^2 (ms)，或 1.2520×10^{-1} (s)。这些例子说明了单位的改变不影响有效数字的位数。

4. 有效数字的进位法。有效数字通常采用四舍五入法，例如：将 1.625 取为 3 位有效数字，应写作 1.63，取 2 位有效数字，应记为 1.6。还有另一种经常采用的“四舍六入五凑偶”方法，即尾数小于 5 则舍，大于 5 则入，等于 5 则将其尾数凑成偶数。例如：将 1.625 取为 3 位有效数字，可记为 1.62；将 1.615 取为 3 位有效数字，仍记为 1.62；将 1.626 取为 3 位有效数字，则记为 1.63。本教材采用的是四舍五入法。

5. 常数（如 π 、 $\sqrt{2}$ 、e、1/4 等）的有效数字位数是无限的，可根据具体问题适当选取，一般情况下，至少比测量值多保留一位。

三、有效数字的运算规则

(一) 加减法运算规则

在有效数字的加减法运算中，计算结果的有效数字的最后一位与各分量中可疑位的最高位置保持一致。

例 0-1 普通算术式

$$X = 71.3 - 0.753 + 6.26 + 271$$

有效数字计算：

$$X = 71.3 - 0.8 + 6.3 + 271 = 348$$

数字下面的“.”表示可疑位的最高位置。

(二) 乘除法运算规则

在有效数字的乘除法运算过程中，计算结果的有效数字位数与各分量中有效数字位数最少的分量保持一致。

例 0-2

$$X = \frac{39.50 \times 4.08 \times 0.0013}{868.01} = \frac{39.5 \times 4.08 \times 0.0013}{868} = 0.24$$

可见，此式分量中有效数字位数最少的为 0.0013，为两位有效数字，故将其作为标准。

(三) 其他运算规则

在乘方、开方、三角函数等运算中，结果的有效数字位数与底数的有效数字位数保持一致。举例如下。

例 0-3

$$\sqrt{625} = 2.50 \times 10$$

$$25^2 = 6.3 \times 10^2$$

例 0-4

$$\cos 32.7^\circ = 0.842$$

例 0-5

$$\lg 19.28 = 1.285$$

注意：在较复杂的多步计算过程中，各中间结果在运算过程中按四舍五入处理后应多保留一位。

另外，对物理公式中不是由实验测出的某些数值，例如，测量圆柱体的直径 D 和长度 H ，求其体积公式 $V = \frac{1}{4} \pi D^2 H$ 中的 $\frac{1}{4}$ 不是测量值，则在确定 V 的有效数字位数时不必考虑它的有效数字位数。

由有效数字的运算规律可见，对不同准确度的数字进行计算时，其结果的有效数字位数应取得恰当。取少了，会带来附加的计算误差，降低结果的精度；取多了，从表面上看似乎精度很高，实际上毫无意义，反而给人以错误的印象和带来不必要的麻烦。

在实验中正确运用有效数字，不仅能如实反映测量结果，而且可以简化运算，节省时间，既使用计算器，也应养成合理取有效数字的习惯。

§ 3 直接测量值的误差估计

由于误差的存在，在直接测量中不可能准确地测量出待测量的真值，为使测量更加准确，往往需要进行反复多次的测量，然而各次测量的结果不同，我们该如何表示其测量结果呢？

一、单次直接测量的误差估计

有些实验，由于在动态中测量，不容许对被测量做重复测量；也有些实验的精密程度要求不高；或在间接测量中，其中某一物理量的误差对最后的结果影响较小，在这些情况下可以对被测量只测一次。对于单次测量的误差，一般是根据所用仪器、测量对象、实验方法和实验者的经验来估计误差。在一般情况下，对于偶然误差很小的测量值，可把仪器出