



新世纪高职高专实用规划教材

● 公共基础系列

# 大学物理实验

DAXUE WULI SHIYAN

赵志芳 主 编



清华大学出版社

新世纪高职高专实用规划教材 公共基础系列

# 大学物理实验

赵志芳 主编

清华大学出版社  
北 京

## 内 容 简 介

本书参考教育部高等学校工科物理教学指导委员会制定的《高等工科学校物理实验基本要求》，根据高职高专学校的特点编写而成。本书从高职高专学校物理实验教学的实际出发，阐述了测量误差、不确定度及数据处理的基础知识。本书编录了 15 个基础性及综合性实验，3 个预备性实验和 6 个研究性实验。各章节的内容既相互独立又相互配合，循序渐进，由详到略，便于学生学习和应用。

本书为高职高专院校各专业的物理实验教材，也可作为高等专科学校、成人高等学校及本科院校的二级职业技术学院和民办高校各工科专业的物理实验教材。

版权所有，翻印必究。举报电话：010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术，用户可通过在图案表面涂抹清水，图案消失，水干后图案复现；或将表面膜揭下，放在白纸上用彩笔涂抹，图案在白纸上再现的方法识别真伪。

### 图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/赵志芳主编. —北京：清华大学出版社，2005.9

(新世纪高职高专实用规划教材 公共基础系列)

ISBN 7-302-11872-8

I.大… II.赵… III.物理—高等学校：技术学校—教材 IV.O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 105467

出 版 者：清华大学出版社      地      址：北京清华大学学研大厦  
http://www.tup.com.cn      邮      编：100084  
社 总 机：010-62770175      客 户 服 务：010-62776969

组稿编辑：凌宇欣

文稿编辑：许瑛琪

排版人员：李月菊

印 装 者：北京嘉实印刷有限公司

发 行 者：新华书店总店北京发行所

开      本：185 × 260    印 张：9.75    字 数：222 千字

版      次：2005 年 9 月第 1 版    2005 年 9 月第 1 次印刷

书      号：ISBN 7-302-11872-8/O · 497

印      数：1 ~ 4000

定      价：16.00 元

# 《新世纪高职高专实用规划教材》序

## 编写目的

目前,随着教育的不断深入,高等职业教育发展迅速,进入到一个新的历史阶段。学校规模之大,数量之众,专业设置之广,办学条件之好和招生人数之多,都大大超过了历史上任何一个时期。然而,作为高职院校核心建设项目之一的教材建设,却远远滞后于高等职业教育发展的步伐,以至于许多高职院校的学生缺乏适用的教材,这势必影响高职院校的教育质量,也不利于高职教育的进一步发展。

目前,高职教材建设面临着新的契机和挑战:

(1) 高等职业教育发展迅猛,相应教材在编写、出版等环节需要在保证质量的前提下加快步伐,跟上节奏。

(2) 新型人才的需求,对教材提出了更高的要求,即教材要充分体现科学性、先进性和实用性。

(3) 高职高专教育自身的特点是强调学生的实践能力和动手能力,教材的取材和内容设置必须满足不断发展的教学需求,突出理论和实践的紧密结合。

有鉴于此,清华大学出版社在相关主管部门的大力支持下,组织部分高等职业技术学院的优秀教师以及相关行业的工程师,推出了一系列切合当前教育改革需要的高质量的面向就业的职业技术实用型教材。

## 系列教材

本系列教材主要涵盖以下领域:

- 计算机基础及其应用
- 计算机网络
- 计算机图形图像处理与多媒体
- 电子商务
- 计算机编程
- 电子与电工
- 机械
- 数控技术及模具设计
- 土木建筑
- 经济与管理
- 金融与保险

另外,系列教材还包括大学英语、大学语文、高等数学、大学物理、大学生心理健康等基础教材。所有教材都有相关的配套用书,如实训教材、辅导教材、习题集等。

## 教材特点

为了完善高等职业技术教育的教材体系,全面提高学生的动手能力、实践能力和职业技术素质,特意聘请有实践经验的高级工程师参与系列教材的编写,采用了一线工程技术人员与在校教师联合编写的模式,使课堂教学与实际操作紧密结合。本系列丛书的特点如下:

- (1) 打破以往教科书的编写套路,在兼顾基础知识的同时,强调实用性和可操作性。
- (2) 突出概念和应用,相关课程配有上机指导及习题,帮助读者对所学内容进行总结和提高。
- (3) 设计了“注意”、“提示”、“技巧”等带有醒目标记的特色段落,使读者更容易得到有益的提示与应用技巧。
- (4) 增加了全新的、实用的内容和知识点,并采取由浅入深、循序渐进、层次清楚、步骤详尽的写作方式,突出实践技能和动手能力。

## 读者定位

本系列教材针对职业教育,主要面向高职高专院校,同时也适用于同等学力的职业教育和继续教育。本丛书以三年制高职为主,同时也适用于两年制高职。

本系列教材的编写和出版是高职教育办学体制和运作机制改革的产物,在后期的推广使用过程中将紧紧跟随职业技术教育发展的步伐,不断吸取新型办学模式、课程改革的思路和方法,为促进职业培训和继续教育的社会需求奉献我们的力量。

我们希望,通过本系列教材的编写和推广应用,不仅有利于提高职业技术教育的整体水平,而且有助于加快改进职业技术教育的办学模式、课程体系和教学培训方法,形成具有特色的职业技术教育的新体系。

教材编委会

# 新世纪高职高专实用规划教材 编委会名单

主 任 吴文虎

副主任 韩润功 张子泉 刘建华 吕 闽

委 员 (按姓氏笔画为序):

丁 勇 冯伟昌 杨永生 陈光梅 桂华德

王兆文 张叶佑 杨在华 陈晓萌 殷锡武

王 岳 张 啸 杨家琪 郑玉华 崔焕正

王新民 李秀苹 赵志芳 杨 蕾 郑新卿

彭奏平 付政庆 肖中华 贺君鹏 董 茜

付春生 李 毓 邹扬虎 柴延伟 韩波涛

# 前 言

实验是一种方法,科学实验是科学理论的源泉,是科学研究和工程技术的基础。高等职业技术教育是培养从事生产、建设、管理等第一线工作的高级技术应用型专门人才,因此要求学生不仅要掌握必备的基础理论和专业理论知识,更应具备较强的实验动手能力,以及解决工程问题的能力。物理实验正是实现这一目标的一个重要手段。通过物理实验,让学生掌握物理实验的基本知识、基本方法和基本技能,使学生得到科学实验素质的训练及实验创新思维能力的培养,为后续课程的学习和以后的工作奠定良好的基础。

本书参考教育部高等学校工科物理教学指导委员会制定的《高等工科大学物理实验基本要求》,根据高职高专学校的特点编写而成。内容的编排由浅入深,循序渐进,兼顾近代物理及现代工程技术等方面,并与现代科技接轨,体现了物理实验的时代性和先进性。

第1章(误差理论)和第2章(数据处理)从高职高专学校物理实验教学的实际出发,阐述了测量误差、不确定度及数据处理的基础知识。

第3章(基础和综合性实验)共有15个实验,可供各专业根据自身专业特点和实际课时选做。这部分是物理实验知识、能力和素质训练的基本内容。本书的编写,力求做到实验原理简明扼要,实验内容清晰合理;并在每个实验项目之前介绍了所用的测量方法及相关知识,实验项目的最后介绍了该实验中使用的仪器及相关资料,目的是使学生通过实验能比较直观地了解、掌握物理实验中常用的测量方法和常用的仪器,学以致用,学有所得。

第4章(预备性实验与研究性实验)的内容分成三个模块:力学、光学和电学。旨在充分挖掘实验设备资源,以满足各层次学生求知、探索和创新的欲望,侧重对学生的实验能力和创新精神的培养。

本书由赵志芳主编,参加编写的还有范凤萍和郝杰。其中实验3、4、5、9、10、13由范凤萍编写;实验8、15由郝杰编写;赵志芳编写了第1、2、4章以及第3章的实验1、2、6、7、11、12、14及绪论和附录,并负责全书的统稿。

本书在编写过程中,参考了许多已出版的教材和资料,在此一并表示感谢。

鉴于编者水平所限,有不足之处,敬请读者指正。

编 者

# 目 录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 绪论.....                 | 1   |
| 第 1 章 误差理论.....         | 5   |
| 第 2 章 数据处理.....         | 15  |
| 第 3 章 基础和综合性实验.....     | 21  |
| 第 4 章 预备性实验与设计性实验.....  | 109 |
| 附录 1 中华人民共和国法定计量单位..... | 136 |
| 附录 2 一些常用的物理数据表.....    | 139 |
| 参考文献.....               | 141 |

# 绪 论

## 一、物理实验课程的地位和作用

物理实验是对学生进行科学实验基本能力训练的一门必修通识基础课程，是学生进入大学后接受系统实验方法和实验技能训练的开端，是培养和提高学生科学实验素质和实验创新意识训练的重要组成部分。

物理学是一门实验科学，实验是物理学中重要的研究方法。物理概念的建立、物理定律的发现都有赖于物理实验。即使理论研究可以通过逻辑推理等其他方法得到新的理论，但最终理论还要接受实验的验证，如果新理论与实验结果不一致，就必须加以修正，甚至被否定。物理实验在物理学的发展中占有十分重要的地位。通过物理实验会加深对物理学基本概念和基本定律的理解。

物理实验课程和物理理论课程具有同等重要的地位。它们既有深刻的内在联系，又有各自的任务和作用。物理理论有系统性和逻辑性等特点，物理实验也有其显著的特点：第一是实践性，做物理实验时，需要动手调整实验装置，要考虑到各种实际情况，准确地进行测量和计算；第二是综合性，每个实验所涉及到的知识领域往往是很宽的，即使是一个简单的力学实验，也常常涉及到电学、光学等知识，这就要求在做实验时，根据具体情况综合运用所学过的知识。通过物理实验会提高实践动手能力、综合运用知识解决实际问题的能力。

由于物理学的基础性，物理学的思想和方法已渗透到其他自然学科和工程技术中，物理实验的思想、方法和技术在推动化学、生物学、天文学等其他自然学科发展中起着重要的作用。而高新技术的发展也与物理实验密不可分，如原子能、激光、超导、空间技术和纳米技术等。掌握物理实验的基本知识、基本方法和基本技能将有利于今后的专业学习和技术应用工作。

## 二、物理实验课程的任务

(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 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分析判断。
- ④ 能正确记录和处理实验数据，分析实验结果，撰写合格的实验报告。

⑤ 培养和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, 严肃认真的工作态度, 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优良品质。

### 三、物理实验教学程序及要求

物理实验的全过程应包括以下 3 个步骤: 实验前的准备, 实验中的观察与记录, 实验后的数据整理与分析。

#### 1. 实验前的准备(预习)

实验前的准备是保证实验顺利进行, 并能得到满意结果的重要步骤。

##### (1) 理论准备

从有关教材中充分了解实验的理论依据, 了解本次实验的目的、待测的物理量及实验的具体过程。

##### (2) 实验准备

根据测量需要, 设计出记录表格, 记录表格既要便于记录, 又要便于整理数据。

#### 2. 实验课中的操作

##### (1) 仪器的安装与调整

使用仪器进行测量时, 必须注意满足仪器的正常工作条件(水平、铅直、工作电压、光照等), 必须按操作规程进行。以下列举几点共同性的注意事项:

- ① 安排仪器时, 应尽量做到便于观察、读数和记录。
- ② 拧动仪器上的旋钮或转动部分, 不要用力过猛。
- ③ 灵敏度高的仪器(如物理天平等)都有制动器, 不进行测量时, 应使仪器处于制动状态。
- ④ 注意观察仪器的零点, 必要时需要进行调零。
- ⑤ 砝码、透镜和表面镀膜反射镜等器件, 为了保持测量精度和光洁度, 不允许用手去摸, 也不要随使用布或纸去擦拭。
- ⑥ 使用电学仪器要注意电源的电压和极性, 电路需经教师检查后, 方能接通电源。

##### (2) 实验中的观察与数据记录

实验一开始不要忙于记录数据, 应集中注意力去观察现象, 确信没有问题时, 再开始记录。记录就是如实地记下观察到的现象、简单的过程和原始数据。记录要简洁清楚, 数值一定要记录在表格中, 并注明单位。

(3) 实验操作完成后, 将实验数据交指导老师审阅后, 再整理仪器并恢复到实验前的状态。

#### 3. 实验数据的整理与实验报告

测量结束后要尽快整理好数据, 计算出结果并绘出必要的图表, 数据整理工作应尽可能在实验课上完成, 若数据整理中发现问题, 须作补充测量。

实验结束后要在规定的时间内完成实验报告，实验报告一律用报告纸书写，力求简单明了，用语确切，字迹清楚。实验报告的基本内容包括以下几个方面：

- (1) 实验题目 写明实验题目及实验者的姓名和学号。
- (2) 实验目的 简述实验所要达到的目的。
- (3) 实验原理 简要地阐述实验原理，写出实验所用的公式及公式适用的条件。
- (4) 实验仪器 记录所用仪器的名称、规格、型号等。
- (5) 数据处理：用表格的形式整理出测量的全部数据，写出完整的数据处理过程和实验结果。
- (6) 分析与讨论 对实验结果进行分析和讨论，主要包括对实验结果的评价，误差的分析，实验中发生现象的解释，实验方法和实验装置存在的问题及对实验的改进意见等。实验的分析与讨论是培养我们分析能力的重要环节，应当认真去做。



# 第1章 误差理论

## 一、测量及其分类

### 1. 测量

物理实验中,物理量都是通过测量得到的。研究物理现象、了解物理性质以及验证物理原理都离不开测量。所谓测量就是将被测的物理量与一个选作单位的同类量进行比较,其倍数即为被测物理量的测量值。例如,某物体的长度是单位米(m)的 1.28 倍,则该物体的测量值为 1.28 米。显然测量值的大小与选取的标准(单位)有关,在表示一个测量值时数值与单位缺一不可。

### 2. 直接测量与间接测量

测量根据获得结果的手段不同,可分为直接测量和间接测量。直接测量是指待测量与定标的测量仪器或量具比较,直接读出待测物理量的量值。用米尺测物体的长度、用秒表测量物体运动的时间都是直接测量。

间接测量是指利用直接测量得到的量值与被测量之间已知的函数关系,通过计算而得到被测量值。例如,为了测量圆柱体的密度,可以先测出圆柱体的质量  $m$ 、直径  $D$  和高度  $h$ ,通过公式  $\rho = \frac{4m}{\pi D^2 h}$  计算出圆柱体的密度。

直接测量简单、直观,是最基本的测量方式,也是间接测量的基础。但是物理量大多不便直接测量,通常都是间接测量。一个物理量是直接测量还是间接测量不是绝对的,要视具体的测量方法和仪器而定,如用欧姆表测量电阻,电阻就是直接测量的物理量,用伏安法测电阻时,直接测量的物理量是电流和电压,电阻成为间接测量的物理量。

### 3. 等精度测量与非等精度测量

从测量条件是否相同的角度看,测量又可以分为等精度测量与非等精度测量。在相同的实验条件下,进行多次重复测量,各次测量的结果可能有所不同。对于这类测量,不能说哪一次更准确。每次的测量的条件完全相同的,这种测量称为等精度测量。反之,在多次重复测量中,只要实验条件发生了变化,那么这种测量就是非等精度测量。以后说到的多次测量指的都是等精度测量。

## 二、误差理论

在一定的条件下,任何物理量的大小都是一个客观存在的、不以人的意志为转移的真实值,称为真值。在测量过程中,人的主观愿望是准确地测得待测量的真值。但是任何测

量仪器、测量方法都不可能绝对严密, 测量环境不可能绝对稳定, 测量者的观察能力和分辨能力也不可能绝对精密, 这样测量结果与真值不可能完全相同, 即测量值与真值之间总存在差异, 这个差异称为测量误差。实践证明, 误差自始至终存在于一切科学实验和测量过程中。被测量的真值只是一个理想概念, 一般来说其数值是不可知的。因此, 分析测量中可能产生的误差、尽可能消除其影响、对测量结果中未能消除的误差作出估计、科学地表示含有误差的测量结果以及对实验结果正确地评定等一系列问题就是物理实验和很多科学实验中必不可少的工作。

人们把数理统计理论应用于误差的研究, 由此发展成一门新学科——误差理论。要想深入地讨论误差理论, 需要有丰富的实验经验和概率统计知识, 这里只作简单的介绍, 目的是让读者了解误差理论的物理意义, 逐步建立起误差分析思想。要明白实验自始至终都与误差理论密不可分。首先, 根据误差理论能正确选择实验方案、合理安排实验仪器, 以便在最经济的条件下得到理想的实验结果; 其次, 由误差理论可以认识误差的性质, 分析误差产生的原因, 以便在实际操作中减少误差; 第三, 用误差理论指导数据处理可以合理地计算、科学地表述实验结果, 使得在一定的条件下, 得到更接近于真值的数据。此外对实验结果的分析判断也离不开误差理论, 判断实验结果是验证了还是推翻了理论假设, 就要看实验结果与理论值的差异是否在实验允许的误差范围之内。

### 三、误差及其分类

#### 1. 误差的定义

测量误差就是测量值  $x$  与被测量的真值  $a$  的差值。测量误差的大小反映了测量结果的精确程度。测量误差可以用绝对误差  $\Delta$  表示, 也可以用相对误差  $r$  表示。

绝对误差 = 测量值 - 被测量的真值

$$\text{即: } \Delta = x - a \quad (1-1)$$

$$\text{相对误差} = \frac{\text{测量的绝对误差}}{\text{被测量的真值}} \quad (\text{用百分数表示})$$

$$\text{即: } r = \frac{\Delta}{a} \times 100\% \quad (1-2)$$

由于被测量的真值无法知道, 在实际测量中常用被测量的实际测量值或已修正过的算术平均值来代替真值, 称为约定真值。

绝对误差不仅有数值大小, 而且还有单位, 它的单位与被测量的单位相同。比较不同类物理量的绝对误差是没有意义的, 如某物体的长度测量绝对误差为  $0.005\text{mm}$ , 某物体质量测量的绝对误差为  $0.02\text{g}$ , 则无法确定哪个测量精确度高。此外, 即使是同一种物理量的测量, 绝对误差也不能准确地反映测量结果的优劣。如用同样的方法测得一张桌子和一支铅笔的长度分别为  $1550.8\text{mm}$  和  $177.2\text{mm}$ , 它们的约定真值分别为  $1550.5\text{mm}$  和  $177.5\text{mm}$ , 两次测量的绝对误差均为  $0.3\text{mm}$ , 但该绝对误差占桌子约定真值的  $0.02\%$ , 却占铅笔约定真值的  $0.2\%$ , 显然前者测量比后者更精确。相对误差不带单位, 它既可以评价同类物理量测量的优劣, 也可以评价不同类物理量测量的优劣。

## 2. 误差的分类

测量中的误差主要有两种：系统误差和随机误差，它们的性质不同，需要分别处理。

### (1) 系统误差

在同一条件下对同一物理量进行等精度测量，误差呈现的数值和符号不变或按一定的规律变化，这类误差称作系统误差。系统误差主要来源于以下几个方面：①实验原理和实验方法不完善，例如测量回路的电流时忽略电流表的内阻；②仪器本身的缺陷，如计量标准的偏差、零点的偏移等；③环境影响或没有在规定条件下使用仪器，例如标准电池在不同的环境温度下电动势不同；④由于观察者的生理、心理特点或习惯造成的偏差。

系统误差的特点是它有确定的规律性，由于符号是确定的，不可能通过在相同的条件下进行多次测量来发现和消除系统误差，但是通过对实验过程的详细分析，可确定部分系统误差的量值和符号，这一部分称为可定系统误差。对于已定系统误差，可以在测量值中进行修正。修正后的测量值为：

$$\text{实际值(修正后的测量值)} = \text{示数} + \text{修正值}$$

对于量值、符号规律未确定的系统误差称为未定系统误差。未定系统误差是一个较为复杂的问题，没有普遍规律可遵循，只能确定误差的大概范围。

系统误差的处理是一个非常重要的问题，能否及时发现并正确处理系统误差，对实验结果精确度有着极为重要的影响，也是实验者科学实验素质高低的重要表现。对于初学者来说，从一开始就应该注意积累这方面的经验。做实验之前，首先要对实验原理、测量方法和实验仪器进行系统全面的了解和分析。必须注意：①测量公式的成立条件，测量的每一步必须满足公式的成立条件；②仪器的使用条件，任何仪器都有各自的使用状态和环境条件，只有达到这些条件才能得到正确的结果。

在实验中往往要花费较长的时间调整仪器，通常都是为了达到仪器的使用条件和测量公式成立的条件，例如必须调节天平水平和平衡后才能进行称量。此外对于一些已定的系统误差，可以采取特殊的测量方法或仪器的特殊设计来消除，如替代法、交换法和对称测量法等，本书将在有关的实验中予以介绍。

### (2) 随机误差

在同一条件下对同一物理量进行等精度测量时，每次出现的误差数值时大时小，符号时正时负，没有确定的规律，随机变化，但总体上服从一定的统计规律，这种误差称为随机误差。产生随机误差的主要原因有：①测量装置在各次调整操作上的变动性；②测量仪器指示数值的变动性，实验环境中的温度、湿度、电源电压以及杂散电磁场等都会造成示数的随机变化；③观察者感觉器官的分辨能力和心理能力的局限性等。这些因素的共同影响，使各次测量值在某一数值(测量的平均值)附近有涨有落地变化。

随机误差的特点是单次测量的误差具有随机性，而多次测量的误差服从一定的统计规律。也就是说，对于某一测量值，其随机误差的大小和方向都是不可预知的，但是在多次测量中，正方向的误差和负方向的误差出现的次数大体相等(对称性)，且数值小的误差出现的次数较多，很大的误差在没有错误的情况下通常不出现(单峰性、有界性)。这一规律在测量次数越多时，表现得越明显。随机误差的这种分布规律称为正态分布，如图 1.1 所示。随机误差可以在确定的条件下，通过多次重复测量来减小，并用多次重复测量的算术

平均值来修正测量结果，这样可以大大减少随机误差的影响。

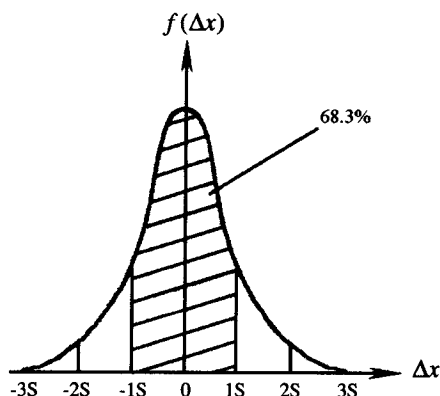


图 1.1 正态分布曲线

在整个测量过程中，除了上述两种性质的误差以外，还可能发生读数、记录等错误，或由于仪器损坏、操作不当等造成的测量上的错误等。错误不是误差，它是不允许存在的。含有错误的测量数据称为坏值，在处理实验数据时应当剔除。

#### 四、精密度、准确度和精确度

测量结果的优劣常用精密度、准确度和精确度来评价，但它们的涵义不同，应注意区别。

**精密度：**反映多次重复测量所得结果的离散程度，测量结果彼此非常接近，则精密度高，表示测量重复性好，随机误差小；测量结果彼此差异大，则精密度低。但是系统误差不明确。

**准确度：**表征测量结果接近真值的程度，测量结果接近真值，则准确度高，表明系统误差小，反之则准确度低。但数据是否分散不明确。

**精确度：**综合反映离散程度和准确程度，既反映随机误差，又反映系统误差。若一组测量结果离散程度小，准确度高，则精确度高。

以射击作类比，每一次弹着点类比测量值，靶心类比真值，图 1.2(a)表示精密度高，准确度低。图 1.2(b)表示准确度相对高一些，但精密度低。图 1.2(c)则表示精密度、准确度都高，即精确度高。

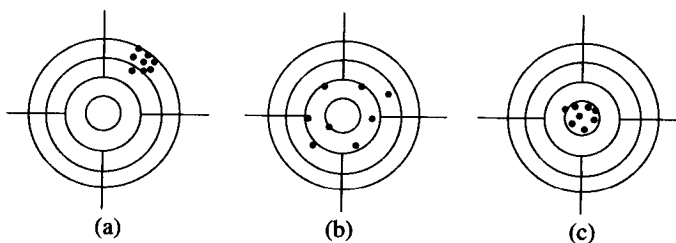


图 1.2 靶面弹着点与精密度、准确度、精确度的关系示意图

在实际测量过程中,影响测量结果精确度的既有测量的系统误差,又有随机误差,需要分别估算系统误差和随机误差的大小,然后进行误差的综合,用测量的精确度全面评价测量结果。

## 五、不确定度及其分类

### 1. 不确定度的基本概念

误差是测量值与真值之差,由于真值是无法确定的,所以误差也是不可能确定的,即无法准确地用数值表示误差的大小,只能按某种方法估算出误差可能的范围。不确定度就是对误差可能存在的范围的一种评定,对测量结果可信赖程度的定量描述,用符号 $u$ 表示,其大小决定于随机误差和系统误差的综合。

不确定度与误差是两个不同的概念,两者有本质的区别,不应混淆。误差是确定的、可正可负的量,但是它是未知的量,所以误差只是一个理论值,只能定性地描述理论和概念。不确定度是表示误差可能存在的范围,它的大小可以按一定的方法计算(或估计)出来,且恒取正值,它可以用来给出测量结果或进行定量计算。不确定度评定的是否合理、全面与实验者本身的素质有很大的关系,对于初学者来说,可简化不确定度评定的内容,只考虑一些主要的因素。

### 2. 不确定度的分类

不确定度通常分为两类:A类不确定度和B类不确定度。

#### (1) A类不确定度 $u_A$

对测量结果离散性的评价,主要涉及随机误差。用统计学的方法来计算,在大学物理实验中,一般采用标准偏差作为A类不确定度。

#### (2) B类不确定度 $u_B$

凡是不能用统计学的方法评定的误差都归为B类不确定度,它主要涉及系统误差,通常是指仪器误差和一些特殊估测的极限误差。

## 六、直接测量不确定度的估算

### 1. A类不确定度 $u_A$

对物理量 $x$ 做 $n$ 次等精度测量,测量值分别为 $x_1$ 、 $x_2$ 、 $\cdots$ 、 $x_n$ ,即得到一个测量列。由概率论可以证明,其平均值

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

在 $n \rightarrow \infty$ 时,趋于真值,当然任何测量都不可能是无限次的,而对于有限次测量,其平均值 $\bar{x}$ 最接近真值,称为最佳值,也称期望值。

定义该测量列的标准偏差 $S_x$ 为: