

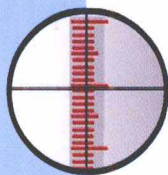
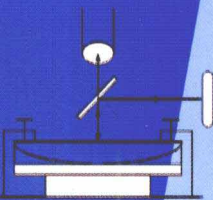
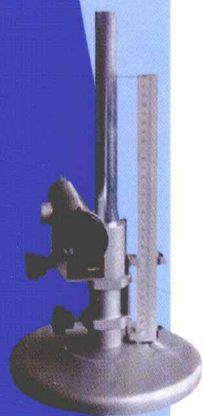


普通高等教育农业部“十二五”规划教材  
全国高等农林院校“十二五”规划教材

# 大学物理 实验教程

DAXUE WULI  
SHIYAN JIAOCHENG

洪炜宁 主编



中国农业出版社

普通高等教育农业部“十二五”规划教材  
全国高等农林院校“十二五”规划教材

# 大学物理实验教程

洪炜宁 主编

中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理实验教程 / 洪炜宁主编. —北京: 中国农业出版社, 2012. 1

普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-16394-2

I. ①大… II. ①洪… III. ①物理学-实验-高等学校-教材 IV. ①04-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 266111 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)

策划编辑 薛 波

文字编辑 薛 波

---

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月北京第 1 次印刷

---

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 21.5

字数: 518 千字

定价: 34.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

## 内 容 简 介

本教材以培养学生的基本科学实验技能和综合素质，培养学生的科学思维和创新意识，提高学生的科学素养和创造能力为目的，编排了近40个实验项目。内容包括绪论，实验数据的处理，基础物理实验，综合性、应用性与近代物理实验，设计性与研究创新性实验，计算机模拟仿真实验等6章，按不同层次精选了17个基础物理实验，12个综合性、应用性与近代物理实验和9个设计性与研究创新性实验，每个实验项目，除了基本教学内容外，还有相应的拓展与创新内容，供学有余力的同学进行探索性的学习。每个层次的实验内容都覆盖力学、热学、电磁学、光学、原子物理等物理学的各个分支。本教材注重教学内容的系统性和实验技能的严格训练，同时加强了提高学生综合能力、培养创新精神等多方面的功能拓展。

本教材可作为全国高等农林院校理、工、农、林、医等各专业的大学物理实验课的教学用书或参考书，也可供社会读者阅读。

**主 编** 洪炜宁

**副主编** 钱良存 李满兰

**参 编** (按姓名笔画排序)

叶 剑 刘家菊 周爱毓 袁兴红

郭守月 曹春斌 穆姝慧

大学物理实验是理、工、农、医等各专业必修的基础课程，是大学生进入大学后，接受系统科学实验方法和实验技能训练的开端，它是培养学生严谨的科学思维方式、创新意识、创新能力和实践能力的极其重要的教学内容和环节。大学物理实验覆盖了广泛的学科领域，有丰富的实验思想、方法、手段以及综合性很强的基本实验技能训练，通过该课程学习可培养学生实验能力、提高科学素质。它在培养学生严谨的治学态度、活跃的创新意识、理论联系实际、适应科技发展的综合应用能力等方面具有其他实践类课程不可替代的作用。本教材是以2010年版教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导分委员会编制的《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》为指导，吸收了我校物理实验教学中心在“十一五”建设中的成果，在全国高等农林院校“十一五”规划教材的基础上，重新编写而成。

全书的实验内容分为三个层次，每个层次的实验内容都覆盖力学、热学、电磁学、光学、原子物理等物理学的各分支。第一层次是基础物理实验，在原有的实验项目中，精选了17个基础物理实验，删除和整合了一些内容陈旧和技术落后的实验。第一层次实验的目的是使学生掌握基本物理量的测量方法、基本实验仪器的使用、基本实验技能以及实验误差、数据处理的理论与方法等。第二层次是综合性、应用性与近代物理实验，补充了最重要、最基本的近代物理实验以及现代测量技术，其目的是巩固基础性实验阶段的学习成果、开阔学生的眼界和思路，提高学生对实验方法和实验技能的综合运用能力。第三层次是设计性与研究创新性实验，编入了9个实验项目，它是一种较高层次的实验训练，是为培养学生独立实验以及运用所学知识解决给定问题而设计的，要求学生根据实验内容和要求查阅有关参考资料，设计实验原理和实验步骤，独立完成实验。

本书由洪炜宁任主编，钱良存、李满兰任副主编。编写人员：洪炜宁（实验六、十二、十三、三十八）、钱良存（第一章，第二章，实验七、二十六、三十五）、李满兰（实验三、四、五、二十五、三十）、曹春斌（实验十八、十九、

二十八、三十一、三十四)、郭守月(实验十七)、刘家菊(实验十、十一、三十六,第六章)、穆姝慧(实验八、二十三、二十四、二十七)、叶剑(实验九、十四、十五、十六、三十七)、袁兴红(实验一、二、二十一、二十二、三十三)和周爱毓(实验二十、二十九、三十二)。本书虽由以上同志执笔编写,实际上凝聚了集体的智慧,是全体教师辛勤劳动的成果。

在编写过程中,我们参考了大量的教学参考书和兄弟院校的物理实验教材,从中吸取了宝贵经验,甚至引用了部分内容;本书的出版得到了中国农业出版社和安徽农业大学教材中心的大力支持和关心,在此一并致谢。

尽管我们做出了努力,但限于水平,书中的错误和不妥之处在所难免,欢迎读者和同行专家批评指正。

编 者

2011年10月于合肥

## 前言

|                          |    |
|--------------------------|----|
| <b>第一章 绪论</b>            | 1  |
| 第一节 大学物理实验课程的地位、作用、目的和任务 | 1  |
| 一、物理实验课程的地位和作用           | 1  |
| 二、物理实验课程的主要目的和任务         | 2  |
| 第二节 大学物理实验课教学体系和基本要求     | 2  |
| 一、大学物理实验教学体系             | 2  |
| 二、大学物理实验教学要求             | 2  |
| 第三节 大学物理实验教学的主要环节        | 3  |
| 一、课前预习                   | 3  |
| 二、课堂操作                   | 3  |
| 三、完成实验报告                 | 4  |
| <b>第二章 实验数据的处理</b>       | 5  |
| 第一节 测量的基础知识              | 5  |
| 一、测量的定义                  | 5  |
| 二、测量的分类                  | 5  |
| 三、测量的基本方法和仪器调整的基本原则      | 6  |
| 第二节 测量结果的有效数字            | 9  |
| 一、有效数字的定义                | 9  |
| 二、直接测量数据的读取及有效数字的原则      | 9  |
| 三、有效数字的运算法则              | 10 |
| 四、有效数字尾数的取舍规则            | 11 |
| 五、有效数字的科学计数法             | 11 |
| 第三节 误差的基础知识              | 11 |
| 一、误差的定义和表示法              | 11 |
| 二、误差的分类                  | 12 |
| 三、随机误差的分布规律与特点           | 13 |



|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| 四、多次测量的平均值和标准差 .....             | 14        |
| 五、过失误差（粗差）的剔除 .....              | 15        |
| 六、测量的精密度、准确度和精确度 .....           | 16        |
| 第四节 直接测量结果的表示和不确定度的评定 .....      | 16        |
| 一、不确定度的基本知识 .....                | 16        |
| 二、单次直接测量结果的表示 .....              | 18        |
| 三、多次直接测量结果的表示 .....              | 18        |
| 四、不确定度取位规定及实例 .....              | 19        |
| 第五节 间接测量结果的表示和不确定度的评定 .....      | 20        |
| 第六节 实验数据处理的常用方法 .....            | 22        |
| 一、列表法 .....                      | 22        |
| 二、作图法 .....                      | 22        |
| 三、逐差法 .....                      | 23        |
| 四、一元线性回归法（最小二乘拟合法） .....         | 25        |
| 五、KENKO-82TL 计算器的统计功能的使用 .....   | 27        |
| 六、Excel 数据处理软件简介 .....           | 27        |
| 思考题与习题 .....                     | 31        |
| 附录 大学物理实验预习报告撰写导航 .....          | 33        |
| <b>第三章 基础物理实验 .....</b>          | <b>36</b> |
| 实验一 用落球法测定液体的黏度 .....            | 36        |
| 实验二 金属线膨胀系数的测量 .....             | 43        |
| 实验三 液体表面张力系数的测定 .....            | 47        |
| 一、用焦利弹簧秤测定液体的表面张力系数 .....        | 48        |
| 二、用硅压阻式力敏传感器测定液体的表面张力系数 .....    | 53        |
| 三、用毛细管法测定液体的表面张力系数 .....         | 59        |
| 实验四 刚体转动惯量的测量 .....              | 65        |
| 一、用恒力矩转动法测定物体的转动惯量 .....         | 65        |
| 二、用三线摆法测定物体的转动惯量 .....           | 76        |
| 实验五 杨氏弹性模量的测定 .....              | 80        |
| 实验六 用直流电势差计测量电源电动势 .....         | 86        |
| 一、用滑线式电势差计测定电源电动势 .....          | 87        |
| 二、用箱式直流电势差计测定电动势 .....           | 90        |
| 实验七 示波器的原理和使用 .....              | 93        |
| 实验八 用示波器观察铁磁材料的磁化曲线和测绘磁滞回线 ..... | 102       |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 实验九 电路技术应用 .....                | 109        |
| 一、恒温控制 .....                    | 109        |
| 二、非平衡电桥法测电阻 .....               | 111        |
| 实验十 交流电桥 .....                  | 113        |
| 实验十一 交流谐振电路 .....               | 119        |
| 实验十二 用冲击电流计测量螺线管轴向磁场 .....      | 122        |
| 实验十三 用霍尔效应法测量磁场及霍尔元件特性的研究 ..... | 128        |
| 实验十四 等厚干涉 .....                 | 136        |
| 实验十五 分光计的调节和三棱镜折射率的测定 .....     | 142        |
| 一、分光计的调节 .....                  | 142        |
| 二、用分光计测量三棱镜的折射率 .....           | 149        |
| 实验十六 用分光计和光栅测定光波的波长 .....       | 152        |
| 实验十七 单缝夫琅禾费衍射 .....             | 157        |
| <b>第四章 综合性、应用性与近代物理实验 .....</b> | <b>164</b> |
| 实验十八 密立根油滴实验测量电子电荷 .....        | 164        |
| 实验十九 太阳能电池特性研究 .....            | 173        |
| 实验二十 基尔霍夫定律的应用 .....            | 178        |
| 实验二十一 迈克尔逊干涉仪的调整和使用 .....       | 182        |
| 实验二十二 用迈克尔逊干涉仪测空气的折射率 .....     | 187        |
| 实验二十三 用超声光栅测定液体中的声速 .....       | 190        |
| 实验二十四 超声波声速测量及超声波无损探伤 .....     | 196        |
| 一、超声波声速测量 .....                 | 196        |
| 二、超声波无损探伤 .....                 | 203        |
| 实验二十五 夫兰克-赫兹实验 .....            | 210        |
| 实验二十六 光电效应物理量测量及应用 .....        | 219        |
| 实验二十七 核磁共振及应用 .....             | 228        |
| 实验二十八 光纤音频信号传输技术 .....          | 236        |
| 实验二十九 传感器系列实验 .....             | 245        |
| 一、电阻应变式传感器灵敏度特性的研究及应用 .....     | 246        |
| 二、差动变压器式（互感式）传感器的性能研究及应用 .....  | 257        |
| 三、电涡流式传感器的静态标定及应用 .....         | 260        |
| 四、霍尔传感器的特性研究及应用 .....           | 263        |
| 五、变面积式电容传感器动态特性的研究及应用 .....     | 267        |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 第五章 设计性与研究创新性实验 .....          | 271 |
| 实验三十 液体表面张力系数与温度或浓度关系的研究 ..... | 271 |
| 实验三十一 半导体温度计的设计 .....          | 274 |
| 实验三十二 晶体二极管的伏安特性研究 .....       | 277 |
| 实验三十三 设计组装直流电桥测量未知电阻 .....     | 281 |
| 实验三十四 设计用补偿法测量电流、电压和电阻 .....   | 287 |
| 实验三十五 电表改装及校准 .....            | 290 |
| 实验三十六 设计用三种方法测量细丝直径 .....      | 294 |
| 实验三十七 设计用分光计测量液体折射率 .....      | 295 |
| 实验三十八 交流电路特性研究 .....           | 297 |
| 第六章 计算机模拟仿真实验 .....            | 302 |
| 第一节 计算机模拟仿真技术简介及软件使用方法 .....   | 302 |
| 第二节 计算机模拟仿真物理实验 .....          | 303 |
| 一、密立根油滴实验 .....                | 303 |
| 二、迈克尔逊干涉仪 .....                | 307 |
| 三、偏振光的研究 .....                 | 311 |
| 四、介电常数的测量 .....                | 317 |
| 五、几何光学设计 .....                 | 321 |
| 附录 .....                       | 327 |
| 一、中华人民共和国法定计量单位 .....          | 327 |
| 二、常用物理数据表 .....                | 329 |

# 第一章 绪 论

## 第一节 大学物理实验课程的地位、作用、目的和任务

### 一、物理实验课程的地位和作用

物理现象的新发现，物理规律的寻找，物理定律的验证，等等，都依赖于实验。X 射线、放射性和电子的发现等为原子物理学、核物理学等的发展奠定了基础。卢瑟福从大角度粒子散射实验结果提出了原子核基本模型。1905 年爱因斯坦的光量子假说总结了光的微粒说和波动说之间的争论，很好地解释了勒纳德等人的光电效应结果，直到 1916 年当密立根以其严密的实验证实了爱因斯坦的光电效应之后，光的粒子性才为人们所接受，等等。可见物理规律的发现，学说、理论的提出和创立，无不以严格的物理实验事实为依据，并得到实验的反复检验，才被确认其真理性的。物理实验为开拓新理论和新领域奠定基础，又是丰富和发展物理学应用的广阔天地。

在材料科学中，各种材料的物性测试、许多新材料的发现（如高温超导材料等）和新材料的制备方法的研究（如离子束注入等），都离不开物理；在生物学的发展史中，离不开各类显微镜（光学显微镜、电子显微镜、X 光显微镜和原子力显微镜）的贡献；近代生命科学更离不开物理，在医学中，从 X 光透射、B 超诊断、CT 诊断和核磁共振诊断等到各种理疗手段，包括放射性治疗和激光治疗等，都是物理的应用。物理正在渗透到各个学科领域，而这种渗透无不与实验密切相关。只有真正掌握了物理实验的基本功，才能顺利地把物理原理应用到其他学科，从而产生质的飞跃。

物理实验是物理科学用于其他学科领域和生产实践中去的必由之路，是把物理学转化为生产力的桥梁。在科学技术高度发展的现代，在多学科领域相互渗透、多种专业技术交叉的今天，这种桥梁作用尤为突出。据统计，20 世纪以来，实验物理学家得诺贝尔奖的人数是理论物理学家人数的两倍；而近 30 年来，前者的人数超过后者的 6 倍以上。由此可见，物理实验的重要性正在凸显。只有正视实验重要性，摆正理论与实践的关系，才能真正造就高素质的具有创新精神的一代新人，使我们中华民族真正昂首屹立于世界先进民族之林。

大学物理实验课程是理、工、农、医等各专业必修的基础课程，是大学生进入大学后，接受系统科学实验方法和实验技能训练的开端。物理实验课覆盖了广泛的学科领域，有丰富的实验思想、方法、手段以及综合性很强的基本实验技能训练，是培养学生科学实验能力、提高科学素质的重要基础。它在培养学生严谨的治学态度、活跃的创新意识、理论联系实际、适应科技发展的综合能力等方面具有其他实践类课程不可替代的作用。

## 二、物理实验课程的主要目的和任务

(1) 学习实验物理学的基本理论。学会运用理论知识指导实验,培养学生的科学思维方式。用正确和严谨的思维随时分析、判断和解释实验中出现的各种现象,提高学生的分析能力和创新能力。

(2) 掌握实验物理学的基本方法。如反映物理模式的思维方法,实验模型的建立和设计、观察、测量、控制和调整的技巧和艺术,仪器的工作原理,误差理论,计算方法和数据处理,结果的科学分析方法等。这些内容都必须系统地学习,严格地训练,反复运用和归纳总结才能掌握。

(3) 培养学生实验的基本技能。认真完成对基本仪器及基本实验方法的学习,努力提高实验的技能和水平。

(4) 在实验练习过程中,提高学生的科学素养,注意培养探索、严谨、求实和高效等科学作风和工作态度。

## 第二节 大学物理实验课教学体系和基本要求

### 一、大学物理实验教学体系

紧紧把握信息时代大学物理实验教学的建设与发展规律,根据农业院校特色,坚持“农工并举”,以农为主、多学科协调发展的办学理念和特色,教学和科研并重,树立“以学生为本,知识传授、能力培养、素质提高和协调发展”的教学理念,以“自主学习、综合实践、研究和创新能力培养为核心”的实验教学新观念,打破力、热、电、光等实验课程各自独立的界限,进行综合、交叉,建立基础性实验,综合性、应用性与近代物理实验,设计性与创新研究性实验三个层次,难易衔接、循序渐进。形成从基础—综合—设计与研究逐层提高的物理实验课程新体系。

第一个层次——基础性实验。学习基本物理量的测量、基本实验仪器的使用、基本实验技能和基本测量方法、误差与不确定度及数据处理的理论与方法等,涉及力、热、电、光、近代物理等各个领域的内容。

第二个层次——综合性、应用性与近代物理实验。巩固学生在基础性实验阶段的学习成果、开阔学生的眼界和思路,提高学生对实验方法和实验技术的综合运用能力。

第三个层次——设计性与创新研究性实验。使学生了解科学实验的全过程、逐步掌握科学思想和科学方法、培养学生独立实验的能力,培养学生运用所学知识解决给定问题的能力。

在上述三个层次中,本教材都选择了相应的题目按“设计性和创新性”实验进行拓展教学,拓展学生的视野和知识面,同时留给學生充分的拓展空间;建设了大学物理实验网络课程和虚拟实验室,进行“开放式”教学,体现以学生为本和开放教学的教育思想,有效地扩大实验教学的信息量,为学生搭建了一个亲自动手进行自主学习、自主实验和创新训练的平台。

### 二、大学物理实验教学要求

#### 1. 教学基本要求

(1) 学习掌握常用基本物理实验仪器的原理、性能和使用方法。

(2) 学习掌握一般物理实验的方法、实验技术,一般物理量的测量方法。

(3) 学习掌握实验数据及误差的处理方法,能正确表达实验结果,并会对结果进行分析和讨论。

(4) 通过实验学会观察、分析、研究物理现象和物理规律,加深对某些重要物理现象和规律的认识和理解。

(5) 养成良好的实验习惯和严谨的科学作风,特别是严肃认真对待实验数据,杜绝弄虚作假,树立实事求是的科学态度,能根据实验要求写出规范的实验报告。

本课程力图培养学生进行科学实验工作的综合能力,包括实际动手能力、分析判断能力、独立思考能力、革新创造能力、归纳总结能力和口头表达能力等。

## 2. 学生必须严格遵守的实验室规则

(1) 实验课程应在规定时间内进行,实验时间不得自行更改,不得无故缺席或迟到。

(2) 做好课前预习,并写好预习报告,凡预习不充分或未写(或未填)预习报告者,不得进行实验。

(3) 进行实验时,态度应严肃认真,保持实验室安静和整洁。

(4) 做实验时,如缺少仪器、用具、材料等,应向指导教师提出。未得许可,不许动用他组仪器用具。公用工具用后,应立即归还原处。

(5) 做电学实验电路连接好后,必须经教师检查,得到许可后,才能接通电源。使用交流电源时,更要严格遵守安全用电规则,以防止发生意外。

(6) 实验时动作应谨慎细心,严格遵守仪器仪表的操作规则及注意事项。如损坏仪器应立即报告教师,并填写有关报告单,以便按章处理。

(7) 实验结果经教师审核签字后,将仪器整理还原,桌面收拾整洁,方可离开实验室。

(8) 不得缺做实验或缺少实验报告,缺者必须在指定时间内补齐。

(9) 实验报告一律用专用的物理实验报告本(纸)书写。

## 第三节 大学物理实验教学的主要环节

### 一、课前预习

实验前必须认真仔细阅读教材,达到:

(1) 明确本次预习要求,回答预习要求中提出的问题。

(2) 明确实验目的、原理、方法、实验进程和关键步骤及注意事项。

(3) 写出预习报告。预习报告主要包括以下几部分:实验名称、目的、简要原理(或计算公式、受力图、电路图或光路图等)、所用仪器(包括仪器型号)、主要内容和步骤、注意事项及设计实验数据记录表格等。

### 二、课堂操作

(1) 学生进入实验室,首先由教师检查预习报告,回答教师提问的问题。

(2) 在教师讲解和指导下,进一步理解实验原理和仪器的调整及使用方法,进一步明确实验的具体步骤。

(3) 将仪器安装调整好,或将电路连接好,经教师检查认可后,开始实验。

(4) 测量时, 应按测量误差和有效数字要求读取并记录数据。当实验结果与环境温度、气压有关时, 应及时记下当时的环境数据。

(5) 数据要交教师审核, 如不符合要求, 必须重做。

(6) 几人合作的实验要相互协作, 不要一人包办代替。

(7) 实验做好后, 必须将仪器整理好, 养成良好的工作习惯。

### 三、完成实验报告

实验报告是实验的全面总结。报告要求写得简明扼要, 文字通顺, 字体端正, 图表规范, 实验报告应独立完成, 不得抄袭。

实验报告一般包括以下几部分:

(1) 实验名称;

(2) 实验目的;

(3) 简要原理;

(4) 实验仪器;

(5) 实验内容及步骤;

(6) 注意事项;

(7) 数据处理与分析;

(8) 解答思考题。

由以上内容看, 它可以在预习报告基础上完善, 最终完成实验报告。

### 【本章参考文献】

洪炜宁. 2007. 大学物理实验. 北京: 中国农业出版社.

沈元华, 陆申龙. 2004. 基础物理实验. 北京: 高等教育出版社.

赵青生. 2009. 新编大学物理实验. 合肥: 安徽大学出版社.

张志东, 魏怀鹏, 展勇等. 2010. 大学物理实验. 北京: 科学出版社.

## 第二章 实验数据的处理

### 第一节 测量的基础知识

定量描述物理现象就要进行测量。由于主客观方面不可避免的因素，测量值不可能与真实值完全一致，即存在着测量误差。误差理论是一种专门的理论，这里，我们仅从应用的角度介绍测量和误差的一些基本知识。

#### 一、测量的定义

测量就是将被测量与规定作为标准的标准量进行比较，并确定其比值的过程，其内容涉及测量的实施和与测量有关的原理、程序、影响因素等。

##### 1. 真值

表征在研究某量时所处的条件下，完善的、确定的量值叫真值。测量值是指用数和适当的单位表示的值，如  $67.5\text{ kg}$ ， $36.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  等。定义中强调两点：一是“在研究某量所处的条件下”；二是“完善的和确定的量值”。这既体现了真值的客观实在性，又排除了真值的宏观取值的不确定性。因此，真值是理想概念，一般不可能准确知道。

##### 2. 约定真值

为了给定目的和用来替代真值的量值称之约定真值。一般说来，约定真值被认为是非常接近真值的，就给定目的而言，其差值可以略去不计。

#### 二、测量的分类

在测量中，根据给定的原理，所涉及的理论运算和实际操作，叫测量方法。测量方法大致可分为以下几类：

##### 1. 直接测量和间接测量

不需对与被测量有函数关系的量进行测量，就能直接得到被测量的测量方法，叫直接测量方法。如用刻度尺测量长度，用等臂天平测量质量等。

通过对与被测量有函数关系的其他量进行测量，从而通过函数关系确定被测量的值的测量方法，叫间接测量法。如通过测量电压  $U$  和电阻  $R$ ，由公式  $I=U/R$  计算出电流  $I$ 。在某些情况下，由于直接测量有困难或直接测量的精度达不到预定要求时，需要采用间接测量。

##### 2. 静态测量和动态测量

测量方法根据被测量在测量过程的状态划分为静态测量和动态测量两种。在测量过程中，量值可认为是恒定的测量，叫静态测量。量的瞬时值随时间而变化的测量，叫动态测量。

##### 3. 等精度测量和不等精度测量

测量方法根据测量条件异同而划分为等精度测量和不等精度测量。所谓等精度测量，指



的是在测量过程中,相同的观测者在相同的地点、相同的条件下,使用相同的测量方法和仪器,在短时间内重复地对同一被测量进行多次连续测量。由于这种测量具有重复性,所以测量的可靠程度是相同的。

在精密测量中,为了获得更可靠、更精确的测量结果,往往在不同的条件下(如仪器、测量方法、观测次数和观测者等)进行测量与对比,叫不等精度测量。

### 三、测量的基本方法和仪器调整的基本原则

#### 1. 测量的基本方法

(1) 比较法。比较法是将被测物理量与同类型标准量进行比较,以测出其大小的测量方法。分为直接比较法和间接比较法两种。

① 直接比较法。将待测量与量具直接进行比较测出大小,称为直接比较法。它具有同量纲性、直接可比性和同时性。同量纲性即待测量与标准量的量纲相同。直接可比性是指待测量与标准量直接进行比较,从而获得待测量的量值。同时性为待测量与标准量的比较是同时发生的,没有时间的滞后和超前,如秒表计时。

② 间接比较法。它是更普遍的测量方法,多数物理量无法通过直接比较测出,往往需要利用物理量之间函数转换关系制成的仪器以简化测量过程。如电流表指示电流大小,它是将电流值转换成磁场值,再转换成安培力和弹性线圈的形变量来表征电流值的。

常用以下方法:

直读法——由标度尺或数字显示窗口示值,直接读出被测值。它操作简便,但有时准确度低。

示零法——天平测定物体质量时,天平指针指零;平衡电桥测电阻时,检流计指针指零等。以示零器示零为比较系统平衡的判据,并以此为测量依据的方法为示零法。其操作步骤繁杂,但精确度和精密度高。

交换法和替代法——当待测量无法与标准件直接比较时,可利用对某一物理过程的等效作用,用标准件替代待测量而得到测量结果。这种方法实质上是平衡测量法的引申,而且常被用来消除系统误差,提高测量的准确度。

(2) 放大法。一些微小物理量的测量,为了提高测量精度,常采用合适的放大法,选用相应的测量装置将被测量放大后再进行测量。常用的放大方法有累计、机械、光学和电子放大法。

① 累计放大法。此法是将若干个待测量累计后进行测量。如测量均匀细丝直径,可并排密绕 50 匝,量出宽度得到待测值。

② 机械放大法。可利用机械部件之间的集合关系,使测量显示放大,螺旋放大就是一种典型的机械放大法。如螺旋测微器的机械系统螺旋测微装置。

③ 电子放大法。测量变化的电信号或利用微弱的电信号进行控制,需要利用电子放大器将弱电放大,进行有效地观察、控制和测量,它由电子线路来实现。

④ 光学放大法。视角放大:由于人眼视觉分辨率的限制,将待测物通过放大镜、显微镜和望远镜等光学仪器等形成放大的像,增大人眼的视角。角放大:利用反射原理和旋转偏折作用,将角度偏转量转化成位移放大量,获得测量精度的提高。如光杠杆和复射式光点检流计等。