

高等院校精品课程实验教材  
高等院校大学物理实验立体化教材

# 大学物理实验

(基础部分)

朱基珍 主编  
莫济成 黄榜彪 副主编



华中科技大学出版社  
<http://www.hustp.com>

高等院校精品课程实验教材  
高等院校大学物理实验立体化教材

# 大学物理实验

(基础部分)

主 编 朱基珍  
副主编 莫济成 黄榜彪  
参 编 黄 刚 周 江 禰汉元

华中科技大学出版社  
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验(基础部分)/朱基珍 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2010年1月  
ISBN 978-7-5609-5811-8

I. 大… II. 朱… III. 物理学-实验-高等学校-教材 IV. O4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 208361 号

大学物理实验(基础部分)

朱基珍 主编

责任编辑:冯传禄

封面设计:潘 群

责任校对:周 娟

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:湖北万隆印务有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:17

字数:425 000

版次:2010年1月第1版

印次:2010年1月第1次印刷

定价:29.00元

ISBN 978-7-5609-5811-8/O·515

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

## 内 容 提 要

本套教材是根据教育部高等学校非物理类专业物理基础课程教学指导委员会《非物理类学科大学物理实验课程教学基本要求》的要求,借鉴国内外近年来物理实验教学内容和课程体系改革与研究成果,结合广西工学院多年来的教改成果、课程建设的实践经验编写而成的。本套书体现分层教学、开放教学、研究性教学的实验教学新要求,为非物理类专业大学物理实验教材。全套共分为两册,第一册《大学物理实验(基础部分)》,适用于基础实验教学;第二册《大学物理实验(提高部分)》,适用于提高型、研究型实验教学。

全书通过穿插“拓展阅读”内容,不仅把物理学的发展简史呈现出来,反映了物理实验在物理学发展中的作用,并对目前先进测量技术作了介绍,从而给学生以良好的实验意识启发。为方便教学,本套书有配套的光盘出版。

## 前 言

《大学物理实验》分基础和提高两册,配合使用,实现物理实验的分层教学。本册为基础部分,用于分层教学的基础教学,适用于高等院校非物理类专业的本科各专业学生使用,也可作为实验技术人员和有关教师的参考用书。本册全书分为六章,第一章介绍物理实验基础知识与基本训练,第二章介绍测量误差和实验数据处理,第三章为力热学实验(共12个),第四章为电磁学实验(共10个),第五章为光学实验(共8个),第六章为近代物理实验(共8个)。每个实验均有学习要点和学习观察,使学生预习有目的,学习有重点,复习有总结,研究有拓展。每个实验均有必做内容与选做内容,能满足学生个性发展的需要。书中的穿插内容——拓展阅读,使读者能快捷地了解物理学的发展简史,也能从一些典型的实验例子中体会出物理实验在物理学发展中的作用。

朱基珍教授主持全书的编写、统稿和审定工作,并具体负责对绪论、第1章、第2章、附录等部分的编写;黄榜彪教授级高级工程师负责全书的审稿工作,并与朱基珍教授共同完成拓展阅读内容的编写工作;周江负责第3章的编写;莫济成负责第4章(实验16除外)的编写;黄刚负责第5章及实验16的编写;禤汉元负责第6章的编写。张秀彦、肖荣军、杨浩、叶茂芳等参加了本书的核对工作。

本书编写过程中得到了广西教育厅、广西工学院相关领导的大力支持及“十一五”期间第二批广西高等学校重点教材立项项目经费和广西工学院教材建设立项项目经费的资助,在此表示感谢。

由于我们的水平和条件有限,书中一定存在着欠缺和不妥之处,真诚地希望各位读者提出建议及予以指正。

编 者

2009年10月

# 目 录

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 绪论                          | (1)   |
| 一、物理学与物理实验                  | (1)   |
| 二、物理实验课程的教学目的与要求            | (1)   |
| 三、实验报告书写格式                  | (3)   |
| 四、物理实验课程的基本程序               | (8)   |
| 第 1 章 物理实验基础知识与基本训练         | (9)   |
| 1.1 物理实验基础知识                | (9)   |
| 1.2 实验操作的基本要求               | (12)  |
| 1.3 物理实验基本训练                | (13)  |
| 复习提要                        | (20)  |
| 拓展阅读 1 长度单位“米”的定义发展历程       | (22)  |
| 第 2 章 测量误差和实验数据处理           | (24)  |
| 2.1 测量与误差                   | (24)  |
| 2.2 有效数字                    | (31)  |
| 2.3 测量的不确定度和测量结果评定          | (34)  |
| 2.4 实验数据的处理方法               | (43)  |
| 复习提要                        | (52)  |
| 习题                          | (52)  |
| 拓展阅读 2 物理学发展简史与物理学的五次大综合(上) | (55)  |
| 第 3 章 力学和热学实验               | (58)  |
| 实验 1 长度测量和固体密度测定            | (58)  |
| 实验 2 验证牛顿第二定律               | (65)  |
| 实验 3 重力加速度的测定               | (72)  |
| 实验 4 用刚体转动仪测刚体转动惯量          | (76)  |
| 实验 5 用三线摆测刚体转动惯量            | (80)  |
| 实验 6 用拉伸法测定金属丝的杨氏弹性模量       | (86)  |
| 实验 7 用落球法测定液体的粘滞系数          | (92)  |
| 实验 8 固体线热膨胀系数的测定            | (97)  |
| 实验 9 空气比热容比的测定              | (101) |
| 实验 10 液体表面张力系数测定            | (106) |
| 拓展阅读 3 物理学发展简史与物理学的五次大综合(下) | (110) |
| 第 4 章 电磁学实验                 | (113) |
| 电磁学实验仪器及器件介绍                | (113) |
| 电源                          | (113) |
| 直流电表                        | (113) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 电阻                        | (116) |
| 实验 11 测量二极管的伏安特性          | (118) |
| 实验 12 用直流电桥测电阻            | (122) |
| 实验 13 非平衡电桥的原理和应用         | (127) |
| 实验 14 用感应法测量螺线管磁场         | (131) |
| 实验 15 电子荷质比 $e/m$ 的测量     | (135) |
| 实验 16 用模拟法测绘静电场           | (139) |
| 实验 17 示波器的使用              | (143) |
| 实验 18 RC 串联电路的暂态过程        | (150) |
| 拓展阅读 4 卡文迪许实验室简介          | (154) |
| <b>第 5 章 光学实验</b>         | (158) |
| 光学实验预备知识                  | (158) |
| 常用光源                      | (160) |
| 实验 19 薄透镜焦距的测定            | (162) |
| 实验 20 照相技术                | (167) |
| 实验 21 等厚干涉及其应用——牛顿环、劈尖    | (177) |
| 实验 22 用分光计测定三棱镜的折射率       | (185) |
| 实验 23 光栅的衍射               | (194) |
| 实验 24 光的偏振                | (199) |
| 实验 25 用旋光仪测溶液的旋光率及浓度      | (204) |
| 拓展阅读 5 历史上最出色的十大物理实验      | (209) |
| <b>第 6 章 综合性及近代物理实验</b>   | (212) |
| 实验 26 用迈克尔逊干涉仪测激光波长和空气折射率 | (212) |
| 实验 27 夫兰克——赫兹实验           | (220) |
| 实验 28 密立根油滴实验             | (226) |
| 实验 29 光电效应测定普朗克常数         | (232) |
| 实验 30 霍尔效应                | (239) |
| 实验 31 固体导热系数的测定           | (249) |
| 拓展阅读 6 5 个物理实验的巧妙设计       | (253) |
| <b>附录</b>                 | (257) |
| 附录 A 中华人民共和国法定计量单位        | (257) |
| 附录 B 一些常用的物理数据表           | (260) |

# 绪 论

## 一、物理学与物理实验

科学实验是理论的源泉,是自然科学的根本,是工程技术的基础,同时科学理论对实验起着指导作用。因此,我们要处理好实验和理论的关系,在学好理论知识的同时,也要重视科学实验,重视进行科学实验训练的实验课程的学习。

物理实验是科学实验的重要组成部分之一,物理实验在科学、技术的发展中有着独特的作用。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了电气时代;原子物理学、量子力学的发展,促进了半导体、原子核、激光、计算机技术的迅猛发展。然而物理学本质上是一门实验科学。三四百年前,伽利略和牛顿等人,以科学实验方法研究自然规律,逐渐形成了一门物理科学。从此,诸多物理概念的确立、物理规律的发现、物理理论的建立都依赖于实验,并受实验的检验。

翻开物理学史,我们可以看到,如果没有法拉第等实验科学家通过对电磁学实验的研究发现电磁感应定律等一系列实验规律,麦克斯韦就不可能建立麦克斯韦方程组;在确定了经典电磁学理论后,麦克斯韦预言了电磁波的存在,经过赫兹的实验研究,证实了电磁波的存在,从而使经典电磁学理论更为人们信服;被称为“牛顿以来最伟大的发现之一”的能量量子化概念,就是在人们面对黑体辐射实验,遇到了运用经典理论无法克服的困难时,普朗克紧紧抓住了德国物理学家康尔鲍姆和鲁本斯对热辐射光谱所作的新的精确测量结果,大胆地提出了能量量子化的假设,并运用合理的数学方法,从理论上建立符合实验结果的黑体辐射公式,为量子力学的发展开辟了道路。这样的例子还有很多,物理实验在物理学发展过程中起着关键的作用。

事实上,物理实验不仅在物理学自身的发展中发挥着重要的作用,而且在推动其他科学及工程技术的发展中也起着重要的作用。特别是近代各学科相互渗透,发展了许多交叉学科,如爆炸力学、工程力学、生物力学、材料力学、海洋光学、空间光学、金属物理学、建筑声学等,物理实验的构思、方法和技术与化学、生物学等学科相互结合已经取得丰硕的成果。

## 二、物理实验课程的教学目的与要求

### (一) 物理实验课程的地位与作用

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式、相互作用及其转化规律的学科。它的基本理论渗透在自然科学的各个领域,应用于生产技术的许多部门,是自然科学和工程技术的基础。

在人类追求真理、探索未知世界的过程中,物理学展现了一系列科学的世界观和方法论,深刻影响着人类对物质世界的基本认识、人类的思维方式和社会生活,是人类文明的基石,在人才的科学素质培养中具有重要的地位。

物理学本质上是一门实验科学,物理实验是科学实验的先驱,体现了大多数科学实验的共性,在实验思想、实验方法以及实验手段等方面是各学科科学实验的基础。

物理实验课是高等院校对理工科学生进行科学实验基本训练的必修基础课程,是本科生



接受系统实验方法和实验技能训练的开端。物理实验课覆盖面广,具有丰富的实验思想、方法、手段,同时能提供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、理论联系实际和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) 物理实验课程的具体任务

(1) 培养学生的基本科学实验技能,提高学生的科学实验基本素质,使学生初步掌握实验科学的思想和方法。培养学生的科学思维和创新意识,使学生掌握实验研究的基本方法,提高学生的分析能力和创新能力。

(2) 提高学生的科学素养,培养学生理论联系实际和实事求是的科学作风,认真严谨的科学态度,积极主动的探索精神,遵守纪律,团结协作,爱护公共财产的优良品德。

## (三) 物理实验课程教学内容的基本要求

根据“非物理类理工学科大学物理实验课程教学基本要求”,大学物理实验包括普通物理实验(力学、热学、电学、光学实验)和近代物理实验,具体的教学内容基本要求如下:

### 1. 掌握测量误差的基本知识,具有正确处理实验数据的基本能力。

(1) 掌握测量误差与不确定度的基本概念,能逐步学会用不确定度对直接测量和间接测量的结果进行评估。

(2) 掌握处理实验数据的一些常用方法,包括列表法、作图法、逐差法和最小二乘法等。随着计算机及其应用技术的普及,应包括用计算机通用软件处理实验数据的基本方法。

### 2. 掌握基本物理量的测量方法。

例如:长度、质量、时间、热量、温度、湿度、压强、压力、电流、电压、电阻、磁感应强度、光强度、折射率、电子电荷、普朗克常量、里德堡常量等常用物理量及物性参数的测量,注意加强数字化测量技术和计算技术在物理实验教学中的应用。

### 3. 了解常用的物理实验方法,并逐步学会使用。

例如:比较法、转换法、放大法、模拟法、补偿法、平衡法和干涉法、衍射法,以及在近代科学研究和工程技术中的广泛应用的其他方法。

### 4. 掌握实验室常用仪器的性能,并能够正确使用。

例如:长度测量仪器、计时仪器、测温仪器、变阻器、电表、交/直流电桥、通用示波器、低频信号发生器、分光计、光谱仪、常用电源和光源等常用仪器。

各校应根据条件,在物理实验课中逐步引进在当代科学研究与工程技术中广泛应用的现代物理技术,例如,激光技术、传感器技术、微弱信号检测技术、光电子技术、结构分析波谱技术等。

### 5. 掌握常用的实验操作技术。

例如:零位调整、水平/铅直调整、光路的共轴调整、消视差调整、逐次逼近调整、根据给定的电路图正确接线、简单的电路故障检查与排除,以及在近代科学研究与工程技术中广泛应用的仪器的正确调节。

### 6. 适当了解物理实验史料和物理实验在现代科学技术中的应用知识。

## (四) 物理实验课程能力培养基本要求

1. 独立实验的能力——能够通过阅读实验教材、查询有关资料和思考问题,掌握实验原理及方法、做好实验前的准备;正确使用仪器及辅助设备、独立完成实验内容、撰写合格的实验报告;培养学生独立实验的能力,逐步形成自主实验的基本能力。

2. 分析与研究的能力——能够融合实验原理、设计思想、实验方法及相关的理论知识对实验结果进行分析、判断、归纳与综合。掌握通过实验进行物理现象和物理规律研究的基本方法,具有初步的分析与研究的能力。

3. 理论联系实际的能力——能够在实验中发现、分析问题并学习解决问题的科学方法,逐步提高学生综合运用所学知识和技能解决实际问题的能力。

4. 创新能力——能够完成符合规范要求的设计性、综合性内容的实验,进行初步的具有研究性或创意性内容的实验,激发学生的学习主动性,逐步培养学生的创新能力。

#### (五) 物理实验课程分层次教学基本要求

上述教学要求,应通过开设一定数量的基础性实验、综合性实验、设计性或研究性实验来实现。

1. 基础性实验:主要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,可涉及力、热、电、光、近代物理等各个领域的内容。此类实验为适应各专业的普及性实验。

2. 综合性实验:指在同一个实验中涉及力学、热学、电磁学、光学、近代物理等多个知识领域,综合应用多种方法和技术的实验。此类实验的目的是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。各校应根据本校的实际情况设置该部分实验内容(综合的程度、综合的范围、实验仪器、教学要求等)。

3. 设计性实验:根据给定的实验题目、要求和实验条件,由学生自己设计方案并基本独立完成全过程的实验。各校也应根据本校的实际情况设置该部分实验内容(实验选题、教学要求、实验条件、独立的程度等)。

4. 研究性实验:组织若干个围绕基础物理实验的课题,由学生以个体或团队的形式,以科研方式进行的实验。

设计性或研究性实验的目的是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和运用所学知识解决给定问题的能力。各校应根据本校的实际情况设置该类型的实验内容(包括实验选题的难、易,涉及的不同领域等)。

#### (六) 物理实验课程教学模式、教学方法的基本要求

1. 学校应积极创造条件建设开放物理实验室,在教学时间、空间和内容上给学生较大的选择自由。为一些实验基础较为薄弱的学生开设预备性实验以保证实验课教学质量;为学有余力的学生开设提高性实验,提供延伸课内实验内容的条件,以尽可能满足各层次学生求知的需要,适应学生的个性发展。

2. 创造条件,充分利用包括网络技术、多媒体教学软件等在内的现代教育技术丰富教学资源,拓宽教学的时间和空间。提供学生自主学习的平台和师生交流的平台,加强现代化教学信息管理,以满足学生个性化教育和全面提高学生科学实验素质的需要。

### 三、实验报告书写格式

实验报告是实验工作的全面总结,在实验课程中占有重要的地位。根据分层实验教学的要求,相应地实验报告也分基础(必做)实验报告和提高(必做)实验报告两种形式。实验报告书写要求如下:

#### (一) 基础(必做)实验报告

通过基础性实验,主要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、数据处理的理论与方法,并掌握实验报告的书写规范。所以,对于基础实验,实验报告的书写,有明确的规范要求,要用简明的形式将实验过程完整而又认真地表达出来,要用简练的语言撰写,要求字迹清楚、图表规范、结果正确。

### 1. 物理实验预习报告要求

#### 物理实验预习报告

实验项目名称: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_系, \_\_\_\_\_班, 姓名 \_\_\_\_\_ 组别 \_\_\_\_\_

学号(序号) \_\_\_\_\_ ( ) 仪器编号 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

指导教师签字:

年 月 日

实验目的:

实验仪器(名称、型号、精度等):

实验简要原理:

本实验最终测量量为:

其国际单位为:

测量公式为:

其中已知量为(含单位):

待测量为(含单位):

疑难问题及其他:

## 2. 物理实验报告要求

### 物理实验报告(基础)

实验项目名称: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_系, \_\_\_\_\_班, 姓名 \_\_\_\_\_ 组别 \_\_\_\_\_  
 学号(序号) \_\_\_\_\_ ( ) 仪器编号 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

| <p>指导教师意见:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 是否填表头: <input type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>否</li> <li>2. 原始数据(经教师签字): <input type="checkbox"/>有 <input type="checkbox"/>否</li> <li>3. 实验报告完整性(完整、缺目的、缺仪器、缺原理、缺步骤、缺数据处理、缺误差分析、缺做思考题)</li> <li>4. 数据处理存在问题(公式错、有效数字错、单位无或错、未掌握结果的规范表示、数据处理不完整)</li> <li>5. 原理、步骤叙述不到位。</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                | <p>实验报告质量(A、B、C、D、E)</p><br><br><br><p>实验报告成绩:</p><br><br><br><p>指导教师签字:</p><br><br><p style="text-align: right;">年    月    日</p> |       |      |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>实验目的:</p><br><br><br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                   |       |      |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <p>实验仪器(名称、型号、精度等):</p><br><br><br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                   |       |      |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <p>实验原理:</p><br><br><br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                   |       |      |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <p>实验内容及步骤:</p><br><br><br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                   |       |      |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <p>实验记录(课堂上完成):</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">测量工具</th> <th style="width: 25%;">测量范围</th> <th style="width: 25%;">最小分度值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <p style="margin-top: 10px;">自拟表格记录原始数据(用钢笔或圆珠笔记录,涂改无效)</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <p>指导教师签字:</p> <p>日期:</p> </div> |                                                                                                                                   | 测量工具  | 测量范围 | 最小分度值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 测量工具                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 测量范围                                                                                                                              | 最小分度值 |      |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                   |       |      |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                   |       |      |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                   |       |      |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                   |       |      |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

数据处理及结果:

误差分析:

思考题:

创新能力培养(对实验的建议、改进意见或学习收获):

## (二) 提高(选做)实验报告

提高实验的实验目的是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,提高学生利用资料的能力及对实验方法和实验技术的综合运用能力。为了培养学生的创新意识,对选做实验报告,不拘格式,可以按以下要求书写,也可写成总结报告或论文形式。

### 物理实验报告(提高)

实验项目名称: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ 系, \_\_\_\_\_ 班, 姓 名 \_\_\_\_\_ 组 别

学号(序号) \_\_\_\_\_ ( ) 仪器编号 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

从预习、设计到位程度、实验操作完成效果、数据处理及创新意识培养等几个环节进行综合评分。

成绩:

指导教师签字:  
 年 月 日

以下栏目实验前完成

实验任务：

查阅资料：

选用仪器(名称、型号、精度等)：

实验原理设计：

实验步骤设计：

拟采用的数据处理方法(作图法、计算法或只对现象进行分析等)：

实验记录(课堂完成)：

指导教师签字：

日期：

以下项目实验后继续完成

实验数据处理或现象分析:

创新意识培养(实验分析:应用现状或前景分析、收获体会、改进意见)

## 四、物理实验课程的基本程序

### (一) 基础(必做)实验教学的基本程序

#### 1. 实验前的预习

课堂上进行实验的时间有限,充分了解实验内容、理解实验原理、熟悉实验仪器,对在课堂上完成实验教学任务、提高课堂教学质量是至关重要的。为了有效地利用课堂上的时间,高质量地完成实验教学任务,要求课前对所要进行的实验内容进行充分的预习,实验预习可按以下步骤进行:

(从课程网站上或实验分组表上)了解实验项目→理论预习(阅读教材内容、参考资料、网站上相关内容),熟悉实验目的、内容、原理、步骤等→了解实验仪器(来自网站或通过课外开放的预约到实验室熟悉)→完成简要的预习报告→记录疑难问题。

总之,在课前对所要进行的实验,要做到心中有数,以便在课堂上能够抓住实验的关键,提高实验课堂学习效率。

#### 2. 进行实验

教师统一做必要的讲解→学生动手进行实验操作,教师巡堂指导→记录实验条件、现象和原始数据→教师检查与签字→整理仪器→离开实验室。

#### 3. 撰写实验报告

按照上述必做实验报告的格式及各实验教师的具体要求,认真地撰写实验报告。

### (二) 提高(选做)实验教学的基本程序

浏览课程网站提供的开放实验项目及教材→预约实验项目或自带实验课题、预约实验时间→进行充分的实验课前学习和实验设计(资料来源:网站内容、教材内容、图书馆参考书等)→课堂实验(学生为主体,教师起辅助作用)→按上述开放实验报告的要求完成实验报告或根据具体情况完成实验总结报告或小论文。

# 第 1 章 物理实验基础知识与基本训练

## 1.1 物理实验基础知识

### 一、基本单位与导出单位,基本物理量与导出物理量

物理量的大小是由数值和单位结合在一起表示的,每一个物理量都必须规定出它们的单位。因为各个物理量之间并不是相互独立的,而是由许多物理定义和物理规律联系起来的,所以,只要规定了少数几个物理量的单位,其他物理量的单位就可以根据定义或物理规律推导出来。独立定义的单位叫做基本单位,所对应的物理量叫做基本量。由基本单位导出的单位叫做导出单位,对应的物理量叫做导出量。物理量的单位均以国际单位制(SI)为基础。在国际单位制中,米(长度)、千克(质量)、秒(时间)、安培(电流强度)、开尔文(热力学温度)、摩尔(物质的量)和坎德拉(发光强度)为基本单位,其他单位均为导出单位。各基本单位对应的物理量、单位符号、定义等见表 1-1-1。

表 1-1-1 基本单位、符号、定义

| 国际单位制基本单位 |        |      |                                                                                                                                                                                     |
|-----------|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 基本物理量     | 单位名称   | 单位符号 | 定 义                                                                                                                                                                                 |
| 长度        | 米      | m    | 1983 年 10 月在巴黎召开的第十七届国际计量大会决定,米是 1/299792458 秒的时间间隔内光在真空中行程的长度。                                                                                                                     |
| 质量        | 千克(公斤) | kg   | 1889 年第一届国际计量大会选定,1901 年第三届国际计量大会上被正式定义:千克等于国际千克原器的质量。国际千克原器是保存在法国巴黎国际计量局中的一个特制的、直径为 39 mm 的铂圆柱体。                                                                                   |
| 时间        | 秒      | s    | 1967 年第十三届国际计量大会通过了目前新的时间定义:“秒是铯-133 原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的 9192631770 个周期的持续时间”。                                                                                                  |
| 电流强度      | 安培(安)  | A    | 1948 年第九届国际计量大会上批准,1960 年第十一届国际计量大会上,安培被正式采用为国际单位制的基本单位之一。安培的定义:在真空中,横截面积可忽略的两根相距 1 米的无限长平行圆直导线内通以等量恒定电流时,若导线间相互作用力在每米长度上为 $2\times 10^{-7}$ 牛顿,则每根导线中的电流为 1 安培。安培是为纪念法国物理学家安培而命名的。 |
| 热力学温度     | 开尔文(开) | K    | 在 1954 年第十届国际计量大会上正式定义:以绝对零度(0K)为最低温度,规定水的三相点的温度为 273.16 K,1 K 等于水三相点温度的 1/273.16。1960 年第十一届国际计量大会规定热力学温度以开尔文为单位,简称“开”,用 K 表示。开尔文是为了纪念英国物理学家 Lord Kelvin 而命名的。                      |



续表

| 国际单位制基本单位 |        |      |                                                                                                                               |
|-----------|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 基本物理量     | 单位名称   | 单位符号 | 定 义                                                                                                                           |
| 物质的量      | 摩尔(摩)  | mol  | 1971 年第十四届国际计量大会决定：<br>①摩尔是一系统的物质的量，该系统中所包含的基本单元数与 0.012 千克碳-12 的原子数目相等；<br>②在使用摩尔时，基本单元应予指明，可以是原子、分子、离子、电子及其他粒子，或是这些粒子的特定组合。 |
| 发光强度      | 坎德拉(坎) | cd   | 1979 年第十六届国际计量大会上决定：坎德拉是一光源在给定方向上的发光强度，该光源发出频率为 $540 \times 10^{12}$ 赫兹的单色辐射，且在此方向上的辐射强度为 1/683 瓦特每球面度。                       |

二、基本量的测量

1. 长度测量

长度的测量：长度量范围很广，包括位移、距离及长度等，有天文尺度量、常规尺度量和微观尺度量。对于天文尺度量，常用的测量方法有：三角视差法、激光测距法（如对地球和月球的距离测量）；根据开普勒第三定律，通过间接方法进行（如对地球和太阳之间的距离测量）；分光视差法、哈勃红移法（如对恒星距离的测量）。常规尺度通常指千米级到毫米级的几何尺度，对于常规尺度量的测量，常用的方法有普通测量、超声波测量和激光测量等。对于微观尺度量，主要有电学测量、光学测量和显微镜测量。物理实验中，主要对常规尺度量和微观尺度量进行测量，测量的常用工具有：钢直尺、钢卷尺、游标卡尺、千分尺、千分表、测微目镜、读数显微镜、电涡流传感器、电容传感器、电感传感器、光栅传感器、激光干涉仪等。

2. 质量测量

质量测量的范围很广，小到微观粒子，大到宇宙天体，大约横跨 72 个数量级，如电子质量数量级约为  $10^{-30}$  kg，地球质量的数量级约为  $10^{24}$  kg，太阳、银河系等天体的质量则更大。我们日常常用的测量方法和手段，一般不超出  $10^{-7} \sim 10^6$  kg 的范围。质量测量最常用的仪器有各种磅（如地磅、吊磅等）、各种秤（如电子秤、弹簧秤等）和各种天平（如物理天平、分析天平等）。

3. 时间测量

时间测量的范围也很广，从天文学的宏观领域到物理学的微观领域，数量级在  $10^{-24} \sim 10^{38}$  s 的范围内。时间测量的基准经历了世界时、历书时，现在已进入到原子时。自从 1955 年英国皇家物理实验室成功研制成世界第一台铯原子频率标准以来，每隔五年左右，时标的精确度就提高一个数量级（见表 1-1-2）。

表 1-1-2 时标精确度的提高

| 年 份      | 1955      | 1960       | 1965       | 1970       | 1975       |
|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| 时标精确度(s) | $10^{-9}$ | $10^{-10}$ | $10^{-11}$ | $10^{-12}$ | $10^{-13}$ |

时间测量包含两个最基本的内容：一是时间间隔的测量，它是指测量客观物理运动（或变