



高等学校“十三五”规划教材

# 大学物理实验

**W** DAXUE  
ULISHIYAN

◎主 编 李 林  
◎副主编 张邵政 吴新全



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

高等学校“十三五”规划教材

# 大学物理实验

主 编 李 林

副主编 张绍政 吴新全

西安电子科技大学出版社

## 内 容 简 介

本书根据教育部颁发的《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》，总结衢州学院大学物理实验课程教学改革的实践经验编写而成。

全书共三篇八章。第一篇为物理实验基本知识、方法和技能，分为误差理论及数据处理基础、常用测量方法和物理实验基本技能；第二篇为大学物理实验，分为基础性实验、综合性实验和设计性实验；第三篇为拓展物理实验，分为趣味性物理演示实验和计算机仿真物理实验。在附录中介绍了世界十大经典物理实验、诺贝尔物理学奖及卡文迪许实验室等。本书的定位是基础性实验课程，在总体设计上力求贯彻“以生为本，能力为重”的教育理念，注重培养和发挥学生学习的积极性、主动性与创造性，有利于实施“以导引学，先学后教，多学少教，会学不教”的课堂教学方式，既保证基本训练，又使学生的创新意识和能力受到启发与训练。

本书既可作为各类高等学校工科专业和理科非物理专业大学物理实验教材，也可供其他专业参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/李林主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2018. 12

ISBN 978 - 7 - 5606 - 5138 - 5

I. ① 大… II. ① 李… III. ① 物理学—实验—高等学校—教材 IV. ① O4 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 255708 号

策划编辑 李 伟

责任编辑 文瑞英 雷鸿俊

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 北京虎彩文化传播有限公司

版 次 2018年12月第1版 2018年12月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 22

字 数 526千字

定 价 50.00元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 5138 - 5/O

**XDUP 5440001 - 1**

\* \* \* 如有印装问题可调换 \* \* \*

# 前 言

大学物理实验课是高等学校理工类专业学生的必修基础课程，是本科生接受系统实验方法和实验技能训练的开端，是一系列后续专业实验课程的重要基础。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应用能力等方面具有其他实践类课程不可替代的作用。

为贯彻落实教育部颁发的《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》(下称《基本要求》)，适应 21 世纪高素质、强能力的多层次人才需求，体现把我校建设成为一所以工为主、特色鲜明的应用型本科院校的办学理念，我们编写了这本适合于“二本”培养层次、具有广阔覆盖面和足够实验项目的大学物理实验教材。本教材的编写具有以下几个特点：

在体系编排上，突破了传统的以力学、热学、电磁学、光学和近代物理知识为顺序且各成系统的课程框架结构，建立了和《基本要求》相适应的多模块、多层次的大学物理实验课程体系。教材按实验基本知识、基础性实验、综合性实验、设计性实验、趣味物理演示实验和计算机仿真实验等模块分层次编排，以更好地体现分类指导与因材施教的原则。

在内容选取上，教材定位在基础性实验课程，精选那些比较经典、相对稳定，又具有迁移价值的物理实验项目。同时，为了调动和发挥学生学习的主动性、自主性和创造性，加大了综合性与设计性实验的比重。例如，教材选入了在化学、生物、环境、食品卫生、医疗和制药等领域得到广泛应用，现已成为一种新型光电检测技术的表面等离子体共振实验；具有设计性、趣味性、开放性和拓展性特点的电磁学自主设计性系列实验和传感器自主设计性系列实验。这样既保证了基本训练，又提高了实验的综合性以及与现代高科技发展的衔接性。

在实验指导上，每一个实验的开头都简要地叙述了该实验的意义或提供一些背景知识，尽可能地介绍一些与实验相关的实验技术、应用情况及其展望，以期激发学生的学习热情。实验原理的论述力求简明扼要、深入浅出和通俗易懂。实验仪器的介绍每个项目都配有实物全景图片，并有较为详尽的文字叙述。实验内容大都说明得比较具体详细，以便学生独立完成实验。在结尾处给出思考题，促使学生在预习过程中积极思考。有些实验除基本要求外，还附有一些较灵活的提高内容，在书中以“\*”号的形式表示，供有潜力的学生作进一步的钻研。核心内容或需特别注意处都用黑体突出显示。

在数据处理上，对基础性实验，每个实验均给出了完整的数据记录表格及数据处理要求，以规范学生的实验行为。对综合性和设计性实验，有些实验只给出部分或不给出数据记录表格，要求学生自行根据实验内容去设计。数据处理的技术平台定位在 Excel 软件，专门列出一节详细介绍如何用它来处理物理实验数据。此外，我们特别设计与本教材相配套的实验报告册，每次实验课都要求学生课前完成实验预习报告，课中如实填写实验原始数据，课后写出完整规范的实验报告。通过以上各环节来培养学生在实验方法、实验技

能、误差分析和总结报告等各方面初步的能力以及严谨的科研作风。

在素质培养上，我们注意到理工科教材的主要功能是培养和提高学生的业务素质，但也应该兼具培养其他多方面素质的功能。为此我们在教材中编入一些既与课程内容相关，又有一定知识性和广延性的内容，如“世界十大经典物理实验”、“诺贝尔物理学奖与物理实验”和“物理实验室的典范——卡文迪许实验室”等。篇幅不大，只起一个引导作用。

本教材的编写，得到了衢州学院教务处、教师教育学院领导的大力支持，以及浙江工业大学物理实验中心主任隋成华教授、副主任魏高尧高级工程师的鼎力相助。在此，编者谨向他们表示诚挚的敬意和衷心的感谢！

由于成书时间匆忙和编者水平所限，书中难免有疏漏、错误之处，敬请读者批评指正，并在使用过程中，把您的意见和建议告诉我们，以利于我们今后作进一步的修订。

编者

2018年3月于衢州学院

# 目 录

绪论 .....	1
一、物理学与物理实验 .....	1
二、课程的地位、作用和任务 .....	2
三、课程的教学环节 .....	2
四、物理实验报告 .....	3
五、物理实验室守则 .....	8

## 第一篇 物理实验基本知识、方法和技能

第一章 误差理论及数据处理基础 .....	10
一、测量与误差 .....	10
二、有效数字及其规则 .....	15
三、测量结果的不确定度评定 .....	17
四、实验数据处理方法 .....	23
附 大学物理实验基础知识自测题 .....	29
第二章 常用测量方法 .....	32
一、比较法 .....	32
二、放大法 .....	33
三、转换法 .....	34
四、补偿法 .....	34
五、平衡法 .....	35
六、模拟法 .....	35
七、干涉、衍射法 .....	36
第三章 物理实验基本技能 .....	37
一、游标卡尺和螺旋测微计的正确使用与快速读数 .....	37
二、仪器基本调整和操作技术 .....	40
三、电磁学实验常用仪器及操作规范 .....	41
四、光学仪器的正确使用与维护 .....	46
五、用 Excel 软件处理实验数据 .....	47

## 第二篇 大学物理实验

第四章 基础性实验 .....	54
项目 1 气垫导轨验证牛顿第二定律 .....	54
项目 2 三线摆法测定物体转动惯量 .....	61
项目 3 气体比热容比测定 .....	67
项目 4 电学元件的伏安特性测量 .....	71

项目 5	电磁感应法测磁场分布 .....	79
项目 6	分光计测定三棱镜材料折射率 .....	85
<b>第五章</b>	<b>综合性实验 .....</b>	<b>94</b>
项目 7	金属丝杨氏模量测定 .....	94
项目 8	声速测量 .....	100
项目 9	固体导热系数测定 .....	107
项目 10	温度传感器特性研究 .....	112
项目 11	示波器的原理和使用 .....	121
项目 12	电表的改装及校准 .....	136
项目 13	光的等厚干涉 .....	141
项目 14	迈克尔逊干涉仪测定激光波长 .....	148
项目 15	霍尔效应及其应用 .....	153
项目 16	光电效应测定普朗克常数 .....	162
项目 17	弗兰克-赫兹实验 .....	169
项目 18	表面等离子体共振实验 .....	181
<b>第六章</b>	<b>设计性实验 .....</b>	<b>186</b>
项目 19	电磁学自主设计性系列实验 .....	189
项目 20	传感器自主设计性系列实验 .....	211

### 第三篇 拓展物理实验

<b>第七章</b>	<b>趣味物理演示实验 .....</b>	<b>240</b>
一、	力学演示实验 .....	240
二、	热学演示实验 .....	253
三、	电磁学演示实验 .....	255
四、	光学演示实验 .....	264
五、	其他演示实验 .....	271
<b>第八章</b>	<b>计算机仿真实验 .....</b>	<b>277</b>
仿真 1	凯特摆测定重力加速度 .....	278
仿真 2	动态磁滞回线测量 .....	285
仿真 3	太阳能电池的特性测量 .....	294
仿真 4	密立根油滴实验 .....	302
<b>附录</b>	<b>.....</b>	<b>314</b>
附录 A	世界十大经典物理实验 .....	314
附录 B	诺贝尔物理学奖与相关实验 .....	321
附录 C	物理实验室的典范——卡文迪许实验室 .....	331
附录 D	中华人民共和国法定计量单位 .....	337
附录 E	物理学常用数表 .....	340
参考文献	.....	344
大学物理实验基础知识自测题参考答案与评分标准	.....	345

# 绪 论

实验是科学理论的源泉，是工程技术诞生的摇篮。实验既是理论学家立论的基础，又是检验新理论正确性的标准，也是新技术出现的主要生长点，它广泛而深刻地影响着人类的文明与进步。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。物理实验在人才的科学素质培养中具有重要地位，学好物理实验课对于高校理工科学生是十分重要的。

## 一、物理学与物理实验

作为自然科学的带头学科，物理学研究的是大至宇宙小至基本粒子的一切物质最基本的运动形式和规律。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。大量事实表明，物理思想与方法不仅对物理学本身有价值，而且对整个自然科学，乃至社会科学的发展都有着重要的贡献。有人做过统计，自20世纪中叶以来，在诺贝尔化学奖、生理学和医学奖，甚至经济学奖的获奖者中，有一半以上的人具有物理学的背景，这意味着他们从物理学中汲取了智慧，转而在非物理领域里获得了成功。

物理学本质上是一门实验科学。在物理学史上，16世纪意大利物理学家伽利略(Galileo Galilei, 1564—1642)首先摒弃了形而上学的空洞的思辨，代之以敏于观察、勤于实验的实践，并把物理实验作为物理学系统理论的基础、依据和发展物理学必不可少的手段，从而使物理学走上了真正的科学道路。美国实验物理学家密立根(Robert Andrews Millikan, 1868—1953)在获诺贝尔物理学奖演说中，用非常形象的比喻说明了理论和实验在科学发展中的作用：“科学是用理论和实验这两只脚前进的，有时这只脚先迈出一步，有时是另一只脚先迈出一步，但是前进要靠两只脚”。爱因斯坦(Albert, Einstein, 1879—1955)说：“一个矛盾的实验结果，就足以推翻一种理论”。伦琴(Wilhelm Röntgen, 1845—1923)说：“实验是最有力的杠杆，我们可以利用这个杠杆，去撬开自然界的秘密”。在1901—2000年这百年诺贝尔物理学奖的获奖者中，有50位是理论物理学家，有111位是实验物理学家或技术物理学家。

实验是为了证实假设或发现未知而进行的行动或操作。检验理论正确性的唯一标准是实验，这方面的例子不胜枚举。例如对光的本性的认识，光的波动说与微粒说之争，从17世纪初笛卡儿提出两种假说开始，至20世纪初以光的波粒二象性告终，前后共经历了三百多年。牛顿、胡克、惠更斯、托马斯·杨及菲涅耳等多位著名科学家成为这一论战双方的主辩手，正是他们的努力揭开了遮盖在“光的本质”外面那层扑朔迷离的面纱，这当中，1801年托马斯·杨的杨氏双缝干涉实验和1887年赫兹的光电效应实验，起到了至关重要

的作用。人类的未知发现大都是在实验室发现的，这方面的例子也不胜枚举。例如使医学发生革命的 X 射线技术，就是德国著名物理学家伦琴于 1895 年 11 月 8 日傍晚在做一项试验的时候偶然发现的，他因此在 1901 年获得首个诺贝尔物理学奖。

### 二、课程的地位、作用和任务

随着物理学的发展，人类积累了丰富的实验思想、方法和手段，创造出了各种精密巧妙的仪器设备。同时，用于实验的数学方法以及计算机科学在实验中的应用等，使物理测量技术不断得到发展。这实际上已赋予物理实验以极其丰富的、不同于物理学本身的特有的内容，并逐步形成一门单独开设的具有重要教育价值和教育功能的实验课程。教育部颁发的《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》(下称《基本要求》)中明确指出：“物理实验课是高等学校理工科类专业学生的必修基础课程，是本科生接受系统实验方法和实验技能训练的开端”。

物理实验课不仅可以加深对物理学理论的理解，更重要的是能使同学们获得基本的实验知识、方法和技能，为后续专业实验课程及今后从事科学研究和工程实践打下扎实的基础。《基本要求》中指出：“物理实验课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，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应用能力等方面具有其他实践类课程不可替代的作用”。

本课程的教学目的和任务是：

(1) 学习实验基本知识、方法和技能。掌握测量误差、有效数字、测量结果的不确定度评定和常用实验数据处理方法。了解常用的实验方法。学会常用仪器的调整和使用。通过若干物理实验，加深对物理学原理的理解，提高对科学实验重要性的认识。

(2) 培养学生的科学实验能力：

① 信息处理能力。能够通过阅读教材或网络资料，正确理解实验原理及操作内容，做好实验前的准备工作。

② 动手实践能力。能够借助教材或仪器说明书，正确调整和使用仪器，能独立完成实验。

③ 思维判断能力。能够运用物理学理论，对实验现象进行初步的分析和判断。

④ 理论联系实际的能力。能够在实验中发现、分析问题并尝试解决问题。

⑤ 书面表达能力。能够正确记录和处理实验数据，绘制实验曲线，说明实验结果，撰写合格的实验报告。

⑥ 科学创新能力。能够完成简单的具有设计性内容的实验，即能根据课题要求确定实验的方法和条件、合理选择实验仪器、拟定具体的实验步骤、进行简单的具有研究性或创意性内容的实验。

(3) 提高学生的科学素养，使学生具有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，以及遵守纪律、团结协作和爱护公物的优良品德。

### 三、课程的教学环节

大学物理实验课程的教学由课前的实验预习、课中的实验操作和课后的实验报告 3 个

环节构成。

### 1. 课前的实验预习

实验预习是不可或缺的实验前期准备，主要要求学生搞清楚本实验“做什么，怎么做”的问题。同学们在课前一定要认真阅读实验教程和相关资料，明确实验的目的、原理和所需仪器，拟出实验步骤，然后在脑子中“操作”这一实验，思考有可能出现的问题和应得出怎样的结论，最后写出预习报告。

未完成预习报告者，教师有权停止其实验或对其实验成绩进行降档。

### 2. 课中的实验操作

实验操作是整个实验教学中的核心环节，主要是通过实验操作观察实验现象和记录实验原始数据。同学们进入实验室做实验，必须携带实验教材和实验报告册，遵守《学生实验守则》。应了解仪器的使用方法及注意事项，按规程操作仪器，正式测量之前应做试探性操作。不过分地依赖教师，尽可能自己独立完成实验，学会解决实验过程中出现的一些问题。仔细观察和认真分析实验现象，正确读取和如实记录实验原始数据，并对所得实验数据与理论预期是否一致作出粗略判断。实验完毕，应将数据送交教师审阅，待教师签字认可后，再拆除实验装置。

离开实验室前，必须按原样整理好所用仪器设备和做好相关卫生工作。

### 3. 课后的实验报告

实验报告是对实验的总结，主要完成实验数据处理和小结或讨论等工作。同学们应养成在实验操作后尽快写出实验报告的良好习惯。实验报告是一篇科学小论文，应文字通顺、字迹端正、图表规范、数据完备和结论明确。一份好的实验报告还应给同行以清晰的思路、深刻的见解和新的启迪。

数据处理必须按各个实验的要求进行。

实验的预习报告、观测记录 and 数据处理均要汇总为《大学物理实验报告册》。

## 四、物理实验报告

### (一) 实验报告的组成

物理实验报告通常分预习报告、观测记录 and 数据处理 3 个部分。

#### 1. 预习报告

预习报告在实验课前写好，内容包括：

(1) 项目名称。

(2) 实验任务。

(3) 实验仪器。

(4) 实验原理。在理解的基础上简要阐述本实验原理，切忌对内容根本未理解而大篇幅地照抄教材。阐述要力求图文并茂，图是指原理图、电路图或光路图等。写出实验所依据的主要公式，若是测定某个量，需说明直接测定哪些量，这些量各如何测出等。

(5) 实验内容。本实验具体要操作的内容。

(6) 注意事项。实验操作时应注意的一些问题。

#### 2. 观测记录

观测记录在实验课上完成，内容包括：

(1) 数据记录。通过实验操作、观察和测量,记录实验原始数据。所需表格应在实验课前在报告册上设计并画好。记录时要实事求是,绝不可为实验结果而对原始数据进行随心所欲的修改。

(2) 其他记录。记录实验日期、实验环境、仪器编号和同组人员等。这是一个好的工作习惯,便于以后必要时对实验进行复查。

### 3. 数据处理

数据处理在实验课后进行,内容包括:

(1) 数据处理。根据实验要求,采用合适的方法进行数据处理,最后写出实验结果。

(2) 实验小结。内容不限,可以是实验中的现象和误差分析,也可以是对实验关键问题研究的体会、实验的收获和建议等。

完成一个实验,就是一次最基本的科研训练。从实验预习、仪器操作、观测记录到数据处理等,每一步都有极其丰富的学习内容,要认真对待并积极思考,撰写合格的实验报告。

### (二) 实验报告范例

下边给出 2 个实验报告范例,供同学们参考。

#### 范例 1 测量结果的不确定度表示

**【项目名称】** 钢球体积测量

**【实验任务】**

用螺旋测微计测定钢球的体积。

**【实验原理】**

球体的体积公式为  $V = \frac{1}{6}\pi D^3$ , 因此,要测定一个钢球的体积  $V$ ,可先用螺旋测微计测量其直径  $D$ ,然后用公式计算出其体积。这里,  $D$  是直接测量,  $V$  是间接测量。

螺旋测微计主要由测微螺杆和螺母套管所组成,是利用螺旋推进原理而设计的,如图 1 所示。测微螺杆的后端连着圆周上刻有  $N$  分格的微分筒,测微螺杆可随微分筒的转动而进退。螺母套管的螺距一般取  $0.5\text{ mm}$ ,当微分筒相对于螺母套管转一周时,测微螺杆就沿轴线方向前进或后退  $0.5\text{ mm}$ ;当微分筒转过一小格时,测微螺杆则相应地移动  $\frac{0.5}{N}\text{ mm}$  距离。可见,测量时沿轴线的微小长度均能在微分筒圆周上准确地反映出来。比如  $N=50$ ,则能准确读到  $\frac{0.5}{50}=0.01\text{ mm}$ ,再估读一位,则可读到  $0.001\text{ mm}$ ,这正是称螺旋测微计为千分尺的缘故。

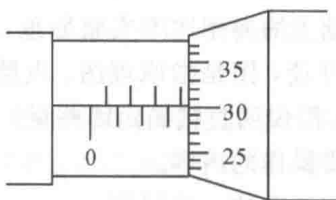


图 1 螺旋测微计

**【实验仪器】**

钢球、螺旋测微计。

**【实验内容】**

- (1) 在盒子中取出螺旋测微计，松开其锁紧装置，读取零值。
- (2) 用螺旋测微计测定钢球的直径，在其不同位置重复测量 5 次，将数据记入表 1 中。
- (3) 测量完成后，使螺旋测微计的测砧与测杆间留有一定的空隙，将它装回盒子中。

**【注意事项】**

将测量数据记入表 1 时，应计入螺旋测微计的零值。

**【数据与结果】**

表 1 钢球直径测量

螺旋测微计：零值 = 0.020 mm； $\Delta_{\text{仪}} = 0.004 \text{ mm}$

测量次数	1	2	3	4	5
直径 $d/\text{mm}$	14.015	14.010	14.019	14.016	14.018

**1. 钢球直径的测量结果**

$$\bar{d} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 d_i = 14.015 \text{ mm}$$

$$s_d = \sqrt{\frac{1}{5-1} \sum_{i=1}^5 (d_i - \bar{d})^2} = 0.00374 \text{ mm}$$

$$\Delta_{\text{仪}} = 0.004 \text{ mm}$$

$$\Delta_d = \sqrt{s_d^2 + \Delta_{\text{仪}}^2} = \sqrt{0.00374^2 + 0.004^2} = 0.00549 \text{ mm}$$

$$d = \bar{d} \pm \Delta_d = (14.015 \pm 0.006) \text{ mm}$$

$$E_d = \frac{\Delta_d}{\bar{d}} \times 100\% = \frac{0.006}{14.015} \times 100\% = 0.043\%$$

**2. 钢球体积的测量结果**

$$\bar{V} = \frac{1}{6} \pi \bar{D}^3 = \frac{1}{6} \times 3.14 \times 14.015^3 = 1440.6 \text{ mm}^3$$

据  $\Delta_N = \frac{dF(x)}{dx} \Delta_x$ ，有  $\Delta_V = \frac{dV(D)}{dD} \Delta_D$ ，故

$$\Delta_V = \frac{1}{2} \pi D^2 \Delta_D = \frac{1}{2} \times 3.14 \times 14.015^2 \times 0.00549 = 1.6930 \text{ mm}^3$$

$$V = \bar{V} \pm \Delta_V = (1441 \pm 2) \text{ mm}^3$$

$$E_v = \frac{\Delta_V}{\bar{V}} \times 100\% = \frac{2}{1441} \times 100\% = 0.14\%$$

**【实验小结】**

略。

## 范例 2 作图法处理实验数据

【项目名称】 电阻伏安特性测量

## 【实验任务】

测定电阻的伏安特性，绘制  $I-U$  图，根据图中数据求出电阻值。

## 【实验原理】

在某一电学元件两端加上直流电压，在元件内就会有电流通过，通过元件的电流  $I$  与端电压  $U$  之间的关系称为电学元件的伏安特性。以电压  $U$  为横坐标，电流  $I$  为纵坐标所作的  $I-U$  关系曲线，称为该元件的伏安特性曲线。因此，要测定某电阻的伏安特性曲线，只需在该电阻两端加上一组电压  $U$ ，测出其相应的电流  $I$ ，然后绘出  $I-U$  图即可。

在电学元件伏安特性测量线路中，常有两种接法，即图 2(a) 中的电流表内接法和图 2(b) 中的电流表外接法。如果简单地用  $U/I$  值作为被测电阻值，电流表内接法所测结果将偏大，而电流表外接法所测结果将偏小。因此，在测量时必须考虑电压表和电流表的接法问题。一般地说，对  $k\Omega$  级的大电阻（接近于电压表的内阻）宜采用电流表内接法；对  $\Omega$  级的小电阻（接近于电流表的内阻）宜采用电流表外接法。若被测电阻值未知，则应用两种接法分别进行试测，从而判定被测电阻是大电阻还是小电阻。

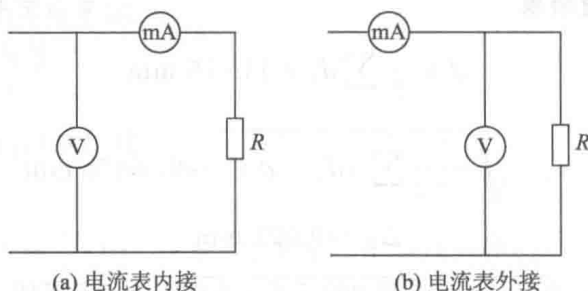


图 2 电表的两种接法

## 【实验仪器】

直流稳压电源、滑线变阻器、电压表、电流表、伏安特性实验待测板、单刀双掷开关 2 只、连接导线 9 根。

## 【实验内容】

(1) 按图 3 连接电路，其中  $R$  为伏安特性实验待测板中的电阻。

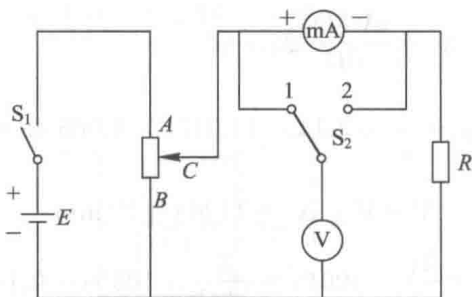


图 3 测量电阻伏安特性电路

(2) 将电压表和电流表的量程分别选为 15 V 和 15 mA，变阻器分压输出滑动端  $C$  置

于 B 端,  $S_1$ 、 $S_2$  处于断开状态, 打开电源开关并将其输出电压调节至 15 V。

(3) 选择测量线路。合上  $S_1$ , 调节变阻器滑动端 C, 使电压表有一合适的指示值(如 5.00 V)。将  $S_2$  分别置于位置 1、2, 观察两只电表的读数变化情况: 若电压表读数有显著变化, 则可判定  $R$  为小电阻, 应采用电流表外接法; 若电流表读数有显著变化, 则可判定  $R$  为大电阻, 应采用电流表内接法; 若电压表和电流表均没有显著变化, 则采用任何一种连接方式均可。

(4) 选定测量线路后, 分别给电阻  $R$  加上 8 个不同的电压(如 3.00 V、4.00 V、5.00 V、6.00 V、7.00 V、8.00 V、9.00 V、10.00 V), 测出相应的电流值(注意: 电表应平放, 读数要估读), 然后将观测数据记入表 2。

### 【注意事项】

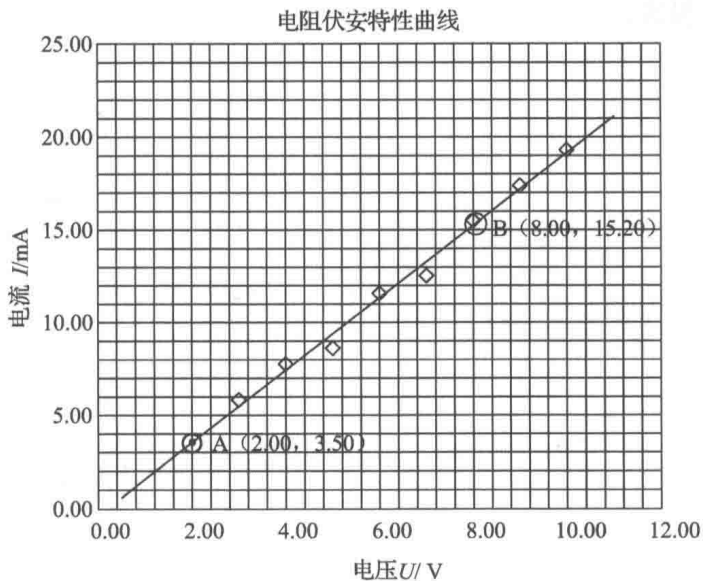
(1) 在电路连线或拆线时, 必须断电。

(2) 对电路通电时, 必须做试探性操作。

### 【数据与结果】

表 2 电阻伏安特性测量

测量序数	1	2	3	4	5	6	7	8
$U/V$	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
$I/mA$	5.84	7.76	8.62	11.58	12.54	15.50	17.38	19.30



在图中取 A、B 两个计算点, 求得直线的斜率  $K$  :

$$K = \frac{I_B - I_A}{U_B - U_A} = \frac{15.20 - 3.50}{8.00 - 2.00} = 1.950 \text{ mA/V}$$

电阻测量结果:

$$R = \frac{1}{K} = \frac{1}{1.950} = 0.5128 \text{ V/mA} = 512.8 \Omega$$

### 【实验小结】

略。

## 五、物理实验室守则

(1) 按规定时间上课，如因故不能到课，必须在课前向教师请假，经准许后方可安排补做实验。

(2) 每次实验前必须认真预习实验并写出预习报告，否则不得进行本次实验。

(3) 进入实验室后，应在指定位置实验，不得随意动用他组及与本实验无关的其他仪器设备。

(4) 严禁在实验室内高声喧哗、吸烟、随地吐痰、吃零食和乱涂乱画等行为。

(5) 听从教师指导，严格遵守仪器设备操作规程，要以实事求是的科学态度进行实验，认真观察实验现象，如实记录实验数据。

(6) 实验过程中要时时注意安全，如发生仪器设备故障，要立即切断电源等，并报告教师及时处理。

(7) 爱护仪器设备和实验室设施。节约用水、用电和实验材料等。严禁私自将公物拿出实验室。

(8) 实验完毕后，应及时切断水、电及气源，将仪器设备整理还原，对实验场地进行清扫，经教师检查后，方可离开实验室。

(9) 认真、独立地完成实验报告，按时送交教师批阅。

(10) 因不遵守操作规程而造成仪器设备损坏的，将要求写出书面检查，并按学校有关规定酌情赔偿经济损失。



# 第一章 物理实验基本知识、方法和技能

## 第一篇

### 物理实验基本知识、方法和技能

科学是用理论和实验这两只脚前进的，有时这只脚先迈出一步，有时是另一只脚先迈出一步，但是前进要靠两只脚。

——密立根

# 第一章 误差理论及数据处理基础

测量是人类从事科学研究的基础,没有测量就没有科学。广义地说,测量是按照某种规律,用数据来描述观察到的现象,即对事物所作出的量化描述。物理实验的任务,不仅仅是定性地观察物理现象,也需要对物理量进行定量测量。

由于测量仪器的精度限制、测量方法的不完善、测量环境的不理想及测量人员的实验技能等诸多因素的影响,所有测量都只能做到相对精确。随着科学技术的不断发展,测量误差被控制得越来越小,但是绝对不可能使误差降为零。因此,作为一个测量结果,不仅应该给出被测对象的量值和单位,而且还必须对量值的可靠性作出评价。一个没有误差评定(不确定度计算)的测量结果是没有价值的。

测量误差、有效数字、不确定度和实验数据处理方法等实验基本知识,不仅在每一个实验中要用到,而且也是同学们以后从事科学实验必须掌握的。然而,这部分内容涉及面广,深入的学习需要较多的数学知识和丰富的实践经验,因此不能希望通过几节课的学习就完全掌握它,要结合一个个具体的实验,通过实际运用,逐步加以掌握。

## 一、测量与误差

本部分讲的是测量及其误差的一些基本知识,其中相对误差的计算、随机误差的有效减少方法及其大小估算是重点,必须很好地理解和掌握。

### (一) 测量

在物理实验中,所谓**测量**,就是把待测的物理量与一个被选作标准的同类物理量进行比较,确定它是标准量的多少倍。这个标准量称为该物理量的单位,这个倍数称为待测量的数值。可见,一个物理量必须由数值和单位组成,两者缺一不可。

选作比较用的标准量必须是国际公认的、唯一的和稳定不变的。各种测量仪器,例如米尺、秒表和天平等,都有符合一定标准的单位和与单位成倍数的标度。

本教材采用通用的国际单位制(SI),在附录D中列出了国际单位制的基本单位、辅助单位和部分导出单位,供查阅。

### (二) 测量分类

按照测量值获得方法的不同,测量分为直接测量和间接测量两种。

由仪器或量具直接与待测量进行比较读数,称为**直接测量**,相应的被测量称为**直接测量量**。例如用米尺测量物体的长度、用秒表测量时间和用电流表测量电流强度等。

如果待测量是借助一定的函数关系由直接测量量计算所得,那么这样的测量称为**间接测量**,相应的被测量称为**间接测量量**。例如,钢球的体积 $V$ ,可由直接测得的直径 $D$ ,用公式 $V = \frac{1}{6}\pi D^3$ 计算得到。这里, $D$ 为直接测量量, $V$ 为间接测量量。在误差分析和计算