



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材  
普通高等教育“十三五”规划教材

# 大学物理实验

(第六版)

主编 张志东 魏怀鹏 展永



科学出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材  
普通高等教育“十三五”规划教材

# 大学物理实验

(第六版)

主 编 张志东 魏怀鹏 展 永  
副主编 宋庆功 郭松青 赵国晴

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书是教育部“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,普通高等教育“十三五”规划教材。

本书以培养学生进行科学实验的基础知识、方法、技能和提出、分析、研究解决实际问题的能力,工程意识、创新能力等综合素质为目的,根据“多层次、模块化、组合式、相互衔接”“夯实基础、激发兴趣、创新教育、培养能力”的教学理念,建立实验教学内容与课程新体系,按层次化(基础性、综合与应用性、设计性、研究性)设置实验教学内容与课程,力图把“设计性”贯穿层次化教学的全过程。

本书在同类书中具有一定特点,力求较完整、系统地反映当前主流的实验理论、技术和方法;注重层次化、模块化的课题内容设置;本次重新编写、充实完善了一些新实验内容,具有一定的区域性、地方性特色。全书分为三篇:第1篇“实验理论与基础知识”,系统性、完整性较强。第2篇“基础性、综合性、应用性实验”,内容涵盖力学与热学、电磁学、光学、近代物理与信息处理综合性、应用性实验等。第3篇“设计性、研究性实验”,以“力热光电”及近代物理与信息技术实验、计算机在物理实际问题中的应用等内容为基础,选编了一些设计性、工程性、研究性的专项实验课题,以便学生自主研究性学习与创新实践,进行研究性专题实验教学。

本书适用于普通高校理、工、农、医、商、管科等各专业物理实验课程的教学,也可供广大物理爱好者,科技、工程技术、实验人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/张志东,魏怀鹏,展永主编.—6版.—北京:科学出版社,2019.7

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材·普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-03-061957-0

I. ①大… II. ①张… ②魏… ③展… III. ①物理学-实验-高等学校-教材 IV. ①O4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 155633 号

责任编辑:窦京涛 / 责任校对:杨聪敏  
责任印制:师艳茹 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市密东印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

1999年1月天津大学出版社第一版

2007年8月第 二 版 开本:787×1092 1/16

2010年8月第 三 版 印张:32 3/4

2011年8月第 四 版 字数:776 000

2015年8月第 五 版 2019年7月第二十次印刷

2019年7月第 六 版 定价:69.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 编 委 会

编委会主任 展 永

编委会委员单位及委员

河北工业大学 展 永 张志东 魏怀鹏 段雪松 孔祥明

张 勇 安 莉

中国民航大学 宋庆功 郭松青 郭艳蕊

石家庄铁道大学 王振彪 刘 虎

成都理工大学 方晓懿 代锦辉

邯郸学院 赵国晴 王志安 王海飞 谷云高 郑 燕

## 前 言

本书作为教育部“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,普通高等教育“十三五”规划教材,是在教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材《大学物理实验》(第二、第三、第四、第五版及修订本)的基础上,参考原天津大学出版社版本,针对实践教学中发现的问题和教学改革发展,作了较多新的修改而完成的。

实验教学是一项集体事业,从实验室建设、教材编写到课程内容的不断完善与改进,是作者和几代教师长期在高等学校的教学岗位上辛勤耕耘、呕心沥血,将丰富的理论与实践经验进行持续不断地积累和总结的结果。

本书第一版由天津大学出版社于1999年出版,至2006年先后多次修订再版,在河北工业大学经过十几年的教学实践使用,获得很好的教学效果,并于2006年获河北工业大学优秀教材一等奖。

本书第二、三、四、五版及修订本,作为普通高等教育“十一五”“十二五”国家级规划教材、科学出版社普通高等教育“十三五”规划,自2007年以来,由科学出版社出版,并在河北工业大学、中国民航大学、石家庄铁道大学、成都理工大学、邯郸学院等多所高校作为正式教材使用,还有一些高校作为主要教学参考书使用。

本次修订在第四、五版及修订本原书内容、特点的基础上,根据同类大学实验教学实际,对全书篇章、实验题目、原理、仪器、练习内容、实验方法、实验步骤,特别是数据处理方法以及习题、附录等,进行了仔细审阅,重新修订,精细编辑、排列;删旧增新,新编改写了很多内容。特别是,根据全书实验题目、实验内容、实验方法的相同与不同,按实验题目、内容、方法等分类,分练习编写;按组合式、模块化,重新精细编辑;对部分实验题目,包含多项实验内容的实验课题,分别按其不同实验内容分练习编写排列;对其相同实验题目和内容,分别按不同实验方法,分练习编写排列;删减了一些陈旧实验内容;为实验、教学、自主学习、设计、研究等查询方便,新增了一些附录:常用物理常量、常用仪器误差限值、各种单位换算、电磁波频谱表等,使得附表内容较丰富全面;新增编了一些插图(实验原理、仪器、实验曲线)、数据列表,并对数据处理部分(不确定度处理方法、结果表示等)做了较多系统、完整的提示、补充和新编。另外,新增了太阳能电池基本特性测定与研究、热敏电阻和热电偶实验与研究两个实验。同时,对一些印刷错误和不足之处进行了修改。

本次修订,对必修实验增加了“二维码”,读者可以通过手机扫描“二维码”,方便快捷地浏览、观看其实验教学视频等。

全书分为三篇:第1篇“实验理论与基础知识”,基础性、系统性、完整性较强。第2篇“基础性、综合性、应用性实验”,内容涵盖力学与热学、电磁学、光学、近代物理与信息处理

综合性、应用性实验等。第3篇“设计性、研究性实验”，以“力热声光电”及近代物理与信息处理实验、计算机在物理实际问题中的应用等为基础，选编了一些设计性、工程性、研究性的专项实验课题，以便教师进行研究性专题实验教学，指导学生自主研究性学习与创新实践。

本书在实验题目、实验内容、实验方法、实验练习，数据处理方法等方面，完整性、系统性、逻辑性、条理化等特点，更清晰明显；模块化更强，组合性、分类练习等更精细、简捷；更加适合不同类型的高校师生的教学选用。在教学实践中，可针对其不同的教学对象，根据其实际的教学大纲、实际教学资源、实验条件，对同一实验题目下的不同实验内容、实验练习、实验方法等，进行模块化组合，选择使用，更加方便。

本书在同类书中具有一定特点，适用于普通高校理、工、农、医、商、管科等各专业大学物理实验课程的教学；也可供高职高专、中专师生，广大物理爱好者，科技、工程技术、实验人员参考，具有一定的区域性、地方性特色。

张志东、魏怀鹏、展永教授为本书主编，宋庆功、郭松青、赵国晴为副主编。魏怀鹏教授负责全书整理和统稿工作。

参加本书编写的有许多老师(排名不分先后)。第1、2、3、8、10章，附录，由魏怀鹏、张志东、展永等负责编写；第4~7章、仪器设备说明、思考题、练习题等，由魏怀鹏、郭松青、宋庆功、赵国晴、段雪松、孔祥明、王志安、郭艳蕊、张勇、李晓会、王秋芬、安莉、王海飞、谷云高、郑燕等负责编写；朱小光、陈宏图、王彤、叶文江、李佳、刘铭、淮俊霞、范闪闪、王永学、贾肖婵、曹天光、刘斌、邢红玉、瞿浩、王有柱、马忠祥、任树喜、李再东、李海颖、房正纪、李文清、师一华、刘金河、范明天、靳星、郑乐涛、荣玉良、晨曦、魏森、雷慧茹等，分别参加了第1~8、10章部分章节编写、校对等工作。高小珍、刘阿鹏、张立宏、常彦红、冀庚分别负责第9、11、12、13、14章编写。

南京大学金国钧教授、清华大学朱鹤年教授，对本书的改革建设提出很多宝贵意见，在此谨表示诚挚的感谢！本书改编修订，得到本学校及合作院校及教务处、理学院等领导和同事的大力支持与帮助，河北工业大学、河北省高校重点学科、省级精品课程、省级和国家级物理实验教学示范中心等建设项目的资助。本书也凝集了很多未能直接参加本书编写的教师们多年的辛勤劳动与奉献，一并表示衷心的感谢！

书中难免有一些错误和不当之处，敬请各位读者批评指正。

(E-mail: huaipengwei@163.com)

编者  
2019年3月1日

## 第一版前言

本书根据“高等教育学校物理实验教学基本要求”，以河北工业大学多年使用的物理实验讲义为基础，并参考部分兄弟院校有关教材编写而成，可供工科类院校各专业物理实验教学使用，也可供专科性学校选用。

物理实验是一门独立设置的基础课，因此本书在内容上采用统一编排的方法，以求有完整的体系。在实验选题方面按照物理内容分章编写，以适应不同情况下的各种教学安排。

在误差与数据处理上，本书以不确定度评定实验结果，要求学生从一开始就接受正规的实验数据处理训练，使实验结果的评定能初步达到国际的统一要求。

在具体实验内容编写中力求做到目的明确、原理简洁清楚、公式推导完整、实验步骤简单明了，并安排一定的思考练习题。在基本实验后面安排一章设计性实验，要求学生能独立完成实验过程，进一步培养学生的综合实验能力。

实验教学是一项集体的事业，作为本书基础的讲义就是在使用过程中，经过教研室全体同志多次修订与改编逐步积累而成。本书绪论、第一章、第二章和第八章 § 8.0，由王存道编写；第四章、第七章以及第三章 § 3.1~§ 3.5 和第八章，由魏怀鹏编写；第六章以及第三章 § 3.8、§ 3.9 由张德贤编写；第五章以及第三章 § 3.6、§ 3.7 由季世泰编写。全书由魏怀鹏整理并统稿。

由于编者水平有限，本书难免存在一些错误和不妥之处，衷心希望使用者批评指正。

编者  
1998年1月

# 目 录

前言

第一版前言

## 第 1 篇 实验理论与基础知识

第 1 章 绪论	1
1.1 大学物理实验的地位、作用、目的和任务	1
1.2 大学物理实验教学体系和基本要求	2
1.3 大学物理实验教学主要环节与基本规则	4
1.4 小结:怎样学好大学物理实验、实验室主要规则	7
第 2 章 误差与数据处理基础知识	9
2.1 测量与误差的基本概念	9
2.2 系统误差的理论分析和处理	12
2.3 随机误差的理论分析和处理	15
2.4 测量结果与不确定度的评定	23
2.5 有效数字的记录及其运算	37
2.6 实验数据处理基本方法和结果表示	40
2.7 计算机数据处理软件(Origin、Excel 等)、计算器统计功能简介	53
2.8 练习题	62
第 3 章 测量方法与仪器调整原则和技术	65
3.1 实验的基本测量方法和技术	65
3.2 仪器调整的基本原则	71
3.3 物理实验常用仪器	74

## 第 2 篇 基础性、综合性、应用性实验

第 4 章 力学与热学实验	97
实验 1 力学基本测量——长度、质量和物体密度 $\rho$ 的测定	97
练习一 规则物体尺寸的直接测量	98
练习二 规则物体密度 $\rho$ 的间接测量	101
练习三 不规则物体、液体密度 $\rho$ 的间接测量	103
实验 2 用自由落体仪测定重力加速度 $g$	107

实验 3	用三线摆测物体的转动惯量 $I$ .....	109
实验 4	扭摆法测定物体转动惯量 $I$ .....	115
实验 5	气垫导轨实验(一、二、三)——“滑块碰撞”,滑块的简谐振动,滑块运动速度 $v$ 、加速度 $a$ .....	118
	练习一 (气轨)“滑块碰撞”——验证动量守恒定律 .....	120
	练习二 (气轨)滑块的简谐振动——测弹性系数 $k$ 、周期 $T$ 、能量 $E$ .....	123
	练习三 (气轨)测量滑块运动速度 $v$ 、加速度 $a$ ——验证牛顿运动第二定律 .....	127
实验 6	弦振动特性研究(一、二) .....	131
	练习一 用“驻波法”测(音叉)横波波长 $\lambda$ 、频率 $f$ .....	131
	练习二 乐器(吉他)弦振动的研究 .....	136
实验 7	光杠杆镜尺法测定钢丝的杨氏弹性模量 $Y$ ——微小长度变化的测量 .....	137
实验 8	用拉脱法测液体表面张力系数 $\gamma$ ——微小力(用焦利秤)测量 .....	143
	练习一 测定弹簧的弹性系数 $k$ .....	144
	练习二 测定液体(水)的表面张力系数 $\gamma$ .....	146
实验 9	用落球法测液体的黏滞系数(黏度) $\eta$ .....	147
	练习一 “落球法”测常温液体黏滞系数 $\eta$ .....	148
	* 练习二 “落球法”测变温液体黏滞系数 $\eta$ .....	150
	* 练习三 设计用“毛细管法”测液体黏滞系数 $\eta$ .....	151
实验 10	气体(空气)比热容比 $\gamma$ 的测定——用绝热膨胀法、压缩法、谐振法 .....	152
	练习一 用传感器“绝热膨胀法、压缩法”测定比热容比 $\gamma$ .....	152
	练习二 用谐振方式“绝热法”测量空气比热容比 $C_p/C_V$ .....	155
实验 11	稳态法测量不良导体导热系数 $\lambda$ .....	157
实验 12	惯性秤实验 .....	160
<b>第 5 章</b>	<b>电磁学实验</b> .....	<b>163</b>
实验 13	电学基本测量——测绘线性电阻和非线性电阻的伏安特性曲线 .....	163
	练习一 测绘线性电阻的 $I-U$ 伏安特性曲线 .....	165
	练习二 测绘非线性电阻(二极管)的 $I-U$ 伏安特性曲线 .....	167
	* 练习三 测绘灯丝、发光二极管的 $I-U$ 伏安特性曲线 .....	168
实验 14	直流单臂电桥(惠斯通电桥)测电阻 .....	169
	练习一 “滑线(板)式”单臂电桥测电阻 $R_x$ .....	171
	练习二 “箱式”单臂电桥测电阻值 $R_x$ 及其串、并联阻值 .....	174
	* 练习三 自组惠斯通电桥测电阻值 $R_x$ 及电桥灵敏度 $k$ .....	175
	* 练习四 用单臂电桥测电阻温度特性( $R-t$ 、 $R-T$ ) .....	176

实验 15 用双臂电桥(开尔文电桥)测小电阻 $R$ 及温度系数 $\alpha$ .....	177
练习一 测量(铜棒、铝棒等)导体的电阻 $R_x$ 及电阻率 $\rho$ .....	180
练习二 测量(漆包线等)导体电阻的温度系数 $\alpha$ .....	182
实验 16 用电势差计测量电动势 $E$ .....	184
实验 17 用模拟法测绘静电场 .....	189
练习一 用“导电微晶”静电场模拟仪器模拟静电场 .....	194
练习二 用“导电纸”自行组装静电场模拟仪器模拟静电场 .....	195
实验 18 示波器的使用 .....	196
练习一 校准示波器、多种信号波形观测: $U_{pp}$ 、 $U_{有效值}$ 、周期 $T$ 、频率 $f$ .....	204
练习二 垂直振动合成——李萨如图形观测、测频率 $f$ .....	206
实验 19 用示波器观测二极管伏安特性曲线 .....	207
实验 20 交流电路的谐振现象 .....	210
练习一 RLC 串联电路谐振实验 .....	210
练习二 RLC 并联电路谐振实验 .....	212
实验 21 用霍尔元件测量磁场 $B$ .....	215
实验 22 用“霍尔效应法”测螺线管磁场 $B$ .....	220
实验 23 用电磁感应法测磁场 $B$ .....	223
实验 24 铁磁材料的磁化曲线和磁滞回线的测绘 .....	226
实验 25 电容器的充放电 .....	229
实验 26 黑盒子实验——测量判定电阻 $R$ 、电容 $C$ 、电感 $L$ 、二极管 .....	233
<b>第 6 章 光学实验</b> .....	236
实验 27 光学基本实验(一、二)——薄透镜焦距 $f$ 的测定 .....	236
练习一 测量凸透镜焦距 $f_{凸}$ ——自准法、物距像距法、共轭法 .....	240
练习二 测量凹透镜焦距 $f_{凹}$ ——自准法、物距像距法 .....	241
实验 28 光学基本实验(三、四、五)——组装显微镜、望远镜、幻灯机及放大倍数测量 .....	243
练习一 组装显微镜 .....	243
练习二 组装望远镜 .....	244
练习三 组装透射式幻灯机(投影系统) .....	247
实验 29 分光计实验(一、二、三) .....	248
练习一 分光计的调节和使用 .....	248
练习二 用“分光计”测定三棱镜顶角 $\alpha$ .....	256
练习三 用分光计测量绿光最小偏向角 $\delta_{min}$ 和折射率 $n$ .....	261
实验 30 光栅衍射实验(一、二)——分光计实验(四、五) .....	265
练习一 光栅常数 $d$ 测定 .....	265

练习二 光波波长 $\lambda$ 测量	270
实验 31 光的衍射实验(三)——单(多)缝(孔等)衍射的光强分布	272
实验 32 光的干涉实验(一、二)	278
练习一 薄膜干涉——牛顿环测曲率半径 $R$	278
练习二 劈尖干涉	282
实验 33 光的干涉实验(三)——双棱镜干涉实验测波长 $\lambda$	284
实验 34 光偏振及其应用	289
练习一 用分光计进行偏振光实验	292
练习二 用光具座进行偏振光实验	293
<b>第 7 章 近代物理与信息处理综合性、应用性实验</b>	296
实验 35 迈克耳孙干涉仪的调节与使用	296
练习一 用等倾干涉测激光波长( $\lambda_{\text{He-Ne}} \approx 632.8\text{nm}$ )	301
练习二 用等倾干涉测钠黄光波长( $\lambda_{\text{Na}} \approx 589.3\text{nm}$ )	304
* 练习三 用迈克耳孙干涉原理测空气折射率 $n$	306
实验 36 微波迈克耳孙干涉和布拉格衍射	309
练习一 用迈克耳孙微波干涉法测波长	312
练习二 微波布拉格衍射强度分布测量( $I-\alpha, I-\theta$ 曲线)	314
* 练习三 微波单缝衍射实验	316
* 练习四 微波双缝干涉实验	317
实验 37 密立根油滴实验——测电子电量 $e$	317
练习一 “平衡法”测电子电量 $e$ (“动态法”特例)	322
* 练习二 “动态法”测电子电量 $e$	323
* 练习三 “变电荷法”测电子电量(选做)	324
实验 38 弗兰克-赫兹实验——测原子第一激发电势 $V_0$	324
实验 39 全息照相	331
实验 40 用超声光栅测定液体中的声速 $v$	335
实验 41 声学实验(一、二)——用超声传感器、音叉共鸣管测声速 $v$	341
练习一 用超声传感器“共振法”、“相位法”测声速 $v$	341
练习二 用音叉共鸣管“共振法”测声速 $v$	347
实验 42 光电效应和普朗克常量 $h$ 测量	349
实验 43 光信息的调制与解调实验	354
实验 44 氢原子光谱及里德伯常量 $R_{\text{H}}$ 的测定	359
实验 45 盖革-米勒实验——G-M 计数器和核衰变的统计规律	365

### 第 3 篇 设计性、研究性实验

设计性、研究性实验概述	371
-------------	-----

第 8 章 力学实验	376
实验 46 设计用“单摆”测重力加速度 $g$	376
实验 47 设计测固体、液体密度 $\rho$	380
练习一 设计用“流体静力称衡法”测定轻质固体、液体密度 $\rho$	380
练习二 设计用“比重瓶法”测定液体、固体小块颗粒物密度 $\rho$	382
实验 48 设计测量固体(金属)材料线膨胀系数 $\alpha$ (一、二)	383
练习一 设计用“光杠杆”测量固体(金属)的线膨胀系数 $\alpha$	383
练习二 设计用“千分表(尺)”测固体(金属)线膨胀系数 $\alpha$	387
实验 49 设计用“焦利秤”测弹簧的有效质量 $m$	391
实验 50 研究测定刚体转动惯量 $I$ (一、二)	391
练习一 设计测定偏心轮绕定轴的转动惯量 $I$	391
练习二 设计用“气垫法”测定物体的转动惯量 $I$	392
实验 51 碰撞打靶	394
第 9 章 热学实验	395
实验 52 设计测定气体比热容比 $\gamma=C_p/C_v$	395
实验 53 设计测量不良导体的导热系数 $\lambda$	397
实验 54 电子温度计的组装设计	398
实验 55 冰的熔解热 $L$ 测量	398
实验 56 空气热机原理实验	400
第 10 章 电学、电磁学实验	404
实验 57 设计用“伏安法”(补偿原理)测电阻 $R_x$	404
实验 58 热敏电阻和热电偶实验与研究(一、二)——热敏电阻的温度特性、 热电偶的温差电动势 $E$	406
练习一 热敏电阻的温度特性实验与研究	406
练习二 用“电势差计”测热电偶温差电动势 $E$	409
实验 59 自组惠斯通直流单臂电桥测电阻 $R_x$	415
实验 60 电表内阻 $R_{内}$ 测量设计	416
实验 61 制流电路与分压电路特性实验(用滑线变阻器或电阻箱)	416
实验 62 电势差计应用设计实验(一、二)	419
练习一 设计用电势差计测电阻 $R_x$	419
练习二 设计用电势差计校准毫安表、伏特表	420
实验 63 电表的改装与校准设计	421
实验 64 万用表组装设计	422
实验 65 设计用“霍尔效应”测量霍尔元件基本参数:电导率 $\sigma$ 、 霍尔系数 $K_H$	423

实验 66	设计用“霍尔开关”测量弹簧的劲度系数 .....	427
实验 67	设计用“冲击法”测磁场强度 $B$ .....	428
练习一	用“冲击法”测地磁场强度 $B$ .....	428
练习二	用“冲击法”测螺线管磁场 $B$ .....	429
实验 68	电子束的偏转、聚焦实验 .....	430
练习一	电子束的偏转 .....	430
练习二	电子束的聚焦 .....	432
<b>第 11 章</b>	<b>光学实验</b> .....	436
实验 69	设计用“分光计”测定液体折射率 $n$ .....	436
实验 70	阿贝折射仪的原理和应用设计 .....	439
实验 71	暗室技术——黑白照片的冲洗、印制与放大 .....	439
<b>第 12 章</b>	<b>传感器技术应用与设计实验</b> .....	442
实验 72	压力传感器特性测量及应用设计 .....	442
实验 73	pn 结温度传感器测温设计 .....	445
实验 74	温度传感器特性测量及应用设计 .....	446
实验 75	霍尔开关、光电传感器特性测量及应用设计 .....	449
实验 76	硅光电池特性研究与应用设计 .....	452
实验 77	霍尔位置传感器与弯曲法测量杨氏模量 $Y$ .....	452
实验 78	用磁阻传感器测量地磁场 $B$ .....	456
实验 79	用“拉脱法”测液体表面张力系数 $\gamma$ ——用力敏传感器测定微小力 .....	459
<b>第 13 章</b>	<b>近代物理与信息处理实验</b> .....	463
实验 80	用“弦驻波法”测量交流电频率 $f$ 的装置 .....	463
实验 81	玻尔共振实验 .....	463
实验 82	液晶电光效应实验研究 .....	467
实验 83	太阳能电池基本特性测定与研究 .....	473
练习一	全暗条件下,测量太阳能电池的外加电压伏安特性 $I_{SC}-U$ .....	475
练习二	不同光照强度下,测量太阳能电池的光功率 $P$ 、 开路电压 $U_{OC}$ 和短路电流 $I_{SC}$ .....	477
练习三	固定光照下,测量太阳能电池的输出特性 .....	478
<b>第 14 章</b>	<b>计算机在物理量测量中的应用探索简介</b> .....	481
14.1	非电量电测技术应用简介 .....	481
14.2	传感器和实验数据采集装置简介 .....	483
14.3	计算机在物理测量中的应用探索提要 .....	487
14.4	计算机模拟仿真技术简介 .....	488
14.5	计算机模拟仿真物理实验简介 .....	489

14.6 计算机数值模拟与数据处理实验	490
参考文献	492
附录 物理学常用数表	493
附录 1 常用物理常量	493
附录 2 部分物质的密度 $\rho$	494
附录 3 重力加速度 $g$ (中国部分城市、海平面上不同纬度)	494
附录 4 20°C 时某些金属的杨氏弹性模量 $Y$	495
附录 5 某些物质中的声速 $v$	495
附录 6 20°C 时某些液体、不同温度 $T$ 的水与空气接触的 表面张力系数 $\gamma$	495
附录 7 液体的黏度(黏滞系数) $\eta$	496
附录 8 20°C 时金属合金的电阻率 $\rho$ 及其温度系数 $\alpha$	496
附录 9 部分物质的折射率 $n$	496
附录 10 部分固体和液体的比热容	497
附录 11 常用气体比热、比重表(空气密度 1.29kg/m <sup>3</sup> )	497
附表 12 饱和蒸汽压力 $p$ 、温度 $T$ 对照表	498
附录 13 某些材料的导热系数 $\lambda$	498
附录 14 某些材料的线膨胀系数 $\alpha$	499
附录 15(1) 铜电阻 Cu50 的电阻-温度特性( $\alpha=0.004280^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	500
附录 15(2) 铜-康铜热电偶分度表	501
附录 16 国际单位制、常用单位换算表	502
附录 17 电磁波频谱表(无线电波、微波、红外光、可见光、紫外光、X 射线、 $\gamma$ 射线、 宇宙射线)	504
附录 18 常用光源的谱线波长 $\lambda$	505
附录 19 $t_p$ 因子表——常用不同置信概率 $p$ 及 $n$ (自由度 $\nu=n-1$ ) 下的 $t_p$ (或 $t$ )	505
附录 20 物理实验中常见的仪器 $\Delta_{\text{分度值}}$ 、仪器基本误差限值 $\Delta_{\text{ins}}$	505

# 第 1 篇 实验理论与基础知识

## 第 1 章 绪 论

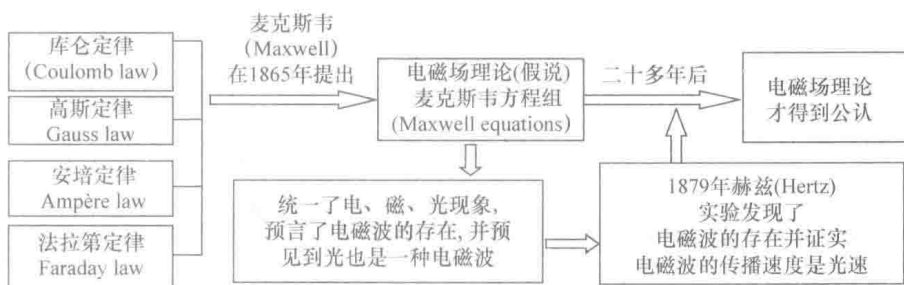
### 1.1 大学物理实验的地位、作用、目的和任务

#### 1.1.1 大学物理实验的地位、作用

物理学(physics, 源于希腊文 φυσικη, 意为自然规律)是自然科学的基础, 是研究物质运动一般规律及物质基本结构的科学. 物理学的发展不仅推动了整个自然科学的发展, 而且对人类的物质观、时空观、宇宙观乃至人类文化都产生了深刻的影响. 物理学是当代科学技术发展最主要的源泉, 其理论与实验的发展哺育着近代高新技术的创新和发展, 其思想、方法、技术、手段、仪器设备已经被普遍地应用在各个自然科学领域和技术部门, 常常成为自然科学研究和工程技术创新发展的生长点.

物理学是自然科学中最重要、最活跃的实验科学之一, 其理论与实验相辅相成, 既紧密联系, 又相互独立. 物理实验在物理学的发展过程中起着极其重要的和直接的作用. 物理学的研究必须以客观事实的观察和实验为基础, 实验可以发现新事实, 实验结果可以为物理规律的建立提供依据. 无论物理概念的建立还是物理规律的发现, 都必须以严格的科学实验为基础, 必须通过科学实验来证实. 规律、公式是否正确必须经受实践检验. 只有经受住实验的检验, 由实验所证实, 才会得到公认.

例如, 经典物理学(力学、电磁学、光学等)规律是以无数实验事实为依据总结出来的. 而电磁场理论的提出与公认, 先后经历了 20 多年时间(图示如下).



又如, 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. 欧内斯特·卢瑟福(Ernest Rutherford, 1871. 8. 30~1937. 10. 19)从大角度  $\alpha$  粒子散射实验结果提出了原子核基本模型. 1905 年阿尔伯特·爱因斯坦(Albert Einstein, 1879. 3. 14~1955. 4. 18)的光量子假说总结了光的微粒说和波动说之间的争论, 能很好地解释菲利普·莱纳德(Philipp Eduard Anton von Lénárd)等的光电效应实验结果; 但是直到 1916 年当罗伯特·安德鲁·密立根(Robert Andrews Millikan, 1868. 3. 22~1953. 12. 19)以极其严密的实验证实了爱因斯坦的光电方程之后, 光的粒子性才为人们所

接受. 1974年丁肇中(1936. 1. 27~)和伯顿·里克特(Burton Richter, 1931. 3. 22~) J/ $\psi$ 粒子的发现更进一步证实默里·盖尔曼(Murray Gell-Mann, 1929. 9. 15~2019. 5. 24) 1964年提出的夸克(quark)理论,等等.

再如,科学家曾通过对氢原子量实验值不确定度的研究,认定其为系统误差的存在,最终发现了元素氢H的放射性同位素氘(D,  $^2\text{H}$ )和氚(T,  $^3\text{H}$ ),并发明了质谱仪. 19世纪,许多科学家历经多年实验,排除了多种系统误差,不断提高实验准确度,从而较准确地测定了热功当量值. 这为人类认知能量转化和守恒定律起到了奠基作用.

**大学物理实验**(experiment course of physics)是高等学校独立设置的一门基础实验课程. 它是大学生在科学实验思想、方法、技能诸方面接受较为系统、严格训练的开端;是大学生进行自主学习、培养创新意识、为后续课程及科学研究打好基础的第一步. 其各个层次的实验题目和内容都经过精心设计、安排,它不仅可使学生在理论和实验两方面融会贯通,更重要的是在培养学生的基本科学实验能力、科学世界观和良好科学素质等方面具有特别重要的作用.

### 1.1.2 大学物理实验的主要目的和任务

(1) **观察物理现象、掌握物理规律,掌握运用基本能力.** 通过对多层次实验现象的观察、分析、研究和对物理量的测量,使学生进一步掌握物理学基本规律,掌握物理实验的“基本知识,基本方法和基本技能”(即“三基”能力);并能运用物理学原理和物理实验方法来研究物理现象和规律,能提出问题、分析问题、研究问题、解决问题,巩固、加深、拓展对物理学原理的理解,不断提高应用水平.

(2) **培养和提高学生从事科学实验的综合能力.** 包括:进行综合实验、应用实验和设计实验的能力,以及自主学习和科学研究的能力,提高自主创新意识和综合素质.

通过亲自“动手又动脑”的课程训练,学习和掌握物理实验及科学实验的主要过程和方法(例如:阅读实验教材,查阅参考资料,正确理解理论与实验内容,学习正确调整和使用仪器设备,实际测量物理量,观察分析实验现象,正确记录、处理实验数据,分析讨论实验结果,撰写合格的实验报告、设计报告、小论文等);独立自主完成适当的基础性、提高性、综合性、应用性、设计性、创新性实验任务及小课题;培养、提高能提出问题、分析问题、研究问题、独立解决实际问题的工作能力,为后续课程学习以及进行课题设计、科学研究打下坚实的基础.

(3) **培养和提高学生从事科学实验的综合素质.** 包括:理论联系实际、实事求是的科学作风;严肃认真、一丝不苟的工作态度;勤奋努力、刻苦钻研、主动进取、积极创新的探索精神;遵守纪律、严格执行科学实验操作规程,爱护公共财物的优良品德;相互协作、共同探索的团队合作精神.

## 1.2 大学物理实验教学体系和基本要求

### 1.2.1 大学物理实验教学新体系

在本课程教学中,要紧紧把握信息时代大学物理实验教学的建设与发展规律,树立“以学生为本,传授知识、培养能力、提高素质、协调发展”的教学理念,及以自主学习、综合

实践、研究和创新能力培养为核心的实验教学新观念;始终坚持理论与实践相结合,坚持“创新发展”教学改革,不断完善教学内容、教学方法等,巩固提高教学质量、教学效果。

根据“多层次、模块化、组合式,且相互衔接”的原则,为强化自主学习实践、注重探索研究、创新能力训练,构建科学的物理实验教学内容新体系.将实验教学内容按科学合理、灵活的“层次化”进行设置,并把“开放性、设计性”贯穿层次化教学全过程。

以“夯实基础、激发兴趣、创新教育、培养能力”为目的,在基础性、提高性、综合性、应用性实验教学中,扎扎实实夯实基础,训练好基本功;在设计性、研究性教学层次中,着力激发学生兴趣,培养提高实际能力、综合素质、创新意识和创新能力.在各层次实验中,按照科学合理、灵活设置的原则,设置编写了一些设计性、研究性与创新性的实验课题,按“设计性”实验教学理念与方法进行教学.学生也可以根据自己的知识储备、学习兴趣、时间、实验条件等实际情况,自选“课内题目”或选择在实践中感兴趣的“课外题目”,进行自主设计、研究与创新的实践探索与训练.对于完成效果优秀的题目和学生,可鼓励或推荐参加校级及省级以上的设计与创新实践(竞赛)活动。

对于“开放式”网络选课与教学,可采用师生交流人工选课,网上“选课系统平台”自主选课,或二者相结合的办法.根据实际情况,在一定时间范围内,以教学计划推荐实验题目和内容为主,进行“开放式”网络选课与实践教学.选课内容分“必选实验题目”和“自选实验题目”两类,并要求两者在以基础性为主前提下,在基础性、提高性、综合性、应用性、设计性、研究性等层次均占一定比例.学生可以通过“选课系统平台”,根据自己的兴趣和条件等自主选择实验项目、上课时间、任课教师等.体现以“学生为本、开放教学”的教育思想,有效扩大实验教学的信息量与覆盖面,着力拓展学生的视野和知识面;同时,留给大学生充分的想象空间,为大学生搭建一个亲自动手进行自主学习、自主实验、创新实践训练的平台。

### 1.2.2 大学物理实验教学内容与基本要求

(1) 根据教学大纲和内容,比较系统地分层次学习“力学、热学、电磁学、光学、近代物理实验”等,在各层次教学中,注重进行“综合性、应用性和设计性”的实验设置与实际训练。

(2) 学习掌握基本物理规律、实验原理(含原理论述、原理图示、理论公式推导等)。

(3) 学习了解常用实验仪器原理、性能、组成结构,了解正确选择仪器原则的方法,掌握其使用方法。

(4) 学习掌握一般物理实验的方法、实验技术。

(5) 学习掌握一般物理量的测量方法.正确测量、实事求是地完整记录实验数据。

(6) 学习掌握实验数据及误差处理方法(如列表法、作图法、算法、不确定度评定方法等),能够正确表述结果并对结果进行分析和讨论。

(7) 通过实验全过程,逐步学会观测、研究、分析物理现象,总结物理规律;逐步加深对某些重要物理现象和规律的认识和理解。

(8) 养成良好的科学实验习惯,树立严谨的科学作风、实事求是的科学态度,良好的道德修养.特别是,严肃认真、规范对待实验数据,杜绝抄袭、剽窃、弄虚作假,摒弃一切不良行为。