

高等学校物理实验教学示范中心系列教材

大学物理实验教程

主编 沈岩 苏玉玲

高等教育出版社

高等学校物理实验教学示范中心系列教材

大学物理实验教程

DAXUE WULI SHIYAN JIAOCHENG

主 编	沈 岩	苏玉玲			
副主编	吴明阳	薛运才	蒋逢春	常同钦	袁耀光
编 委	常同钦	李 强	蒋逢春	沈 岩	苏玉玲
	吴 杰	吴明阳	薛运才	袁耀光	

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是依据《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》(2010年版),在总结近年来郑州轻工业学院物理实验教学改革以及实验室建设成果的基础上编写而成的。本书系统地介绍了误差理论与数据处理方法、物理实验的基本方法及技术,编写的实验项目包括基本实验、综合与设计性实验、专题实验、仿真实验等60余个。本书强调实验的物理思想与设计方法,用简洁、精练的文字概括了相关实验的演化历史、现实意义及应用前景,简要阐明了实验原理和实验方法,并对学生实验能力的培养做了全面、系统的安排。

本书可作为高等工科院校和普通高等学校物理实验课的教材或参考书,也可供物理教师、实验技术人员和科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验教程/沈岩,苏玉玲主编.--北京:
高等教育出版社,2014.10

ISBN 978-7-04-041193-5

I. ①大… II. ①沈… ②苏… 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(2014)第228627号

策划编辑 缪可可
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 王 硕
责任校对 刘 莉

封面设计 于文燕
责任印制 田 甜

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京铭成印刷有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 26.5
字 数 560千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2014年10月第1版
印 次 2014年10月第1次印刷
定 价 39.90元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 41193-00

大学物理实验教程 数字课程

主编 沈岩 苏玉玲

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社易课程网站，请登录网站后开始课程学习。

一、登录网站：

- 1.访问<http://abook.hep.com.cn/12426210/>
- 2.输入数字课程账号（见封底明码）、密码、验证码
- 3.点击“进入课程”
- 4.开始课程学习

账号自登录之日起一年内有效，过期作废。

使用本账号如有任何问题，请发邮件至：

ecourse@pub.hep.cn。

二、使用资源

本书配套一些与实验相关的视频、图片、文本资源，能够让学习者随时随地使用移动通信设备观看比较直观的视频讲解和图片展示、阅读补充材料。这些资源以二维码的形式在书中出现，扫描后即可观看。读者也可以通过登录本书配套的课程网站，使用以上资源。

The screenshot shows the website's login and resource pages. At the top left is the '易课程 course' logo. The main header features the title '大学物理实验教程' and authors '沈岩 苏玉玲' against a background of a sunset over a horizon. Below the header is a login section with input fields for '用户名' (username), '密码' (password), and '验证码' (captcha), with the captcha code '0576' displayed. A '进入课程' (Enter Course) button is to the right. Below the login fields are four tabs: '数字课程介绍' (Digital Course Introduction), '纸质教材' (Paper Textbook), '版权信息' (Copyright Information), and '联系方式' (Contact Information). The '数字课程介绍' tab is active, showing a paragraph of text: '大学物理实验教程的数字课程与纸质教材一体化设计，紧密配合。数字课程涵盖常用仪器、电子课件、模拟实验、拓展资源、原理动画、仪器图片等板块。充分运用多种形式媒体资源，极大地丰富了知识的呈现形式，拓展了教材内容。在提升课程教学效果同时，为学生学习提供思维与探索的空间。' To the right of the login section is a '系列教材' (Series Textbook) section with a list of four items, each with a circular icon and text: '大学物理实验 (第二版) (第一册)' by 翟剑青等; '大学物理实验 (第二版) (第二册)' by 翟剑青等; '大学物理实验 (第二版) (第三册)' by 翟剑青等; and '大学物理实验 (第二版) (第四册)' by 翟剑青等.

<http://abook.hep.com.cn/12426210/>

○ 前 言

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,具有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。本书深化了对物理实验的认识,阐释了物理实验的科学内涵和文化魅力。物理实验的卓越设计是一种智慧、一种文化,是人类创造性思维的宝贵财富。物理实验丰富的科学与人文内涵,能够滋养身心、启迪智慧,将使学生终生受益。

本书是根据理工科类大学物理实验课程教学基本要求,顺应科学与技术的发展,吸收编者近年来的教学研究和教学改革成果,在我院缪兴中教授主编的《大学物理实验教程》基础上经修改、充实编辑而成。本书将“力、热、电、光、原”的结构体系重塑为基础理论、基本方法、基本实验、综合与设计性实验、专题实验、仿真物理实验几部分,其中综合与设计性实验包括了综合性实验和设计性实验,专题实验系列包括热学、电学、光学等多个系列实验。本书注重实验的物理思想和设计思路,注重实验基本素质与能力的培养,注重与专业实验的衔接,注重发展学生的个性和特长。希望经过物理实验的学习,使学生吸取本课程科学与文化的营养,受到从能力、素质到科学方法论的全面训练,充分发挥物理实验的基础与先导作用。

本书凝聚了我院几代教师的心血,传承了先进教材编写理念和实验教学的优良传统,吸收了众人的教学经验和教改成果。本书希望能构建分层次、多系列的实验教学内容,强化基本素质培养,体现专业需要和差异,推进实验教学的改革,以更好地促进各专业学生的共同成长,提高学生的实践能力和创新能力。

感谢缪兴中教授主编的《大学物理实验教程》的作者,为我们提供了很好的教材范本;感谢在本教材成书前编写《大学物理实验补充讲义》的作者,在此谨向他们表示敬意!

谨向本教材的执教者和学生们表示深深的谢意,是你们在教学实践中发现了原书中存在的问题和错误,使本教材质量得以提高。

本教材在教学实践中曾数易其稿,不断补充、修订,但因编者水平有限,错误与疏漏之处仍在所难免,敬请读者不吝赐教。

编者

2014年6月6日

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

短信防伪说明

本图书采用出版物短信防伪系统，用户购书后刮开封底防伪密码涂层，将16位防伪密码发送短信至106695881280，免费查询所购图书真伪。

反盗版短信举报

编辑短信“JB,图书名称,出版社,购买地点”发送至10669588128

短信防伪客服电话

(010)58582300

○ 目 录

第一章 绪论	001	§ 4.7 液体黏性系数的测量	124
§ 1.1 物理实验与科学、文化 和社会发展	002	§ 4.8 空气比热容比的测量	128
§ 1.2 物理实验课程的目的 和任务	004	§ 4.9 金属丝线膨胀系数的测量	132
§ 1.3 物理实验课程的基本 环节	005	§ 4.10 热导率的测量	136
§ 1.4 物理实验课程的学习 方法	007	§ 4.11 示波器的调节和使用	143
第二章 误差分析与数据处理	011	§ 4.12 灵敏电流计特性的 研究	156
§ 2.1 测量误差	012	§ 4.13 电位差计的使用	163
§ 2.2 误差处理	014	§ 4.14 用模拟法测绘静电场	168
§ 2.3 有效数字及其运算	020	§ 4.15 霍尔效应及其应用	172
§ 2.4 测量不确定度与测量 结果的表示	022	§ 4.16 通电线圈磁场的测定	179
§ 2.5 不确定度分析与实验 设计	029	§ 4.17 光强分布的测量	182
§ 2.6 数据处理基本方法	030	§ 4.18 用牛顿环法测定透镜 的曲率半径	189
第三章 物理实验基本方法和 技术	047	第五章 综合性与设计性实验	195
§ 3.1 物理实验中常用的基本 测量方法	048	§ 5.1 用动态法测定金属棒的 杨氏模量	196
§ 3.2 物理实验中常用的基本 仪器及其使用	052	§ 5.2 超声波探测及固体弹性 模量的测量	200
§ 3.3 物理实验基本测量 技术	081	§ 5.3 GPS 定位实验	208
第四章 基本实验	095	§ 5.4 铁磁材料磁滞回线的 测绘	214
§ 4.1 单摆实验	096	§ 5.5 多用电表的设计与 制作	220
§ 4.2 自由落体实验	099	§ 5.6 用惠斯通电桥测电阻及 电阻的温度系数	221
§ 4.3 转动惯量的测定	103	§ 5.7 分光计的调整与使用	226
§ 4.4 声速的测量	108	§ 5.8 迈克耳孙干涉仪的调整 与使用	233
§ 4.5 杨氏模量实验	115	§ 5.9 衍射光栅	241
§ 4.6 表面张力系数的测量	119	§ 5.10 旋光效应的应用	244
		§ 5.11 光电效应测定普朗克 常量	249

§ 5.12 钨的逸出功测量	253	§ 7.2 受迫振动实验的计算机 仿真	378
§ 5.13 硅光电池特性的 研究	260	§ 7.3 声速测量实验的计算机 仿真	383
§ 5.14 塞曼效应	265	§ 7.4 设计万用表实验的计算机 仿真	385
§ 5.15 密立根油滴实验	275	§ 7.5 偏振光实验的计算机 仿真	389
§ 5.16 弗兰克 - 赫兹实验	280	§ 7.6 光电效应法测定普朗克 常量	392
第六章 专题实验	285	§ 7.7 弗兰克 - 赫兹实验的 计算机仿真	398
§ 6.1 温度传感器专题实验	286	§ 7.8 密立根油滴实验的计算机 仿真	401
§ 6.2 交流电系列实验	308	附录	407
§ 6.3 数字万用表的设计专题 实验	330		
§ 6.4 光学专题实验	348		
第七章 仿真实验	375		
§ 7.1 仿真实验简介	376		

第一章

绪论

§1.1 物理实验与科学、文化和社会发展

§1.2 物理实验课程的目的和任务

§1.3 物理实验课程的基本环节

§1.4 物理实验课程的学习方法



§ 1.1 物理实验与科学、文化和社会发展

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。物理学的基本概念和基本规律具有极大的普遍性,它为很多自然科学、工程技术提供了理论基础和实验技术。物理学的思想和方法对自然科学的研究和工程技术的发展有指导作用。正因为如此,物理学一直是自然科学的带头学科,它与其他学科相互渗透,形成一系列交叉学科,从而促进了自然科学的蓬勃发展。物理学曾经是、现在是、将来也是全球技术和经济发展的主要驱动力。21世纪发现了一些非常重要的研究领域如气候变化、新能源和能量储备、新材料、信息技术、交通运输、健康和环境等,所有这些领域科学的成功和技术的实现都与物理学密切相关。

物理学本质上是一门实验科学。正是物理实验本身创立、发展、检验并完善了物理学,可以毫不夸张地说,没有物理实验就没有物理学的昨天、今天和明天。

在伽利略时代,人们曾认为自由落体运动的速度与路程成正比,伽利略则认为速度应该与时间成正比,但受当时条件的限制而无法直接验证这一规律。伽利略借助于几何学的推导,得出了路程与时间的平方成正比的关系,他别出心裁利用斜面“冲淡”重力,“加长”运动距离,在斜面倾角较小的情况下验证了路程与时间的平方成正比的关系,在斜面倾角较大的情况下,由于空气与表面摩擦阻力的影响而有所偏差。伽利略断言,如果没有空气与摩擦阻力的作用自由落体的路程一定与时间的平方成正比。伽利略的斜面实验不仅得出了正确的自由落体运动规律,也形成了观察现象、提出假设、实验验证、得出结论、合理外推的科学研究方法。爱因斯坦评价道:“伽利略的发现和其所应用的科学的推理方法,是人类思想史上最伟大的成就之一,而且标志着物理学的真正的开端。”

在对光的本性认识进程中,物理实验淋漓尽致地显示出其在物理学概念的确立、物理学规律的发现、物理学理论的建立和完善中的巨大作用。

历史上,以牛顿为代表的微粒说和以惠更斯为代表的波动说发生过长期的争论。光的成影和直线传播的事实支持了微粒说,光的独立传播的事实又给波动说提供了佐证,两种学说都能解释光的反射、折射等现象,但由于牛顿的巨大影响和权威,粒子说在相当长的一段历史时期内占据着统治地位。1801年托马斯·杨的双缝干涉实验和1821年约瑟夫·冯·夫琅禾费的单缝衍射实验无可辩驳地表明光是一种波动,并形成了惠更斯-菲涅耳原理,总结出了光的干涉、衍射规律。但列别捷夫的光压测定却利于光的微粒说,即便如此,光的波动说还是确立了在科学界的优势地位。1921年劳厄通过晶体的衍射实验证实了X射线也是一种电磁波,只是其波长比可见光更短,从而深化了人们对光本性的认识。而当光照射到某些金属表面发生光电效应时却无法用波动说予以解释,而爱因斯坦提出的光量子圆满地解释了光电效应及之后发现的康普顿效应。在大量实验事实的基础上,人们认识到光具有波粒二象性,在其传播过程中主要表现出波动性,遵从反射、折射、干涉、衍射的有关规律,当其与其他物质相互作用时,更多地表现出粒子性,遵从量子规律。一

系列的实验发现,不断地展示着与光有关的各种现象,丰富着人们对光的认识,揭示着光传播与作用的客观规律,这使得我们对光的本性、规律的理解和认识更全面、更准确。

物理实验是检验物理规律正确与否的唯一标准。古希腊的亚里士多德曾经断言:力的持久作用是保持物体匀速运动的原因。这一曾经统治近 2000 年的错误理论终于被伽利略斜面实验引出的惯性定律所否定。

物理实验也是判断假说真伪的依据。19 世纪 60 年代麦克斯韦系统地总结了从库仑到安培和法拉第等人的电磁学的全部成果,并在此基础上提出了有旋电场和位移电流的假说,建立了著名的麦克斯韦方程组,从理论上阐明了电磁波以光速在空间传播,与光波有共同的特性。这是一个极其卓越的理论成果。但是,直到 1888 年赫兹接收到了由振荡源放电发出的电磁波,并且作了电磁波的反射、折射、衍射和偏振实验,测出电磁波的传播速度与光速同数量级,从实验上证实了麦克斯韦的全部假说之后,才使麦克斯韦的电磁理论开始被普遍接受。德国物理学家、量子力学奠基人之一、诺贝尔物理学奖获得者玻恩精辟地论述道:赫兹“重新论证”了麦克斯韦的电磁理论。千真万确,正是赫兹这些划时代的实验才使麦克斯韦创立的电磁方程——“出于上帝之手的符号”——被公认是从牛顿的引力场到爱因斯坦的相对论这段历史时期中最重要的理论成就。难怪爱因斯坦说:“一个美妙的实验,通常要比从我们头脑中提取的二十个公式更有价值”——这是科学伟人对物理实验的精彩描述!而迈克耳孙-莫雷实验的“零结果”等于宣告了以太假说的死刑。

大量的事实表明,物理实验也是物理学新理论孕育和滋生的起源。1911 年,昂内斯在研究低温下水银电阻变化的实验中发现了低温超导现象,由此创立了新的物理学分支——超导物理,并在全球范围内兴起了超导热。经过百年的研究,超导温度已由当时的 4.2 K 提高到现在的 138 K,超导技术已应用在电力工程、电子工程、交通运输、军事、医学等领域。

卢瑟福从 1909 年起做了著名的 α 粒子散射实验,实验的目的是想验证汤姆孙“葡萄干面包”原子模型的正确性。实验结果表明,绝大多数 α 粒子穿过金箔后仍沿原来的方向前进,但有少数 α 粒子发生了较大的偏转,并有极少数 α 粒子的偏转超过 90° ,有的甚至几乎达到 180° 而被反弹回来,这根本无法用汤姆孙模型说明。为了解释实验结果,卢瑟福提出了原子的有核模型,并由此开创了原子结构研究的前河,为建立现代原子核理论打下了牢固的基础。

物理实验不仅促进了物理学自身的发展,而且在其他科学领域也有着重要的应用,推动着社会的进步与发展。

在生物学中,用物理实验的方法可以了解物质的传输、膜的结构以及在神经和肌肉中信号的传导;为培育新良种、改造作物和水果品质,利用激光技术进行光诱变、利用核技术进行辐射诱变得到广泛的应用。

在医学中,超声波诊断和治疗、CT 扫描、核磁共振成像、多普勒血流探测、 γ 刀等应用比比皆是。

在军事科学中,激光制导、红外成像、电磁弹射、拖曳声呐,都是物理实验在军

工上的具体应用,类似应用不胜枚举。

材料科学的研究更与物理实验密不可分。粒子束技术、磁控溅射技术、X射线衍射技术、扫描隧穿显微镜、原子力显微镜、光谱分析等,可以说离开物理实验,材料科学的研究就寸步难行。

没有物理实验就没有物理学,就没有今天的人类文明。

物理实验包含有深邃的思想、系统的理论、丰富的知识、精妙的方法,它是一门高深的科学,具有性情陶冶的教化作用。

物理实验能给人以正确而全面的物理知识,有助于我们加深对物理规律的认识;它能给人以方法,从而系统地进行观察、思维、分析、测量方法的训练,提高我们的科学素养;它能给人教化,培养我们尊重自然、实事求是、遵守规则、团结协作、厉行节约、爱护公物、一丝不苟、精益求精、坚持真理、勇于探索的科学精神;它能给人以引导,激励我们求真、求善、求美、求简单、求和谐、求统一;它也能给人以智慧和启迪,启发思考,追求卓越,激发我们的创新精神。

§ 1.2 物理实验课程的目的和任务

物理实验课程是理工科类高等学校对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。物理实验课知识覆盖面广,具有丰富的实验思想、方法、手段,能提供系统、全面、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。大学物理实验课程的任务包含有如下几个方面。

(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,提高学生的学习能力、分析能力和创新能力。具体而言,包括以下几方面的能力:

自学能力——能够自行阅读实验教材和参考资料,正确理解实验内容和实验原理,做好实验前的准备;对实验中出现的基本问题,能够通过查阅资料而得到解决。

动手能力——能够借助实验教材或仪器说明书,正确地使用仪器和进行各种基本操作;培养一定的动手操作能力,能够解决实验中的一般性技术问题,排除实验中的简单故障;在一定的仪器设备条件下,通过努力,得出尽可能好的实验结果。

观察能力——能够通过自身的感觉器官和它们的延伸物——实验仪器,捕捉实验过程所呈现的各种现象,发觉实验现象的各种特征,通过对现象的观察和比较,获得全面的、本质的实验信息。

分析能力——能够运用物理学理论和实验原理对实验现象和实验结果进行初步分析、判断和解释;对各种因素可能引起的误差进行初步估计,对结果进行初步

评价.

表达能力——能够正确记录和处理实验数据,设计表格,绘制图线,描述实验现象,说明实验结果,撰写合格的实验报告.

设计能力——对于简单问题,能够从研究对象或课题要求出发,查阅资料;依据基本原理,设计实验方法,确定实验参量,选配实验仪器,拟定实验程序,合理地、有效地安排测量方案和实验步骤.

(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、爱护公共财产的良好品德.

(3) 提高学生的人文素养,牢固树立辩证唯物主义的世界观,注重创新,崇尚理性,追求科技进步与社会和谐以及人与自然的协调发展.

§1.3 物理实验课程的基本环节

物理实验课程是在教师和教材的指导下,由学生独立进行的自主性较强的实践课程.为达到物理实验课程的目的,完成物理实验课程的任务,学生必须积极主动,努力成为课程的主导者,自觉地、认真地、创造性地做好各个环节的工作,尤其应高度重视课前预习、实验过程和实验总结三个环节的工作.

1. 课前预习

课前预习是做好实验的基础.实验课时间有限,从熟悉仪器到测出准确数据,任务重、时间紧.因此,课前就应了解实验目的、原理、方法、内容和步骤,知道要测量哪些物理量、用什么仪器和怎样测量,必要时画出电路图或原理图,设计好数据记录表格,同时还要了解仪器设备的调试、使用方法和注意事项.

预习时主要阅读实验教材,若仍有不清楚的问题可通过网络自己查找其他参考资料,以求基本掌握实验的整体概况、明确实验目的、理解实验原理、知道实验内容、清楚实验步骤、了解注意事项.当然,如果有条件的话,可以在实验室预习,这才是最有效的方式.不过,现在校园网上开辟有大学物理仿真实验,也可利用仿真实验进行预习.总之,要通过课前预习和思考,在脑海中形成一个初步的实验方案,并在此基础上写出预习报告.预习报告的内容包括实验名称、实验目的、实验原理、实验仪器、实验内容和步骤以及数据记录和处理表格.表格的设计要规范、合理、实用.预习思考题有助于对实验原理的理解和对实验方法的掌握,在预习报告中也必须对其做出回答.

2. 实验过程

实验过程是实验课的中心环节.在动手实验之前,要先认识和清点所用仪器、装置和器具,了解其主要功能、量程、级别、操作方法和注意事项,不要急于测量.

实验时,要有目的、有计划地进行操作.

首先是布置、安装(或接线)和调试仪器.仪器的布局要合理,以方便操作和读数,特别要考虑到实验者和仪器的安全.合理选择仪器量程,严格遵守使用说明和操作规程,细致、耐心地把仪器调整到最佳工作状态.在电磁学实验中,接线完毕后,学生应自己作一次检查,再请指导教师复查,确认正确无误后才能接通电源.

调试完毕后即可开始实验.起初可作探索性试验操作,粗略地观察一下实验过程,若无异常现象,便可正式进行实验.如有异常现象,应立即切断电源,认真分析,仔细排查,并向指导教师反映.待找出原因,排除异常后再开始进行实验.

测量时要把原始数据整齐地记录在预习时已经准备好的数据处理表格中,注意数据的有效数字和单位.不要用铅笔记录,也不要先草记在另外的纸上再誊写在数据表格中,这样容易出错,况且这已经不再是第一手的“原始记录”了.如果记录的数据有错误,可用一斜线轻轻划掉,把正确的原始数据写在其旁,但不得涂改数据.要永远记住,原始数据是实验的最珍贵资料.

一份完整的实验原始记录,除数据之外,还应包括实验日期、环境条件(温度、湿度、气压、阴晴风雨等气象状况)、观察到的有关现象以及主要仪器的名称、型号、级别、量程、编号等.

在测量过程中要尽量保持实验条件不变,注意操作姿势,不要使仪器受到振动或移动.

实验完毕后,要暂时保持测试条件,请教师审阅实验记录,必要时也可能要重新测量.

最后,经教师确认并签字后,再复原整理仪器,离开实验室.

3. 实验报告

实验报告是对所做实验的系统总结,是学生表达能力和信息交流能力的集中体现,也是交流实验成果的媒介.

实验报告应写在专用的实验报告纸上,要求层次分明、字迹清楚、文理通顺、简明扼要、图表规范、结论明确.书写实验报告是培养学生分析、总结问题的能力,提高文化素养和综合素质的重要途径.

实验报告的内容一般为:

- (1) 实验者姓名.
- (2) 实验的环境条件.
- (3) 实验名称.
- (4) 实验目的.
- (5) 实验原理.在对实验原理充分理解的基础上,用实验者自己的语言简要叙述有关的物理内容(包括电路图、光路图、原理和实验装置示意图),测量和计算所依据的主要公式,式中各量的物理含义、单位以及公式成立必须满足的实验条件等.
- (6) 实验仪器.主要型号、编号、量程、精度、最小分度值等.
- (7) 实验内容和步骤.除概括地写出实验进行的主要程序之外,还应包括实验

中观察了哪些物理量、测量了哪些物理量、调节的要领和技巧,以便必要时重复或检验已经完成的实验。

(8) 数据处理. 在数据处理中要完成计算、作图、误差估算及结果表达等工作. 要把原始数据按有效数字列成科学的表格,使阅读者能纵观全局,一目了然. 在数据处理和误差运算中,应有主要过程,做到言之有据,结果可信. 实验结果的表达,不仅要指出测量值的大小,还须按要求用误差范围的估算或不确定度来评定测量结果.

(9) 分析讨论. 分析讨论的内容相当广泛,可以深入探讨实验现象或进一步进行误差分析,也可以对实验本身的设计思想、实验仪器、实验方法的改进写出自己的心得体会或建设性意见,甚至于根本不同的意见. 通过对分析讨论题的回答,还可以进一步深入理解物理实验的理论. 分析讨论将为学生在更高层次上发挥自己的聪明才智提供一个自由思考的广阔空间.

以上只是提供了实验报告的一般格式. 一份成功的实验报告,就是一篇科学论文的雏形,应力求用严谨的结构、流畅的文笔、清晰的思路和个性化的方式,简洁地描述实验的内容、方法和步骤,表达实验所阐明的物理思想和概念,给出可信的明确结论. 实验报告的撰写可以培养和提高学生的分析、表达和信息交流的能力.

实际教学实践中实验报告可以和预习报告合并,作为一份完整的实验报告.

§1.4 物理实验课程的学习方法

物理实验课程是学生接受系统科学实验训练的开端,是高等教育培养未来科学家、工程师的一系列实践教育的基础和先导,它不仅要使学生掌握物理实验的基本知识,更重要的是借此培养学生的科学实验能力和素质. 为达到物理实验课程的目的,完成物理实验课程的任务,学生必须主动地、积极地、创造性地去学习. 由于实验课的特殊性,要学好物理实验必须掌握科学的学习方法.

1. 注意物理知识的再学习

物理实验虽然都是基于一定的物理现象、物理规律设计的,但实际测量涉及的问题远比理论课上所设定的理想情况复杂得多,各种相伴而生的效应及其所遵循的物理规律都是理论知识的深化和补充,这些往往是实际应用中必须掌握和解决的问题.

2. 注意掌握基本的实验方法和测量技术

基本的实验方法和测量技术不仅是常用的,而且也是复杂实验和设计实验的基础,学习时要弄清它的原理、适用条件、操作要领,而且要通过实验实践,达到熟能生巧,得心应手. 对分散安排在各个实验中具有普遍意义的实验方法、测量技术和巧妙构思,要能通晓原理、融会贯通、举一反三.

3. 注意培养观察能力

观察是科学研究的基本方法之一,它是通过感觉器官直接地或借助某些科学仪器,有目的、有计划地考察和描述客观对象的一种研究方法。

所有的物理规律都是通过相应的现象表现出来的,物理实验就是通过对这些现象的观察和测量来认识它们的。因此,实验的过程离不开观察,观察是实验的基础,通过观察所获得的信息越全面、越本质,对物理实验所呈现规律的认识就越正确、越深刻。

培养观察能力就是要通过一定的训练,学会从物理过程中发现和描述研究对象的各种特征,并全面、深入、正确地认识这些特征。我们既要观察过程的定性规律,又要观测过程中各物理量之间的定量关系,既要观测过程的精细结构,又要观察过程的总体趋向,必要时还要创造各种理想化条件,观测各种因素对实验过程的影响。

培养观察能力的训练还具体表现在合理地发挥观测仪器的功能,在仪器精度范围内充分有效地观察和捕捉物理现象,测准物理信息。

总之,学会观察、善于观察甚至多方位观察是物理实验过程对学生能力培养的重要方面。只有在实验课的每个环节中,养成观察的习惯,逐步增强判别能力,才能提高实验观察能力。

4. 注意提高科学分析的能力

分析是科学思维的基本过程和方法,能使在实验过程中由观察得到的现象和信息所反映的本质及其变化规律得以显现和总结。分析能力是实验者最重要、最基本的素质。

在物理实验中可以通过对实验过程中的正常和“反常”现象的分析、测试仪器故障的分析、测试环境影响的分析、误差分析和测量结果的分析等,来培养学生的分析和综合能力。

实际上,任何理论都是在一定基础上的抽象或简化,因而实验结果可能与理论预测有差异,问题在于差异的大小是否合理。应通过分析找出造成差异的原因,千万不可认为,实验就是按教材所列举步骤的机械操作,其目的只是为了得出合乎要求的实验数据。实验中既不能因实验数据和理论计算一致就心满意足,更不能因实验数据和理论计算差别较大而拼凑、涂改实验数据,这两种缺乏科学分析的态度和行为都是不正确的。

在科学实验的历史上曾经出现过这种情况,即实验结果与原有的理论或常识不一致,甚至通过分析判定实验结果在测量误差范围之外,这时,实验者可能已经非常幸运地走到科学发现的大门之前。但面对这种情况的不同处理方式,就产生了两种截然不同的结果。例如,1932年约里奥·居里夫妇在云室照片中已经观察到与电子偏转方向相反的粒子轨迹,但他们没有做深入的分析,简单地认为那是向发射源运动的电子的径迹,而错失发现正电子的良机。1894年英国物理学家瑞利测

定空气中氮气(N_2)的密度为 $\rho = 1.2565 \text{ g/L}$,而他分解氨气(NH_3)得到的氮气的密度为 $\rho = 1.2507 \text{ g/L}$,两者的测量值在第四位有效数字上发生了差异.经过实验分析,他肯定两者的差异超出了实验的测量误差范围(他当时认为空气中除了氧气以外都是氮气),后来经过进一步的研究,导致了空气中氩气的发现.

由此可见,科学分析在物理实验过程中的极端重要性.简单的实验结果,哪怕与理论值十分接近,甚至完全相符,也不能替代或免除对实验的科学分析.虽然在我们物理实验的课堂上,科学发现的概率非常小,但是,在实验课程中对科学分析能力的培养仍是重中之重.

5. 注意培养良好的实验习惯

良好的实验习惯是经过反复训练而巩固下来并变成自觉的科学行为方式.它对确保实验中的安全、保护实验仪器的正常运作、防止差错的发生、保证实验的正常进行将产生重要影响.良好的实验习惯是科学工作者文化修养和综合素质的体现,也是实验室文化建设的应有之义.因此,培养良好的实验习惯应该是学生从事科学实验基本训练开端和基础物理实验课程的一个重要任务.

良好的实验习惯是严肃认真、规范操作、有条不紊、一丝不苟的工作作风的体现,表现在实验的每个细小环节.首先要严格遵从实验室守则,养成保持实验环境清洁整齐、保护实验设备、节约实验材料的习惯;其次做实验时要养成先观察、后练习、再测量的习惯;使用任何一种仪器之前,要养成先了解它的精度、量程,再调整或校正,然后使用的习惯;要养成在实验记录中尊重实验事实、正确记录数据、认真处理数据的习惯;要养成在实验报告中记录实验日期和环境条件的习惯;要养成科学摆放实验仪器的习惯;要养成在放置较重仪器时,先部分放下再全部放下,在搬动轻巧仪器时,左手托、右手挡的双手配合习惯;要养成安全用电的习惯;要养成使用电学仪器时,先开启总电源开关,再开启仪器开关,使用完毕后先关闭仪器开关,再关闭总电源开关的习惯;要养成对某些仪器短路保护的 habit;要养成不用手直接触摸光学元件工作面的习惯等.

美国著名学者约·凯恩斯曾说过:“思想引导行为;行为养成习惯;习惯造就性格;性格决定命运.”

物理实验是理论与实践相结合,实验方法与科学思维相结合,课上与课下相结合的一门独立课程.它包括实验方法、实验条件、仪器装置、实验设计、操作测量、数据处理以及实验分析等诸多方面,每一个方面都有其自身的特点和规律,要学习好物理实验绝不是一件轻而易举的事情,必须在掌握基本知识、基本技能和基本方法的训练中,在动手能力、观察能力、分析能力和表达能力的培养中,在养成良好实验习惯的磨练中,以及在感悟和体验物理实验的文化内涵和智慧魅力中把自己逐渐培养成懂理论、会动手、善思维、精分析的具有较高科学素质的高级工程技术人才.