

高等学校物理实验教学示范中心系列精品教材

现代物理技术与 与研究型实验

◎主 编 何佳清 霍剑青
◎副主编 杨 珺 张贤高 邓冬梅
曾孝奇 张 欢 徐婷婷



非外借

高等教育出版社

高等学校物理实验教学示范中心系列精品教材

现代物理技术与 与研究型实验

◎主 编 何佳清 霍剑青
◎副主编 杨 珺 张贤高 邓冬梅
曾孝奇 张 欢 徐婷婷

内容提要

本套书分为《大学物理基础与综合性实验》和《现代物理技术与研究型实验》两册。

本书为《现代物理技术与研究型实验》，共分为两篇。第一篇为现代物理技术实验，涉及现代物理实验技术的综合性、设计性实验，并逐步增加研究型实验内容，涉及广泛的科研应用技术领域，包含信息光学技术、光纤技术、真空技术、光谱技术、核磁共振技术等；第二篇为现代综合与研究型实验，包括脉冲核磁共振与核磁共振成像实验、光的力学效应实验、扫描隧穿显微镜、材料制备与性能测试实验等，涵盖广泛的前沿科技与研究领域。本书的主要实验内容涉及材料科学、激光技术、真空技术等科学前沿领域，多为教学与科研相结合的实验，其目的是使教学与科研接轨，使学生了解科研的全过程，学习科研思想、科研方法与科研精神。

本书可作为高等学校理科非物理学类专业和工科各专业的物理实验教学用书或参考书，也可供其他专业参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代物理技术与研究型实验 / 何佳清, 霍剑青主编

. -- 北京 : 高等教育出版社, 2018.12

ISBN 978-7-04-050578-8

I. ①现… II. ①何… ②霍… 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(2018)第 203814 号

XIANDAI WULI JISHU YU YANJIUXING SHIYAN

策划编辑 程福平

责任编辑 马天魁

封面设计 杨立新

版式设计 董 丹

插图绘制 于 博

责任校对 胡美萍

责任印制 田 甜

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 三河市宏图印务有限公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 14.5

字 数 250 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.hepmall.com.cn>

<http://www.hepmall.com>

<http://www.hepmall.cn>

版 次 2018 年 12 月第 1 版

印 次 2018 年 12 月第 1 次印刷

定 价 27.80 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 50578-00

现代物理技术与研究型实验

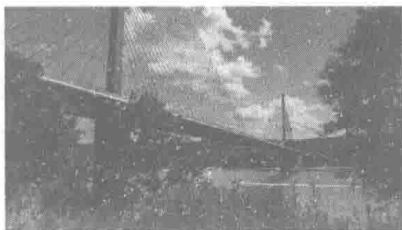
主编
何佳清 霍剑青

副主编
杨 珺 张贤高
邓冬梅 曾孝奇
张 欢 徐婷婷

- 1 计算机访问<http://abook.hep.com.cn/1252006>, 或手机扫描二维码、下载并安装 Abook 应用。
- 2 注册并登录, 进入“我的课程”。
- 3 输入封底数字课程账号(20 位密码, 刮开涂层可见), 或通过 Abook 应用扫描封底数字课程账号二维码, 完成课程绑定。
- 4 单击“进入课程”按钮, 开始本数字课程的学习。



① 重要通知 | APP下载



现代物理技术与研究型实验

大学物理基础与综合性实验数字课程与纸质教材一体化设计, 紧密配合。数字课程涵盖物理学家简介、精彩视频等内容, 充分运用多种媒体资源, 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的同时, 为学生学习提供思维与探索的空间。

课程绑定后一年为数字课程使用有效期。受硬件限制, 部分内容无法在手机端显示, 请按提示通过计算机访问学习。

如有使用问题, 请发邮件至 abook@hep.com.cn。



扫描二维码
下载 Abook 应用

<http://abook.hep.com.cn/1252006>

序

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。物理学是一门历史悠久、永远生机勃勃、充满魅力的学科,它与各个自然学科、工程应用相互作用,不断创造出改变世界的新领域、新思想、新方法和新技术,对人类文明和科学技术发展起着引领和推动作用,它深刻影响着人类对自然的基本认识、人类的思维方式和社会生活,是人类文明的基石。

开设物理实验课程的目的,就是要引导本科生系统地学习物理实验的思想、方法和技术,培养学生的实践能力、探究精神、创新思维与创新能力。在实验教学过程中广泛激发学生学习兴趣,培养学生自主学习能力,尤其是培养学生理论与实践相结合的拓展应用能力是实验教学的关键。

教材是教学思想、教学方法、教学内容的凝练,是引导学生自主学习的重要平台,是引导学生探究、创新的源泉,教材中应蕴含着丰富的物理实验思想、巧妙的实验方法和精湛的实验技术。由南方科技大学何佳清、霍剑青主编的《大学物理基础与综合性实验》和《现代物理技术与研究型实验》正是这样一套教材。建校几年来,何佳清以科研领域的优势,坚持不懈地将科学研究与教学研究融为一体,不断将科研中产生的新理念、新思想、新方法、新成果凝练到实验教学中,形成了实验教学的新理念、新体系、新内容、新模式,并不断地提高教学效果。全书合理地将大学物理实验分为基础物理实验、综合物理实验、现代物理技术实验和研究型物理实验,形成了基础与现代科技相融合、分层次的课程体系,每一层次的实验内容涵盖了力学、热学、电磁学、光学及近代物理的实验。实验选题不少来源于团队从事的科研成果,涉及领域宽广、设计思想新颖、内容丰富,特色性强,既包含训练学生基础物理实验思想、物理实验方法、物理实验技能的基础实验,又包含与现代物理技术结合的拓展应用性课题实验。他们准确给出了供各层次学生进一步拓展、应用、研究的课题,引导学生从一个实验的思想和方法出发,拓展到所涉及的领域知识和应用,卓有成效地激发了学生的学习兴趣、丰富了学生的知识领域,提高了学生的自主学习能力、探究能力和创新能力。

本教材教学理念先进,实验内容新颖,所用实验方法巧妙、先进,教材中对于实验的阐述清楚、简洁,可操作性强,特别是突出学生设计性、研究型课题实验方面特色鲜明。

为进一步拓展学生的自主学习环境,构建了网络化教学环境,创建了有利于广泛学生自主创新学习的氛围,应用现代教育技术建立计算机仿真及预习实验系统,在教学实践中取得了很好的教学效果。

由何佳清、霍剑青主编的《大学物理基础与综合性实验》和《现代物理技术与研究型实验》以培养高素质人才为目标,凝练了作者多年来在科学研究和教学实践中形成的先进教学思想、教学方法和教学经验,融合了近几年来国内外高校物理实验教学的先进经验和优秀的教学成果。教材理念先进、体系新颖、结构合理、内容丰富、适用性强。

祝愿该套教材的出版在进一步提高南方科技大学和国内外高校物理实验教学水平和教学质量中发挥重要的作用。

南方科技大学



2017年3月16日

前 言

实验是物理学的基础,它反映了理工科及各个学科科学实验共性的问题。它在培养学生严谨的科学思维和创新能力的同时,培养学生理论联系实际,特别是与科学技术发展相适应的综合能力以及适应科技发展与社会进步对人才的需求方面有着不可替代的作用。

20 世纪中叶以来,以计算机信息科学技术、生命科学、空间科学、材料科学等为代表的新的科学技术革命,极大地加速了科学技术的发展和各学科之间的相互交叉和渗透,新的综合化趋势已成为科学发展的主流。因此,高等教育人才培养的思路必然要适应这些变化,课程体系、教学内容、教学方法和教学手段必须由封闭型向开放型转变。基础物理实验作为大学生在进校后的第一门科学实验课程,不仅应让学生受到严格的、系统的实验技能训练,掌握科学实验的基本知识、基本方法和基本技巧,更主要的是重点培养学生严谨的科学思维和创新精神,培养学生理论联系实际,提出问题、分析问题和解决实际问题的能力,特别是与科学技术的发展相适应的综合能力,因而实验教学应该面对时代的发展,科技进步的新趋势和新挑战不断有所创新。只有这样,才能适应社会对人才知识和科学素质越来越高的要求。

本套书共分两册四篇,每一篇对应物理实验课程的每一层次的教学,因此本教材的所有内容是从易到难,层层递进的,包含物理各领域方面的实验知识与实验技术,同时也与现代科技进步成果相关,旨在激发学生的学习积极性与对物理实验的热情。另外,本书的每一篇都为学生提供了进一步拓展的设计性、探究性课题。此类课题是每篇实验项目和实验内容的进一步延伸,适合学生利用所学的实验知识、思想和方法,自行设计实验方案,完成实验课题。这种设计性、探究性、研究性的课题,配合以开放式、主动式的教学模式,更能激发学生的创新欲望,培养学生综合应用知识的能力,使得学生独立思考、主动动手实验的能力获得较大的锻炼和提高。

本书中,各项实验项目的具体内容都由工作于南方科技大学物理实验教学一线的教师们编写,各位教师负责的实验涉及领域广泛且具有综合性,难以用简单的物理领域来划分,因此编写者都在各自编写部分之后署名。本书的统稿工作由陈佶、杨珺两位老师分别完成。研究型实验选题由陈朗、叶飞、王克东、张立源、戴俊峰、王干、刘畅等教授提供。

本书适合作为高等学校各专业物理实验教学的普及课程教材,适用于理、工、农、医、商等各学科领域。我们希望能将本书奉献给广大物理实验同仁,欢迎提出建议并指正。

本书得以完成,我们要感谢学校领导对本书的重视及大力支持,感谢所有实验教师们的辛勤付出。特别要感谢高等教育出版社的程福平编辑为本书的出版付出的不懈努力。

霍剑青 陈 佶

2017 年 9 月

目 录

绪论(何佳清 陈佶 霍剑青)	1
一、科学研究的方法与若干前沿	1
二、物理实验课程在人才培养中的地位和作用	4
第一篇 现代物理技术实验	11
第一章 光学测量与光信息处理技术	12
实验 1.1 傅里叶光学的空间频谱与空间滤波(杨珺)	13
实验 1.2 全息术与应用的研究(杨珺)	18
实验 1.3 激光散斑测量及应用研究(张欢)	22
实验 1.4 椭圆偏振光法测定介质薄膜的厚度与折射率(张欢)	25
第二章 光谱技术与原子结构	29
实验 2.1 塞曼效应(霍剑青 王才林)	29
实验 2.2 法拉第效应及其应用(曾孝奇)	40
实验 2.3 半导体材料的光谱测量技术与研究(邓冬梅)	44
实验 2.4 钠原子光谱(邓冬梅 霍剑青)	50
第三章 磁共振技术	59
实验 3.1 核磁共振(杨旭 陈佶)	59
实验 3.2 铁磁共振(陈佶 邵明珍)	70
第四章 真空技术	76
实验 4.1 真空的获得与检测(张贤高)	76
实验 4.2 真空镀膜及性能检测(张贤高)	80
实验 4.3 磁控溅射镀膜实验(张贤高)	85
第五章 传感器技术	90
实验 5.1 光纤耦合与数值孔径测量(曾孝奇)	90
实验 5.2 光纤干涉仪研究及其应用(曾孝奇)	98
第二篇 现代综合与研究型实验	103
第六章 现代综合实验	104
实验 6.1 溶胶-凝胶法制备纳米颗粒(陈朗 陈佶 徐婷婷)	104
实验 6.2 液氮温区低温的获得与温度的测量(王克东)	108
实验 6.3 高真空的获得与检测(张贤高)	119
实验 6.4 高温超导材料的制备及导电性能和转变温度的测量(王才林)	124

实验 6.5	白光再现全息图(杨珺)	127
实验 6.6	θ 调制、卷积定理等傅里叶光学扩展实验(霍剑青 杨珺)	134
实验 6.7	激光拉曼光谱(王才林)	139
实验 6.8	光的力学效应(邓冬梅)	150
实验 6.9	常变温下的吸收与发射光谱(邓冬梅)	155
实验 6.10	变温霍耳效应(邓冬梅)	160
实验 6.11	扫描隧穿显微镜实验(张贤高)	166
实验 6.12	原子力显微镜实验(张贤高)	170
实验 6.13	脉冲核磁共振与核磁共振成像(杨旭 陈佶)	175
第七章	研究型课题实验	187
实验 7.1	超快光谱对材料寿命的研究(戴俊峰)	187
实验 7.2	机械剥离法制备纳米层状材料及其光学衬度层数表征(张立源)	191
实验 7.3	扫描隧穿显微镜研究材料态密度分布(王克东)	202
实验 7.4	溶胶-凝胶法制备 PZT 铁电薄膜(陈朗 胡思侠 徐泽东)	208
实验 7.5	柔性材料 PDMS 的性能测试与应用探究(陈朗 叶茂 徐婷婷)	212
实验 7.6	高温超导体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 的磁悬浮力随距离变化规律的研究 (叶飞 陈伟强 王晓峰)	215

绪论

一、科学研究的方法与若干前沿

1. 科学研究的思想与方法

科学研究是人类探究、认识和改造自然界的最基本与最重要的方式,科学研究与技术创新的相互促进缔造了当今人类文明的辉煌.其中,科学研究的突破一直以来都是技术进步、产业升级和经济发展的动力之源.科学方法在科学研究中具有极其重要的意义.纵观世界科学的发展历程,每一个具有重大意义的科学理论总是与科学方法紧密地联系在一起的,牛顿、爱因斯坦和哥德尔等那些在人类科学史上做出过伟大建树的科学家们,都是极其重视科学方法对他们所从事的科学工作的推动作用的.

知识传授与学术研究是大学存在的基本价值,通过对基础物理实验、综合物理实验的学习,我们重温了历史上许多揭开了物理学研究新篇章的经典实验.随着科学的发展,新的思路、新的手段层出不穷,但唯有夯实基础,掌握了基本的研究方法,才能继往开来,创造出更多创新成果.在物理学的研究过程中,观察实验是基础,数学方法是核心,科学思维是关键.

(1) 观察与实验.观察方法是在自然条件下,对客观事物进行科学的观察,从看似平常的现象中,找出有关方面的联系,从偶然现象中找出必然规律.最具代表性的是“布朗运动”的发现.“布朗运动”是布朗通过对花粉、碎叶、烟灰、泥土、矿物质等无机物微粒的有意观察而发现的.在观测中布朗发现了它们在水中无休止地无规则运动,这为后来揭示分子运动的奥秘奠定了事实基础.实验则是在人为条件下,对客观事物科学地观察、研究自然规律的活动.在物理学的发展中,电磁学起源于1819年著名的“奥斯特实验”.1820年奥斯特无意中让通电的导线靠近指南针,发现指南针发生偏转的现象.经过反复几十次的实验,他得出通电导线附近存在着磁场的结论.

(2) 比较与类比.比较法是确定被研究对象之间异同点的一种逻辑思维方法.比较是理论思维的一种重要方法,也是科学地认识自然的重要方法,有助于对事物进行分类观察和深入研究.在现代物理研究中,科学家们在比较了各种射线的物理性质之后,才发现电子、中子和质子.类比方法是通过对两个对象的比较,找出它们之间的相同点和相似点之后,把一个对象的已知属性推演到另一个对象中去,对后者有一个新的认识.通过类比法得到的结论不具有必然性,需要用科学的理论和实验进行验证.库仑定律就是与万有引力定律相类比得出的,进而由万有引力是保守力等

一系列万有引力的性质,运用类比方法推导出在静电场中可以引入势的概念,得出描述静电场基本特性之一的静电场的环路定理。

(3) 分析与综合。分析方法是以前分析事物的整体与部分关系为其客观基础,通过抽象思维找出事物的客观规律。例如,物理学的五大理论体系是通过物理学五次大综合建立的。第一次是17世纪后期,经过许多科学家的努力,在天文学和力学方面积累了丰富资料的基础上,牛顿实现了天上力学和地上力学的综合,形成了统一的力学体系——经典力学。第二次是19世纪中期,由焦耳、汤姆孙等人完成了经典热力学体系的建立;第三次是19世纪后期,由麦克斯韦完成了经典电磁学理论体系的建立;第四次是20世纪初,由爱因斯坦完成了相对论的建立;第五次也是20世纪初,由普朗克、玻尔、海森伯、薛定谔等人,完成了量子力学体系的建立。

(4) 归纳与演绎。归纳方法是一种由个别到一般、由个性到共性、从特殊到普遍的升华。归纳思维对于经验定律和理论原理的发展具有重要意义。作为科学理论构成中的底层次的经验定律,大多是用归纳法总结出来的。归纳就是“从感觉与特殊事物中把公理引申出来,然后不断地逐渐上升,最后达到最普遍的公理”。例如,开普勒通过对当时已知部分行星的研究,通过枚举归纳的方法得出行星运动三定律,这为牛顿发现万有引力定律奠定了基础。演绎思维方法在自然科学研究中表现尤为突出,人们在探索自然奥秘和客观事物的规律时,常常要依据已有的相关理论,对未知事物的规律提出猜测性说明,从而逐渐构建新的理论。在科学认识活动中,归纳方法应理解为概括由经验获得的事实,演绎方法则应理解为建立逻辑必然的知识体系。

(5) 假设与理想化模型。假设方法是根据一定的科学事实和科学理论对研究中的问题提出假说,再运用假设对问题作出科学的解释,从而形成系统的理论体系。1900年,为克服经典理论解释黑体辐射规律的困难,普朗克提出了“能量子”的概念,即物体在发出或吸收辐射时,其能量以最小的能量单元“能量子”成整数倍的变化,这一假说标志着量子论的诞生,使物理学的理论和方法发生了革命性的变化。在普通物理学中,理想化模型有实物理想化模型、过程理想化模型、理论理想化模型、条件理想化模型。其中实物理想化模型有为了研究物体平动而提出的质点模型、为了研究物体转动而提出的刚体模型、为了研究简谐振动而提出的弹簧振子模型等,另外还有理想气体、点光源、薄透镜、点电荷、试验电荷、匀强电磁场、绝对黑体等实物理想化模型。过程理想化模型有匀速直线运动、简谐振动、简谐波、(完全)弹性碰撞、准静态过程、可逆卡诺循环等。理论理想化模型有卢瑟福原子的有核模型、壳层模型等。条件理想化模型有无摩擦表面、

绝热电容器等。常用的模型有质点、刚体、理想流体、理想气体等。

(6) 数学与推理。数学方法从广义上说,是指数学概念、公式、理论、方法和技巧的总和。从狭义的角度讲,是指运用数学来分析、计算问题的各种具体的方式与方法。例如,牛顿在前人的工作基础上用数学方法以数学表达式的形式清晰地总结出了牛顿三大定律、万有引力定律,从而建立了经典力学的理论体系。麦克斯韦方程组、薛定谔方程等,都具有抽象的数学表达形式。理论物理的研究,更是离不开数学分析和计算。推理方法是指应用数学概念、公式、理论、方法和技巧对物理过程进行推导演算,分析推导结果,得出相应的物理结论和可能的预见。

2. 物理学研究中的若干前沿

D·玻姆等在《现代物理学中的因果性与机遇》一书中说,他确信“理论物理学已经建立起来,并将不断地揭露物理世界的越来越深的层级,而且这个过程将会无止境地继续下去”。即量子物理学无权认为它的现有概念已是最后确定的,它不能阻止研究工作者去想象比起已经探究过的实在领域更为深刻的实在的领域。又如,当今是粒子物理学最好的时代,因为粒子物理学正在经历一场革命,过去近 20 年中人类对宇宙的认识发生了巨大改变,例如新发现表明,神秘的暗物质和暗能量才是宇宙的主要成分,人们熟悉的物质只占约 5%。可以想象在今后 20 年里还将有许多重要问题得到解答,也还会有许多新问题被提出。物理领域研究前沿中,中微子和希格斯玻色子相关的研究是近年的重点热点,其中,基于混合角最新结果的中微子振荡研究和希格斯粒子质量为近 125 GeV 下的超对称模型研究是基于最新重大成果开展的深入研究。此外,复杂网络的物理研究(复杂网络的合作行为研究、自驱动粒子的集群运动研究)、非线性有质量引力和全息纠缠熵(非线性有质量引力、共形场论中的全息纠缠熵)侧重于理论物理的研究。近年物理学研究前沿中还包括了引力波探测、量子多体系统以及金刚石单自旋体系的相关研究。

(1) 重点热点前沿——“希格斯玻色子观测”

希格斯玻色子是物理学标准模型当中最后一个被发现的粒子。希格斯玻色子被发现具有巨大的意义。

迄今为止,物理学的标准模型分成两部分:一个是杨振宁-米尔斯规范场理论;另一个是与希格斯玻色子有关的对称性破缺的理论。希格斯玻色子发现的第一个重要意义是在希格斯玻色子相关理论的研究上,促进物理学标准模型的完善和发展。希格斯玻色子的观测将使标准模型有关希格斯玻色子的部分,通过理论和实验,在研究上进一步完善和发展。

希格斯玻色子发现的另一个重要的意义,是对未来宇宙早期演化的研

究具有重要的推动作用。

(2) 重点热点前沿——“希格斯粒子质量为近 125 GeV 下的超对称模型研究”

标准模型取得了巨大的成功,但它还存在着许多问题,这些无法解释的问题预示着标准模型之外存在新物理。因此,人们对标准模型进行了扩充,发展了一系列新物理模型。现在,希格斯粒子的质量被确定在 125 GeV 左右,许多新物理模型的参数空间受到了很强的限制,在这一限制下检验和进一步研究各种新物理模型成了研究热点。超对称模型被广泛认为是对标准模型扩充的最有力竞争者之一。

(3) 新兴前沿

物理学新兴前沿中,出现两个与希格斯粒子相关的研究:“希格斯粒子发现后的双希格斯二重态模型研究”和“希格斯粒子发现后标准模型的扩充研究”。

① 重点新兴前沿——“希格斯粒子发现后的双希格斯二重态模型研究”

双希格斯二重态模型也是对标准模型扩充的新物理模型之一。超对称模型是对标准模型的对称群进行扩充,而双希格斯二重态模型是对标准模型的希格斯部分进行扩充。希格斯粒子发现后,双希格斯二重态模型研究变得活跃起来,成了物理学领域的新兴前沿之一。

② 重点新兴前沿——“希格斯粒子发现后标准模型的扩充研究”

标准模型存在着许多问题,如质量等级、自然性、暗物质等,这些问题预示着新物理的存在。希格斯粒子的发现对这些问题的解决带来了一些启示,因此,针对这些问题的标准模型扩充研究也变得活跃起来,成为了新兴前沿之一。

二、物理实验课程在人才培养中的地位和作用

1. 物理实验课程的地位和作用

实验是物理学的基础。物理实验课程是高等院校对学生进行科学实验基本训练的必修基础课程,是培养和提高学生科学素质和能力的重要课程之一。这门课程是本科生接受系统实验方法和实验技能训练的开端。

物理实验覆盖面广,具有丰富的实验思想、方法、手段,是所有科学实验的先驱,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。物理实验课程提供综合性很强的基本技能训练,是培养学生科学实验能力、提高科学素质的重要基础。

物理实验蕴含的丰富科学思想与实验方法是各学科科学实验的基础,也是现代科学思想、科学技术的基础。物理实验课程是现代科技发展的源

泉,正在现代科技教育前沿发挥着无可替代的重要作用。

2. 物理实验课程的培养目标

实验教学的目标是培养具有实践能力、探究精神、创新思维、创新能力的高素质人才。

物理实验课程培养学生严谨的科学思维 and 创新能力,培养学生理论联系实际,特别是培养学生与科学技术发展相适应的综合能力。

物理实验课程是时代性、社会性很强的课程,是与时俱进、不断发展的课程,在培养学生与科技发展相适应的综合能力方面具有无可替代的重要作用。

3. 物理实验在物理学发展中的重要作用

物理学是人类文明的基石,是历史悠久、永远生机勃勃、充满魅力的学科。物理学(φυσικη)一词早先是源于希腊文(υσις)。物理学的希腊文原义为“自然”。

亚里士多德(Aristotle,古希腊,公元前384—前322),最早区分哲学与自然科学,并定义物理学。当时,古代文明发达的地中海沿岸涌现了一大批自然哲学家。亚里士多德在科学史上占有特殊的重要地位,被马克思誉为“古代最伟大的思想家”。

物理学的现代内涵:物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式、相互作用和转化规律的学科;研究的内容极其广泛,涉及的时间从宇宙的诞生到无尽的未来,涉及人们认识的范围的尺度,小到 10^{-17} cm,大到100亿光年或 10^{23} km,相差 10^{45} 数量级。

物理学已取得的成就是极其辉煌的。它的创造性进展仍日新月异,它与各个自然学科、工程技术部门的相互作用,深刻地影响着人类对自然的基本认识、人类的思维方式和人类的社会生活,极大地推动了科学技术和国民经济的迅猛发展,因此物理学堪称“改变世界的物理学”!以下的实例可以充分体现出“改变世界的物理学。”

(1) 当代最引人注目的诺贝尔奖,宗旨是奖给有最重要发现和发明的人。因此,获得诺贝尔物理学奖的成果均是物理学中划时代的、里程碑级的重大发现和发明。诺贝尔物理学奖从1901年第一次授奖至今已有百余年的历史,获奖者中因实验物理学方面的伟大发现或发明而获奖的占三分之二以上。如1901年,首届诺贝尔物理学奖得主德国人伦琴(W. C. Röntgen),因发现X射线而获奖;1902年诺贝尔物理学奖的得主是荷兰人塞曼(P. Zeeman),他在1894年发现光谱线在磁场中分裂的现象;1903年诺贝尔物理学奖的得主是法国人贝可勒尔(A. H. Becquerel)和居里夫妇(P. Curie, M. S. Curie),他们发现了天然放射性,由此成了核物理学的奠基人。由此

看出,这些实验方面的发现已被公认是物理学发展中最伟大的成就.可见实验物理在物理学发展中的地位是多么重要.

(2) 从物理规律的建立过程看实验物理的重要性.1924年法国人德布罗意(de Broglie)在光具有微粒性的启发下,明确提出实物粒子具有波动性,即物质波和粒子的缔合概念,通常人们将它描述为波粒二重性或二象性.假设粒子能量为 E ,动量为 p ,就同时伴随着物质波的传播矢量 k ,关系是 $p = \hbar k$,即 $p = \frac{h}{\lambda}$.这是一个大胆而伟大的假设.物理伟人爱因斯坦(A. Einstein)对此给予充分的肯定,他称这是照亮我们最难解开的物理学之谜的第一缕微弱的光,并提名德布罗意获诺贝尔物理学奖.要强调说明的是,理论上美妙的假设或推理,要最终成为被公认的物理规律,还必须有实验结果的验证.德布罗意本人当时指出,可以通过电子在晶体上的衍射实验来证明上述假设.果真在1927年,美国科学家戴维孙(C. J. Davisson)和革末(L. H. Germer)用被电场加速的电子束打在镍晶体上,从而得到衍射环纹照片,恰如光波在光栅上的衍射花样,同时由加速电场计算出电子束动量对应的物质波长与在晶体光栅上衍射极大值对应波长的关系,证实了德布罗意关于 p 、 λ 间的假设关系成立,最终使德布罗意的假设得到公认,德布罗意本人也获得了1929年的诺贝尔物理学奖.这一历史事实雄辩地说明了实验结果在物理学概念的提出、理论规律的确立及被公认的过程中所占的重要地位和所起的关键作用.

可以毫不夸张地说,没有实验物理就没有物理学的发展.正是由于实验手段的不断进步、仪器精度的不断提高、实验设计思想的巧妙创新等,才使得人类在认识自然界的历程中不断探索、发现,进而攀登上更高的高峰.

人类对客观世界的认识是不断深化的,整个物理学的发展历史就是人类不断深化地了解自然、认识自然的过程.大到宇宙天体,小到原子、粒子等都不显示着这个过程在各个历史时期的前进步伐.对自然界认识的深化必然引发科学技术、生产的革命,必然会推动社会向前发展.

物理学的发展是人类进步的推动力之一,实验物理和理论物理是构成物理学研究的两大支柱.实验物理在推动物理学发展过程中有着明显的重要作用,当然理论物理也有着同样重要的作用,二者密切相关、相辅相成、互相促进,形象地说恰如鸟之双翼、人之双足,不可或缺.物理学正是靠着实验物理和理论物理两大分支的相互配合、相互激励、相互促进,相辅相成地探索前进,而不断向前发展,不断深入认识自然界的.在物理学的发展过程中,这种相互促进、相互激励、相互完善的实例举不胜举.如1895年伦琴在实验中发现的新的电磁辐射,被称为X射线(它是由高速电子轰

击重元素靶而产生的波长在 nm 量级的电磁辐射)。X 射线的发现进一步推动了气体中电传导的研究。汤姆孙(J. J. Thomson)提出了被 X 射线照射的气体具有导电性是由于气体因分子电离而带有电荷,这给洛伦兹(H. A. Lorentz)创立电子论提供了实验基础,而电子理论又给塞曼效应,即光谱线在磁场中会分裂这一事实以理论解释。这一连串的事实展示了实验物理和理论物理之间的密切关系和相互激励而共同推进物理学发展的进程。

物理学是一门成熟的科学,物理学所探索的各种现象的领域总在不断地扩大。现在必须承认,当实验上有新的发现或者实验方法有改进,测量精度有提高的时候,每个物理学理论都要重新受到验证、检验或修正。

物理学研究的是物质运动的基本规律。物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式、相互作用和转化规律的学科,它在揭示自然的奥秘、探索自然、认识自然世界,从而推动人类历史的前进、社会的发展等方面都有巨大的作用。物理学是自然科学的基础,实验物理是物理学的基础。

无论是物理学的发展,还是整个自然科学的发展,实验和理论的相互作用都是一种内在的根本动力。这种作用引起量的渐进积累和质的突变飞跃的交替前行,推动着科学进程一浪一浪地不断高涨。

4. 物理实验在创新型人才培养中的作用

从科学发展的进程看,人的科学素质有三个主要方面:(1)求知欲望;(2)科学思维和创造能力;(3)严谨的科学作风和坚韧不拔的精神。

人类自从有思想以来,就想认识客观世界,这就是人的求知欲望。科学形成、发展的过程正是人类永恒的、强烈的求知欲望的结果。

科学的发展依赖于人的思维和创造能力,正如爱因斯坦在《物理学的进化》中所述:“科学的发展过程是人类通过思维和观念大胆地探求客观世界的过程。”从物理学的发展来看,牛顿时代以来最重要的发现之一是“场”概念的提出,它揭示了描写物理现象最重要的不是带电体,也不是粒子,而是带电体之间和粒子之间的“场”。如果没有很强的思维和创造能力,“场”的概念是不可能被提出和理解的,“场”的概念摧毁了旧观念,促进了 20 世纪相对论、量子理论的伟大发现和发展。因此科学发展史证明了思维和创造能力是人的科学素质的核心组成部分。

科学要求人类必须有严谨的科学作风和坚韧不拔的精神。因为在探求客观世界的过程中,实践才是检验真理的唯一标准,科学上的每一个想象,都必须用实验来验证。任何结果不论如何吸引人,假如与实际不符,都必须放弃。这里来不得半点虚伪和骄傲。

科学的发展是无止境的,它既需要研究相关现象之间的相互的一致性来加以类推,又需要将已解决的问题和未解决的问题联系起来,有些共同

的特性常常隐藏在外表差异背后,必须有严谨的科学作风和坚韧不拔的苦干精神,才能发现这些共同点,并在此基础上建立新的理论、新的观念和新的方法,促进科学的不断发展。

科学发展的历史长河证明了物理学的起源和发展促进了自然科学的各个领域的建立和发展,物理学的思维和观念已渗透在各个学科、各个领域中。例如,21世纪被誉为生命科学的世纪,物理学中的基本观念、基本思维方法,包括实验的误差理论与数据处理的方法都在生命科学领域得到应用和发展。因此物理学在培养人的科学素质方面具有十分重要的地位,物理实验是其中的重要环节。

人才科学素质培养的是思维和创造能力,人的思维和创造能力有“硬”和“软”两个方面。

从理论的角度看,“硬”的方面表现为基本概念的掌握,推理演绎的能力,运算的技巧与能力。“软”的方面表现为物理概念的系统理解与深化,比较和综合的能力等。

从实验的角度看,“硬”的方面表现为基本实验技能与动手能力,现代技术的应用水平。“软”的方面表现为实验课题的选择,实验的设计思想和实验方法等。

几十年来,物理实验教学的课程体系和教学内容从“硬”和“软”两个方面培养学生的思维和创造能力,激发他们强烈的求知欲望,树立严谨的科学作风和坚韧不拔的精神。物理实验在人才科学素质培养中起着重要的作用。

5. 物理实验课程体系、教学内容、教学模式

物理实验课程体系由基础性、综合性、现代物理技术、研究型实验四个层次组成。每个层次的物理实验都由力学、热学、电磁学、光学、近代物理学领域的实验组成。物理实验课程形成了学科交叉,基础实验与现代物理技术融合,逐步升级的课程体系。物理实验课程是与大学物理课程并行开设的课程,是从高起点培养学生科学思想、科学方法、科学技能、科学素质的课程。

物理实验课程的教学模式是逐步升级的,由设计性、探究性、研究型、开放性实验教学模式构成。物理实验课程强调学生的自主性,实验的设计性、开放性。有大循环教学实验室和开放实验室两类实验室,有必修和选修两类实验课程。必修物理实验课程,按课表大循环实验。实验课后实验室对学生开放(学生需在網上预约);选修物理实验课程由学生在網上选实验、选时间,通过刷卡到开放实验室完成实验。

在物理实验课程中,基础物理实验内容涉及基本物理量的测量、基本实验仪器的使用、基本实验技能的训练、基本测量方法与误差分析、常用数