

► 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

College Physics Experiments

杜旭日 © 编



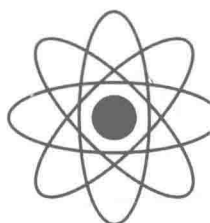
厦门大学出版社 国家一级出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS 全国百佳图书出版单位

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

College Physics Experiments

杜旭日 编



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

内 容 简 介

本书以实验基本理论与大学物理实验项目为主线,包括基础性与综合性实验、设计性与研究性实验等。设计性与研究性实验主要起抛砖引玉作用。实验内容层次分明,深入浅出,物理概念准确,逻辑体系严谨,注重与工程技术的应用相结合。各部分及各实验项目既相互独立,又相互配合,循序渐进。内容涉及力学、热学、电磁学、光学和近代物理等各个不同领域,初步形成了一个较为完整的大学基础物理实验体系。

本书可作为高等院校理工科类非物理专业“大学物理实验”课程的教材或参考书,也可供有关工程技术人员和有兴趣的读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验教程 / 杜旭日编. — 厦门 : 厦门大学出版社, 2016.2

ISBN 978-7-5615-5837-9

I. ①大… II. ①杜… 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(2016)第 008651 号

出 版 人 蒋东明

责任编辑 睦 蔚

装帧设计 蒋卓群

责任印制 许克华

出版发行 厦门大学出版社

社 址 厦门市软件园二期望海路 39 号

邮政编码 361008

总 编 办 0592-2182177 0592-2181253(传真)

营销中心 0592-2184458 0592-2181365

网 址 <http://www.xmupress.com>

邮 箱 xmupress@126.com

印 刷 厦门市明亮彩印有限公司印刷

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 26.5

字数 680 千字

印数 1~5 000 册

版次 2016 年 2 月第 1 版

印次 2016 年 2 月第 1 次印刷

定价 46.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换



厦门大学出版社
微信二维码



厦门大学出版社
微博二维码

前言

本书根据《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》，并参照《大学物理实验课程教学基本要求(基础实验部分)》，结合《高等学校基础课实验教学示范中心建设标准》推荐的实验项目，在多年使用的《大学物理实验》基础上编写而成，适合作为应用型本科院校教材或教学参考书。

编写时，专业术语主要以《辞海》(第六版)等为依据，其他一些内容参考了仪器制造厂商提供的资料以及兄弟院校的相关教材或网络资料，力求做到物理概念表达准确，实验内容思路清晰，实验原理与工程应用技术相结合。本书各章节或实验项目所涉及的内容，都是某一方面的基础知识与基础理论，尽可能在对应项目的一定深度上讨论清楚，因此没有开列众多的参考书籍。

物理学的魅力在于通过探索自然规律和事物本质，把自然界的种种神奇现象和物质变化规律变成易于学习的公式和原理，使人们总是充满激情与乐趣，进一步推动了技术发展与工程应用。有人向伊西多·拉比(Isidor Isaac Rabi, 1898—1988)请教成才之道，拉比说：“提出好问题让我成了科学家。”小时候每天放学后，母亲都会问他当天的学习情况，她对儿子一天所学内容并不感兴趣，但她总要问，今天你是否提了一个好问题？严格的教育与不懈的努力使拉比最终登上了科学高峰，1944年获诺贝尔物理学奖。对基础实验课程，不仅有普及性的基础知识，也有深层次的甚至跨学科内容，我们不仅要勤于思考，善于提问，还要勇于实践，才能真正地感受物理学之魅力，享受其带来的乐趣。

实验室建设可以看作一个系统工程，硬件的东西终将会沉没于历史，只有实验室文化可以传承，永续辉煌。在一些高校看到早期的教学仪器，如500型万用表、SR-2型示波器、拉伸法测量杨氏模量实验仪等国产教学实验器材时隐时现，这些学校在教学中凭借着这些普通设备而挺立过时光的磨灭与辉煌，数十年后的今天，他们在实验室建设方面仍然起到引领作用，至今仍被人们津津乐道，尤其值得地方性应用型院校学习。

编写过程中，吸收了兄弟院校的宝贵经验，得到实验中心同仁们的大力支持，在此深表谢意；感谢厦门大学出版社睦蔚老师付出的辛勤劳动。

成稿之后，总觉得不尽如人意，希望所做工作只是引玉之砖。限于编者知识水平，错漏与不足在所难免，恳请同行和使用或阅读本书的读者批评指正(E-mail: xitpd@163.com)，以便再版时进一步完善与修订。

编者

2016年1月

“大学物理实验”课程表

序	项目序号	实验项目简称	地点	周次	时间
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					

物理教学实验中心主页:<http://>

实验室联系人:_____ 电话:_____ 地点:_____

指导教师姓名:_____ 手机:_____ 邮箱:_____

目 录

第一章 物理实验基本方法	1
1.1 物理实验的重要性	1
1.2 如何学好大学物理实验	6
1.3 如何进行大学物理实验	7
1.4 科学研究与实验方法	11
1.5 实验室安全知识	14
第二章 测量误差与数据处理基本理论	17
2.1 测量与有效数字	17
2.2 误差基础	24
2.3 实验不确定度的评定	27
2.4 实验数据处理的基本方法	35
练习题	40
第三章 设计性与研究性实验教学方法	42
3.1 设计性与研究性实验概述	42
3.2 设计性与研究性实验基本方法	42
3.3 设计性与研究性实验示例	45
第四章 基础性与综合性实验	47
实验 1 基本长度的测量	47
——英制中的长度单位简介	50
实验 2 固体质量与密度的测量	52
实验 3 单摆法测量重力加速度	56
实验 4 自由落体法测量重力加速度	61
实验 5 用复摆测量重力加速度	65
实验 6 用双线摆碰撞打靶研究平抛运动	70
实验 7 拉伸法测量金属丝杨氏弹性模量	74
实验 8 扭摆法测定金属材料的切变模量	79
实验 9 三线摆法测定物体转动惯量	83
实验 10 弦振动特性实验	88
实验 11 旋转液体实验的研究	93

实验 12	拉脱法测定液体表面张力系数	98
实验 13	压强与沸点关系实验	103
	——大气层与航行高度基本知识	107
实验 14	金属线膨胀系数的测量	110
实验 15	热电偶的定标与温度测量	114
实验 16	空气比热容比的测定	119
	——福丁气压表	123
实验 17	落球法测量液体的黏度	125
实验 18	多普勒效应	130
	——马赫与马赫数	136
实验 19	用传感器特性测定人体血压与心率	138
实验 20	电学基本实验	144
	——电磁学实验操作规则与常用仪器简介	147
实验 21	静电场的模拟与描绘	155
实验 22	电桥法测量电阻	160
	——电阻器简介	165
实验 23	电位差计测量干电池电动势和内阻	168
实验 24	热敏电阻的温度特性测量	172
实验 25	非平衡电桥原理与使用	177
实验 26	电子束在电场中的偏转	181
实验 27	电子荷质比的测定	185
实验 28	电磁感应法测量交变磁场	189
实验 29	数字示波器的原理与使用	195
	——DS2072 型数字示波器简介	198
实验 30	模拟示波器的原理与使用	203
实验 31	声速的测量	211
实验 32	用示波器观测铁磁质材料的磁滞回线	217
实验 33	霍耳效应与螺线管磁场的测量	222
实验 34	磁致电阻效应	228
实验 35	基于光学平台测量薄凸透镜焦距	234
	——光学实验基础知识	239
实验 36	光的等厚干涉与牛顿环	246
实验 37	分光计的调整与使用	253
实验 38	用分光计测定光栅常量	260
实验 39	用超声光栅测定液体中的声速	264
实验 40	固体介质折射率的测定	270
实验 41	用阿贝折射仪测定液体的折射率	275
	——浓度的基本概念	279
实验 42	用旋光仪测定溶液的旋光度	280
实验 43	光敏电阻基本特性的测量	285

实验 44	双光栅测量微弱振动位移量	289
实验 45	迈克耳孙干涉仪的调整与使用	295
实验 46	用迈克耳孙干涉仪测量空气折射率	302
实验 47	密立根油滴实验	306
实验 48	光电效应与普朗克常量的测定	313
实验 49	基于计算机观测电阻伏安特性曲线	320
实验 50	基于计算机测定单缝衍射的光强分布	325
实验 51	基于计算机测定双缝干涉的光强分布	330
实验 52	太阳能电池基本特性测量	334
实验 53	温度传感器综合应用实验	341
	——集成运算放大器与电压比较器简介	345
实验 54	计算机仿真单摆测量重力加速度	347
	——大学物理仿真实验简介	350
第五章 设计性与研究性实验		353
实验 55	非线性电阻伏安特性曲线的测定	353
实验 56	用电位差计校准直流电表	356
实验 57	用示波器测量电路相位差	358
实验 58	用示波器观测伏安特性曲线	360
实验 59	电容充放电特性的观察与研究	362
实验 60	电工电子学基本电路系列实验	366
实验 61	温度的测量及其方法研究	369
实验 62	物质折射率测量方法研究	371
实验 63	转速测量方法研究	373
实验 64	薄凸透镜焦距测定方法比较	375
实验 65	显微镜与望远镜的组装	378
	——光学望远镜发展简介	379
实验 66	光偏振现象的分析与研究	382
实验 67	基于计算机研究光电器件的基本特性	387
实验 68	常用传感器基本应用系列实验	389
附录一 物理学常用数据		396
附录 1.1	国际单位制(SI)的基本单位和辅助单位	396
附录 1.2	基本常量表	398
附录 1.3	水的密度与温度的关系	399
附录 1.4	海平面上不同纬度处重力加速度 g	399
附录 1.5	不同海拔高度的重力加速度 g	399
附录 1.6	20 °C 时常用金属的杨氏弹性模量	400
附录 1.7	纯净水表面张力系数	400
附录 1.8	常见热电偶的特性与铜-康铜热电偶分度表	400

附录 1.9	25 ℃时材料的线膨胀系数	402
附录 1.10	蓖麻油黏度与温度的关系	402
附录 1.11	声波在不同媒质中的传播速度	403
附录 1.12	各种气体的折射率	403
附录 1.13	汞灯发射光谱波长表	404
附录 1.14	铜电阻分度表	404
附录 1.15	水的沸点随压强变化参考值	405
附录二	物理学与技术发明	406
附录 2.1	历届诺贝尔物理学奖与物理学技术一览表	406
附录 2.2	科学技术的百个重大发现与发明一览表	408
参考文献		412
练习题参考答案		413

第一章 物理实验基本方法

物理学是研究自然界最基本规律的科学,是研究物质、能量及其相互作用,以及所使用的实验手段和思维方法的学科,通常简称为物理。物理是学习和研究其他自然科学和工程技术的基础。

科学研究方法通常有两种:实验研究方法和理论研究方法。

所谓实验,就是用人为的方法可控制地再现自然现象,并从中进行观测的过程。根据实验中观察到的现象和采集到的数据,加以总结、归纳和抽象,找出事物的内在联系和规律,这种研究科学的方法就是实验研究方法。因此,物理学是一门实验科学。

理论研究方法虽不直接进行实验,但理论研究课题的提出及其研究结果往往都需要通过实验加以检验,因此,实验是理论的源泉。量子力学奠基人之一、德国理论物理学家玻恩(Max Born, 1882—1970)在获诺贝尔奖时曾说:“我荣获 1954 年诺贝尔奖与其说是我工作里包括了一个自然现象的发现,倒不如说是那里面包括了一个自然现象的新的思想方法基础的发现。”

物理学之所以被公认为一门重要的科学,不仅仅在于它对客观世界的规律作出了深刻的揭示,还因为其在发展、成长的过程中,形成了一套独特而卓有成效的思想方法体系。

1.1 物理实验的重要性

物理学经历了原始萌芽时期、经典物理时期以及近现代物理时期,很多技术科学是从物理学的分支中独立发展出来的。经典物理学的形成,是伽利略、牛顿、法拉第、麦克斯韦、焦耳等人通过观察自然现象,反复实验,运用抽象思维的方法总结出来的。近代物理的发展,是在某些实验的基础上提出假设,如普朗克根据黑体辐射提出“能量子”假设,再经过大量的实验证实,假设才成为科学理论。

1.1.1 科学实验是发现新事实的手段,是构成科学理论的基础

伽利略主张用具体的实验来认识自然规律,认为经验是理论知识的源泉,其单摆实验和斜面实验为研究力学规律提供了依据。他把实验和逻辑引入物理学,利用实验和数学相结合的方法,确定了一些重要的力学定律,使物理学最终成为一门科学。

牛顿强调自己从实验观察出发,通过归纳综合的研究方法进行光学研究。在《光学》一书中他指出,在自然科学里,应该像在数学里一样,在研究困难的事物时总是应当先用分析的方法,然后才用综合的方法;这样的分析方法包括做实验和观察,用归纳法得出普遍结论,并且不使这些结论遭到非议,除非这些异议来自实验或者其他可靠的真理。

物理学是一门实验科学,无论是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,并通过科学实验来证实。物理实验的重要性,不仅表现在通过实验发现物理定律,而且物理学中的每一项重要突破都与实验密切相关。

1752年,富兰克林利用风筝把天空的电引入室内,进行室内雷鸣闪电实验,证实了雷电与电火花放电具有同样的本质,进而找到雷电的成因,并在此基础上发明了避雷针。此简单的实验事实说明,物理实验在物理学的发展过程中起着重要和直接的作用。此实验极具危险性,瑞典一科学家试图重复此实验,结果被击死。

牛顿的色散实验证明了不同颜色的光具有不同折射性能,不仅为颜色理论奠定了基础,而且为光谱学的发展开辟了道路。

从科学理论的建立看,实验是理论的源泉,科学理论是从感性认识中抽象出来的理性认识。许多科学理论,如热力学理论等,本身就是科学实验的概括和总结;许多重大理论的突破,如宇称不守恒定律、基本粒子理论等,都是在科学实验有所进步的条件下取得的;许多科学发现,如质子、电子、中子等,也都是在科学实验中发现新事实后提出的。

随着现代科学在广度和深度上的发展,作为建立科学理论的直接事实源泉,科学实验的作用越来越重要。可以说,如果没有系统的科学实验的产生和发展,近代与现代科学将止步不前。

从科学理论的发展看,科学实验是发展科学理论的主要动力,电磁学的发展就是一个典型的例证与缩影。1820年,奥斯特发现电流的磁效应,揭示了原来认为性质不同的电与磁两种现象之间的联系,轰动了科学界,电磁研究热潮席卷欧洲,揭开了电磁学研究的序幕。紧接着,安培进行了一系列的实验,创立了相关的理论;1831年底法拉第用铁粉实验演示并提出了磁力线(磁感应线)概念,革命性地把磁力线的重要概念引入物理学,在大量实验结果的基础上,发现了电磁感应定律,1845年提出了场的概念;麦克斯韦被法拉第的成果所吸引,体会到了场的引入对物理学发展具有革命性意义,在1856年之后致力于用数学语言表述和揭示电磁场的运动规律,对前人与自己的研究成果进行了综合与概括,建立了著名的麦克斯韦方程组,使电磁学理论成为经典物理学的支柱之一。这其中的每一个发现都是由相应的科学实验推动的。

有时科学实验还会导致一些意想不到的新发现和新事实,经过新的理论解释与说明,补充和完善,成为发展科学理论的重要动力。麦克斯韦建立电磁场理论时,把电、磁、光三个领域有机地联系起来,预言了光也是一种电磁波。这在当时只能被看作是一种假说,直到20多年后的1888年,德国的物理学家亨利·赫兹(H. Hertz, 1857—1894)从实验发现了电磁波,并证实了其传播速度就是光的速度,才使电磁场理论得到了广泛的公认。此外,1895年俄国波波夫和意大利马可尼分别实现了无线电波的功能,1925年英国工程师贝尔德(J. L. Baird, 1888—1946)发明了电视,20世纪无线电通信技术得到迅猛发展。“场”的引入是物理学中极具创造性和想象力的科学思维,对物理学发展具有开创意义。爱因斯坦说,法拉第和麦克斯韦在电磁场方面的工作引发一场最伟大的革命。

19和20世纪之交的三大发现——X射线、放射性和电子的发现,为原子物理学、核物理学等的发展奠定了基础,人类从此打开了奇妙的微观世界研究的大门。

1.1.2 科学实验是检验理论正确与否的重要判据

理论物理与实验物理相辅相成,构成了物理学的两大组成部分。理论物理通过高度概括与推理,达到规律化、公式化,使理性认识更具有普遍性,但物理概念的建立、物理规律的发现必须建立在实验的基础上。物理模型与假说等物理理论只有经受住实验的检验,由实验所证实,才会得到公认,形成严谨和客观的物理定律或物理定理,否则,不完全正确的就要予以修正。可以说,物理学作为一门科学的地位是由物理实验予以确立的。

伽利略用新发明的望远镜观察到木星有四个卫星后,否定了地心说,支持日心说。2009年为国际天文年,以纪念400年前(1609年)伽利略第一次用望远镜观察星空的壮举。

库仑1777年开始研究静电和磁力问题。当时法国科学院悬赏征求改良航海指南针中的磁针问题。库仑认为磁针支架在轴上,必然会带来摩擦,提出用细头发丝或丝线悬挂磁针。研究中发现线扭转时的扭力和针转过的角度成比例关系,从而可利用这种装置测出静电力和磁力的大小,这导致他发明扭秤,即库仑扭秤。有了这一精密的仪器和测量手段,导致了著名的库仑定律的产生。

奥斯特坚信电磁间有联系,并开展电是否能产生磁的研究,在教学中发现了电流的磁效应。法国著名生物学家巴斯德在讲述奥斯的发现时,说过一句话:“在观察领域的一切机遇,只偏爱那些有准备的头脑。”这句话成为名言,至今仍被广泛引用。

杨氏双缝干涉实验证实了光的波动假说的正确性。

1900年普朗克在黑体辐射实验的基础上提出了能量子概念,1905年爱因斯坦通过分析光电效应现象提出了光量子假说,总结了光的微粒说和波动说之间的争论,很好地解释P.勒纳(勒纳德)等人的光电效应实验结果,直到1916年密立根以极其严密的油滴实验,发表了58次观测结果,用经典力学的方法,给出了精确的电子电荷电量 e 值,测定了普朗克常数,验证了爱因斯坦光电方程的正确性,揭示了微观粒子的量子本性之后,光的粒子性才为人们所接受。1909年,爱因斯坦明确地提出了光的波粒二象性,并说这“可以被理解为波动理论和微粒说的一种统一”。

可以说,物理学的每一次进步都离不开实验,科学实验是理论正确与否的重要判据。

狭义相对论创立时,瑞士的科学家表示怀疑,由于经典理论的烙印太深,物理学家无法摆脱绝对时空观的束缚;当物理学家们正在慢慢领悟其精深含义时,广义相对论再一次把他们抛在后面。人们都知道爱因斯坦是个伟大的科学家,但是真正理解其理论的人寥寥无几,广义相对论的发展过程比狭义相对论还要艰难曲折,很长一个时期,只有那些研究宇宙学的天文学家对广义相对论感兴趣。相对论通过十分精致的科学实验验证,从而上升为公认的科学理论。在当代物理学家眼中,爱因斯坦的狭义和广义相对论、牛顿的运动和引力定律再加上量子力学理论,是有史以来最重要的三项物理学发现。

现代科学中的许多假说,由于没有相应的科学实验技术,只能停留在假说阶段,因而没能成为科学理论。

在获诺贝尔奖的150余名得主中,以实验物理方面的成就为主,获奖人数远超过三分之二。实验成果可以很快得奖,而理论成果要经过实验的检验。例如,德布罗意1929年得奖是在1927年晶体的电子衍射实验证实了电子的波动性之后;李政道、杨振宁1957年得奖也是在吴健雄1957年初的实验之后。正如伦琴所说,“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;在解决某一假说是保留还是摒弃这一问题时,这个杠杆应当成为‘最高一级的审理法院’”。物理学正是实验物理和理论物理的相互结合、探索前进,而不断向前发展的。

1.1.3 精湛的实验不仅是科学而且是艺术

实验大师们凭借精湛的实验技巧、坚实的理论基础、不懈的探索精神和严谨的科学作风,在经历了长期的实验探索之后才获得辉煌的成果。值得一提的是,迈克耳孙以毕生精力从事光速的精密测量,在有生之年,一直是光速测定的国际中心人物,成为第一个获得诺贝尔物理

学奖美国人。迈克耳孙干涉仪蕴涵着重要的物理思想,以巧妙的实验构思、精湛的实验技术使之在近代物理和近代干涉计量技术中起了重要作用,尽管它已被更完善的现代干涉仪所取代,但其基本结构仍然是许多现代干涉仪的基础。爱因斯坦称赞迈克耳孙说:“我总认为迈克耳孙是科学家中的艺术家,他的最大乐趣似乎来自实验本身的优美和所使用方法的精湛,他从来不认为自己在科学上是个严格的‘专家’,事实上的确不是,但始终是个艺术家。”

英国物理学家托马斯·杨是一位伟大的业余科学活动家,以丰富的想象力并用简便方法设计了光的双缝实验,并明确指出,要使两束分光叠加,必须发自同一光源,这是干涉实验成功的关键,并测出了光的波长。这是波动说对微粒说的一个重大胜利(不是决定性胜利)。他说:“尽管我仰慕牛顿的大名,但是我并不因此而认为他是万无一失的。……我遗憾地看到,他也会弄错,而他的权威有时甚至可能阻碍科学的进步。”

一个人的精神世界有三大支柱:科学、艺术、人文。科学追求的是真,给人以理性,使人理智;艺术追求的是美,给人以感性,让人富有激情;人文追求的是善,给人以悟性,其信仰使人虔诚。

科学强调客观规律,艺术更注重主观情感;科学讲的是理性,艺术更富于情感;“科学就是根据事物的普遍性处理事物的特殊性,艺术则是根据事物的特殊性去处理事物的普遍性。”人文则既有深刻的理性思考,又有深厚的情感魅力。

物理实验既有重要的物理思想,又有巧妙的实验构思,加上精湛的实验技术,这就是科学中的艺术。可网络查阅“十大经典物理实验”等相关资料。

一般认为,物理学的理论与实验集中地体现了科学精神与科学方法,其成果为工程技术进步开辟了道路,工程技术进步又进一步推动着科学的发展,三者是支撑人类社会文明必不可少的重要组成部分。

1.1.4 诺贝尔物理学奖的启迪

根据调查,诺贝尔奖无论是知名度还是声望在世界近百项荣誉奖励中,都是科学奖励系统的“最高奖励”,对于科学发展、人类文明和社会进步起到了积极的推动作用。

自1901年12月诺贝尔奖颁发至今的115年来,全世界共有592位科学家获三大自然科学奖(物理学奖、化学奖、生理学或医学奖)。美国位居榜首,仅物理学奖就有90多名。

“二战”结束前45年中,美国获物理学奖的人数比英国和德国都少。当时,自然科学特别是物理学研究的中心在欧洲,尤其是在德国。德国格丁根大学是当时公认的世界理论物理研究中心,英国剑桥大学的卡文迪什实验室是实验物理的研究中心,一大批科学家在这里学习或工作过,做出了许多新发现。在此期间,众多优秀的科学家移民美国,包括航空航天奇才冯·卡门、德国火箭专家冯·布劳恩,以及费米、爱因斯坦等。“二战”结束至今,物理学家群体为美国的科技发展作出了卓越的贡献,获得物理学奖的美国人或具有美国国籍的科学家明显增多,可以说,世界自然科学的研究中心已从欧洲转移到了美国。

此外,日本政府在2001年第二个科学技术基本计划中提出,要在50年内获得30个诺贝尔奖的目标。在过去的15年里,已有14人获奖(不含外籍日裔),仅次于美国,总数达到23位,超过瑞士,位居美国、英国、德国、法国之后,获奖数为世界第五。其中物理学奖11人,显示了日本科技实力和在物理学领域的强大优势。

有人把一个国家的科学成果超过全世界总数的25%界定为世界科学中心。世界科研活动、主要技术革新成果的绝大多数掌握在欧美日等发达国家手中,发达国家16%的人口却创

造了世界 80% 的价值。当代最为人们瞩目的诺贝尔物理学奖从 1901 年首次授奖至今, 95% 以上是发达国家的科学家获得的。其中, 200 余名获奖者中美国人有 90 多人获奖, 超过 45% 物理学家群体使美国当之无愧地成为世界科学中心。据估计, 在知识经济时代, 科技进步对经济增长的贡献率将超过 80%。近年来, 电子信息产业对美国经济增长的贡献率达 45% 以上。这一切与美国的科学家群体、先进实验技术的积累, 以及拥有先进的实验设备是分不开的。

有研究表明, 20 世纪诺贝尔物理学奖得主做出其重要获奖发现的年龄分布在 22~62 岁, 平均年龄为 (37.4 ± 8.1) 岁, 其中实验物理学家平均年龄为 (38.2 ± 7.9) 岁, 理论物理学家平均年龄为 (34.0 ± 7.0) 岁。理论领域获得重要突破的时间较实验要早。

根据授奖词中关于获奖者开始和完成其获奖工作的年龄分析, 在物理学领域, 约 2/3 获奖者在 35 岁之前就开始了相关工作, 45 岁后才开始的不到 8%, 超过 1/3 的工作在 35 岁前就完成了, 超过 3/4 的工作是在 45 岁前完成的。其中, 在 1901—1992 年间超过 1/2 的物理学家在 35 岁前 (53.2%) 就做出了重要突破, 所有领域在 50 岁后做出重大突破的均不多。

特别是在 20 世纪早期, 获奖者在物理学领域做出获奖成果时都非常年轻, 这与量子论建立及其发展是分不开的。大多数物理学奖授给了 30 岁前做出成果的个人。狄拉克 26 岁建立相对论性量子力学 (1928 年), 31 岁获奖; 泡利 25 岁提出不相容原理 (1925 年), 45 岁获奖; 德布罗意 31 岁提出物质波 (1923 年), 37 岁获奖; 海森堡 24 岁发展了矩阵力学 (1925 年), 2 年后又发现测不准原理, 31 岁获奖; 年仅 25 岁的劳伦斯·布拉格与其父亲分享了 1915 年度诺贝尔物理学奖, 成为该奖项历史上最年轻的获得者; 1956 年李政道 (30 岁) 和杨振宁 (34 岁) 提出在弱相互作用下宇称不守恒理论, 否定弱相互作用下宇称守恒定律, 使基本粒子研究获重大发现, 1957 年获奖; 薛定谔 39 岁建立量子力学的波动方程 (1926 年), 46 岁获奖; 年仅 25 岁的费曼研究生毕业后就参与曼哈顿计划, 30 岁时就对量子电动力学方面作出贡献而在 1965 年获奖; 荷兰物理学家洛伦兹年仅 24 岁就被莱顿大学聘为理论物理学教授, 他在莱顿大学任教 35 年, 对物理学的贡献都是在此期间的年轻时代作出的。最值得一提的是 1905 年, 年仅 26 岁的爱因斯坦在 6 个月内, 利用业余时间, 在 3 个不同领域创造了科学史上史无前例的奇迹, 堪称神话。其中光量子假设理论获 1921 年诺贝尔物理学奖, 虽然狭义相对论没有获奖, 却开创了物理学的新纪元。这一颗颗闪耀的新星, 影响了百年来物理学的发展。

可见, 就物理学奖而言, 科学发现的最佳年龄段在 25~45 岁, 最佳峰值年龄约为 38 岁, 而首次贡献的最佳成名年龄许多是在 35 岁之前。在人的一生中, 总有一个记忆力方兴未艾而创造力“止于至善”的时期, 即记忆力和理解力都是最好的时期。这个时期, 就是一个人创新和学有所成的“黄金时代”, 或者说, 是取得成果和科学发现的“最佳年龄区”。可以说, 历史上重大的科学发现大多是由年轻人做出的。

20 世纪的物理学奖得主获奖年龄分布在 25~84 岁, 平均年龄为 (52.6 ± 12.1) 岁。从获奖者的重大发现到获奖时间的延迟, 表明了科学成果对人类的贡献不仅要经过反复细致的实验或实践检验, 还要经过较长时间的考验。只有这样, 才能得到公认, 印证科学的价值。当然, 历史上科学发现的最佳年龄总是在移动着, 其趋势是越来越大。最佳年龄的后移反映了人类知识的增长所造成的科学发现难度的增加。

事实证明, 青年科技工作者要想在科技领域有所建树, 仅有刻苦精神是远远不够的。首先, 需要一个大的创新环境, 良好的学术氛围, 善于把不同的学科结合在一起, 不满足于重复过去的东西, 勇于提出新见解, 反对各种功利性的研究。其次, 要具有浓厚的质疑的精神, 多质疑, 常反问, 不轻易相信既成事实。正如爱因斯坦所说, 我没有什么别的才能, 只不过喜欢刨根

问底地追究问题罢了。诺贝尔物理学奖评委会主席祖纳·斯万伯格指出,诺贝尔奖获奖者不是通过类似机器的模式就可以制造出来的,也不是靠刻苦就可以成功。像训练运动员一样训练研究者,未必能获得成功。它需要足够的才智、努力、外在条件等,也需要突然降临的灵感。

英国著名哲学家和思想家培根(F. Bacon, 1561—1626)指出,一般说来,青年人富于直觉,富有创造性的想象和发明力,长于创造而短于思考与判断,长于行动而短于讨论与交流,长于革新而短于持重与借鉴。因此,若能多一些思考和总结,加上热情和活力,易于有所发现,更容易获得成功,但行事轻率也可能毁坏大局。最好的办法是把青年的特点与老年的特点在事业上结合在一起,取长补短,如果说,老人的经验是可贵的,那么青年人的纯真则是崇高的。

“江山代有才人出,各领风骚数百年。”(【清】赵翼《论诗》)每个有志于从事科学工作的青年学生在成长过程中,除了加强素质培养,开拓思维,勇于创新,还需要只争朝夕,奋发向上。面对困难,都可以从科学家身上找到答案。引用《聊斋志异》作者蒲松龄(1640—1715)励志自勉联与读者共勉:

有志者,事竟成,破釜沉舟,百二秦关终属楚;

苦心人,天不负,卧薪尝胆,三千越甲可吞吴。

作为基础训练的实践环节,大学物理实验不是探索性的科学实验研究,实验结果也大多有定论。但是,课程教学是系统性的,学习实验的基础理论、基本方法与基本技能,学习对物理量的测量及对实验现象的观察与分析,以及学习有关数据处理,对误差分析、结果表述等方面进行初步训练,使实验者加深对理论的理解。更重要的是,物理实验起着潜移默化的作用,通过以上诸方面较为系统、严格的训练,旨在为今后从事科学实验打下良好的基础,培养良好的科学研究素质。

1.2 如何学好大学物理实验

1.2.1 大学物理实验的任务

大学物理实验不同于其他课程实验,与理论课没有同步和章节的直接联系,顺序性也不强,实验项目通常是不连续和跳跃的,内容的选择具有随意性。注重问题的主要因素,但存在次要因素的影响,实验结果也有误差。虽然有时并不完整,甚至有缺陷,但是较接近实际,通过实验,可以发现一些问题并且可能留下更多的思考。

现代科学素质的三大要素是“实验技能、理论思维和科学计算”。大学物理实验着重于学习实验基本理论、基本实验方法、实验仪器操作技能、数据处理基础知识,通过较为系统和严格的基本训练,以及了解科学实验的基本过程,培养科学作风,为今后的学习和工作奠定良好的实验基础。

1. 通过对实验现象的观察、分析和对物理量的测量,学习物理实验知识,加深对物理学原理的理解。

2. 培养和提高学生的科学实验能力。包括:

- (1)能够通过阅读实验教材或相关资料,做好实验前的准备;
- (2)能够借助教材或仪器说明书,正确使用常用的仪器;
- (3)能够运用物理学理论对实验现象进行初步分析与判断;

(4)能够正确记录和处理实验数据,绘制曲线,说明实验结果,撰写规范的实验报告;

(5)能够完成简单的具有设计性与研究性内容的实验;

(6)能够达到培养科学实验作风和提高科学素养的目的。主要是理论联系实际、实事求是的工作作风,一丝不苟、严肃认真的工作态度,积极主动、敢于创新的探索精神,团结协作、爱护公物的优良品德。

1.2.2 如何学好大学物理实验

物理实验是高等学校理工科院校对大学生进行科学实验基础训练的一门必修基础课程,是大学生接受系统的实验方法和实验技能训练的开端。因此,教育部大学物理课程教学指导委员会把“大学物理实验”作为独立设置的基础实验课程列入大学教学计划。

要学好物理实验课,除了对物理实验要有明确的学习态度和正确的认识,按照规定的步骤进行实验外,还应注意“三要”:

1. 要注意学习和总结实验中所采取的实验方法,尤其是基本的测量方法。这些基本的测量方法是科研实践中经常用到的,也是复杂测量方法的基础。没有经过学习、思考和总结,想在一夜之间解决一个有名的难题,历史上从来没有发生过,也是不可能的。

2. 要自觉培养细心观察、发现实验中的问题和解决问题的能力。不要得到一个所谓好的结果就忘乎所以,就以为已经掌握了这个实验。实际上,任何实验结果,由于各种因素的影响,总会与理想的实验结果有差异,问题在于分析这种差异的存在及其大小是否合理。实验操作仪器时,不可避免地会遇到各种问题,要力求独立思考分析,自己动手去解决。即使请他人协助解决,也要积极思考,留心观察处理和解决问题的方法。可以说,能否发现和排除实验中出现的故障是实验能力的一个重要体现。

3. 要自觉养成良好的科学实验习惯。在实验过程中,有些事情看似简单,但对保证实验顺利地进行以及少出差错起着重要的作用,如合理安排实验仪器的布局,事先画好数据记录表格,清晰、准确并如实地记录实验数据,记录与实验相关的数据,包括实验时间、地点和实验环境(如温度、湿度和大气压)等。特别要阅读实验注意事项,注意人身与实物的安全,还要注意节约易耗品以及保持环境的肃静、整洁等。

1.3 如何进行大学物理实验

物理实验的程序由课前预习、实验操作、课后作业(实验报告)三个环节组成。具体的步骤为预习—预习报告—进行实验—检查数据—检查仪器—准许离开—缴交报告等。

1.3.1 预习要求

实验预习就是在开始实验之前,通过阅读和理解实验教材,查找参考资料,了解实验的目的与要求、原理、基本步骤、数据处理方法、注意事项等,并写好预习报告的过程。认真预习是实验成功的前提。

可到实验室现场熟悉实验实物,有的放矢地预习。

1. 预习的内容

实验前进行预习,旨在对所要做的实验有一个全面了解和初步认识。通过阅读实验教材,

了解实验目的,以及要达到这些目的,需要什么样的仪器设备,应用什么样的实验原理和实验方法,以及如何使用这些实验设备,阅读注意事项,明确实验任务及要记录的内容等,做到心中有数。实验项目中,有关实验仪器描述、实验步骤、数据处理等内容可选择性阅读。有的实验配有 CAI 软件或电子课件,可利用实验室开放时间到实验室熟悉实验仪器,有的放矢地做好预习。实验室的大门对好学者永远是敞开的。

为做到事半功倍,顺利地完成任务,应写出简单的预习报告。

2. 预习报告的格式

预习报告包括以下内容:

(1)实验题目。明确实验目标,了解实验的关键注意事项。

(2)理出实验依据的主要原理与方法,包括实验用到的计算公式、必要的电路图或光路图等,以及简要步骤等。

(3)画出原始数据记录表格。可自行设计,做到清晰直观,最好单独一页。

3. 预习注意事项

预习报告可用提纲形式,用自己的语言简明扼要地加以叙述。切忌长篇大论,甚至照抄教材。

预习报告为预习时写的报告,不一定要写上“预习”两字。若书写完整,包含实验报告(后述)1~5 项的内容,且书写工整的,也可以作为提交的实验报告的一部分。

1.3.2 进行实验

科学实验是一种精细的手工劳动,更是一种复杂的脑力劳动,是理论与实践相结合的典型过程。实验的过程是实验者动手动脑、实际操作仪器进行观测的过程,是对实验者的实验技能与实验方法,以及预习情况的综合检查。

实验时,人身安全是第一要素,要做得专心致志,对实验现象十分敏感,准确判断,果断决策。发现故障或出现危险(对人与物)迹象时,应立即控制现场(如断电、降温等防护措施),并报告老师,分析原因,排除故障,总结教训,逐步积累临场经验。严禁擅自调换或挪用别组和空闲的仪器,损坏和丢失仪器按规定赔偿。

为了顺利进行实验,下面简要介绍实验的基本过程。

1. 准备工作

实验前,应准备好预习报告,以备检查。对没有预习或预习不充分者,指导教师有权停止其本次实验或者不给予预习成绩,迟到超过 10 分钟者,不得参加本次实验。

2. 认识仪器

刚进入实验室时,要大致核对一下仪器与材料清单,熟悉一下将要使用的仪器、设备等的型号、构造特点和特征,了解其规范,如使用方法、注意事项和测量误差等,并及时做好必要的记录。

3. 熟悉操作步骤

对照实物,研究实验操作程序,想一想原方案是否合理。不要急于动手,以免造成错误。

4. 仪器安装和调试

首先对单个仪器进行检查调试,然后按实验要求安装。仪器安装(连接)好后,正式实验前,必要时应请指导教师检查,特别是可能涉及人身与仪器安全的情况,务必经过指导教师同意,方可通电操作。