

大学物理实验导论

—— 历史 发展 启迪

吕增建◎主编



科学普及出版社

大学物理实验导论

——历史·发展·启迪

吕增建 主编

科学普及出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验导论/吕增建编. —北京:科学普及出版社,
2009. 8

ISBN 978 - 7 - 110 - 07135 - 9

I. 大… II. 吕… III. 物理学 - 实验 - 高等学校 - 教材
IV. 04 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 147938 号

本社图书贴有防伪标志,未贴为盗版。

科学普及出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 010 - 62173865 传真: 010 - 62179148

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京迪鑫印刷厂印刷

*

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张: 14.75 字数: 350 千字

2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978 - 7 - 110 - 07135 - 9/O · 88

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

前言

在传统的教育中，通常强调的是教授给学生以现成的知识，而不关注知识产生的历史。也就是说，教科书的内容是以逻辑的方式将所要教授的知识重新建构，而不是按照历史发展的序列来写作。以这种方式编排的教科书有其思路清晰、易于掌握所讲授的知识等优点，但却使得知识发展的历史消失在逻辑一贯的叙述背后。只通过教科书来了解科学的青年学生，往往对科学持有一种非历史的眼光，以为科学的理论与生俱来的正确，是万古不变的永恒真理，以为科学是从一些天才的头脑里蹦出来的，一旦问世就永驻神圣不可侵犯的地位。科学史可以使学生熟悉科学发展进化的思想和人间事物的连续变迁，可以帮助学生懂得我们全部知识的相对性、不确定性和发展性，可以帮助树立学生的历史感和批判精神。历史意识是一个人、一个民族成熟的标志，因为历史感之中包含着一种清醒的判断能力，即根据背景和情境来对事物进行判定的能力，而避免失之片面和武断。而从科学发展史上，我们看到的是真理与谬误相交织的过程。科学理论的演变就像是积木拼图游戏一样，先是在黑暗中摸索，继而渐渐地浮现出来。我们看到的是，科学像其他的人类文化一样，实际上植根于特定的文化土壤，是由特定的文化素养和文化传统的人推动的，并依赖特定的历史条件而产生出来。科学的历史本身就是一部人类思想的演化史，是一种人类理性的进步史。科学要发展就要标新立异，要敢于向传统挑战。批判是科学的生命。科学的批判是一种理性探索。科学范畴内的任何一门学科，从萌芽直至发展到现在，都经过了曲折的历程和数次的范式变迁和观念的革命。向学生详细追溯这一项项发现的全部历史，向学生指明在发明者道路上经常出现的各种各样的困难，以及他怎样战胜它们、避开它们，最后，又怎样趋近于那从未达到的目标，再没有比这种做法更适于启发学生的批判精神、检验学生的才能了。我们要让学生认识到，我们今天所有的科学知识，是在批判和扬弃了前人所获得的科学知识和由此而建立起的科学体系基础之上而得到的。我们能认识到昨天人们所获得和掌握的科学知识是错误的或不全面的，我们今天的科学知识是正确的，反映事物本质的。同样，对于明天的人们来说，也将批判地扬弃我们今天所获得的科学知识和由此而建立起来的科学范式和规则，建立起比我们今天所得到的科学知识更接近于自然规律或“真理”的科学知识和科学范式。

科学史家萨顿认为，科学史并不只是对发现的描述，它的目标就是解释科学精神的发展，解释人类对真理反映的历史、真理被发现的历史以及人们的思想从黑暗和偏见中逐渐获得解放的历史。科学史家库恩把科学现象看作是一个发生、发展以至衰落的历史过程，其中充满矛盾和斗争，把科学视为一种社会文化的产物。物理学既是科学也是文化，描述物理学历史发展过程的物理学史集中地体现了两种文化的融通和两种精神的统一。它包含了丰富的内容；既有属于科学精神的理性精神、求真精神、求实精神、怀疑精神、创新精神，又有属于人文精神的价值精神、伦理精神、现实精神、历史精神、理想精神。特别是

具有沟通科学和人文的桥梁作用，在推进素质教育中无论是培养科学素质、人文素质，还是培养批判精神、创新能力等方面，物理学史都将发挥重要作用。

2006 年我们出版了一部大学物理实验教材，在全国部分高校作为大学物理实验课教材使用，从使用情况来看效果比较理想，得到了师生们的高度好评，特别是把物理学史融入到物理实验教材之中，这种创新理念和实践在国内产生了很大的影响。之后，我们分别于 2006 年 8 月在“全国首届科技史教学研讨会”和 2007 年 10 月“全国第 14 届物理学史学术年会”上，以“物理学史融入大学物理实验教材的尝试”为题进行了学术交流。专家们一致认为：教材开创性地将物理学史引入物理实验领域，拓展了学史教育功能的渗透范围，为加强大学生科学素质和人文素质教育提供一个新颖的平台，这在国内同类教材中尚属首创。这使我们深受鼓舞，决定在此基础上另出一部新教材，进一步突出学史教育功能的特色，加强科学人文素质教育。新教材取名为《大学物理实验导论——历史·发展·启迪》。

编者在编写时，力求突出以下几个方面。

1. 在教材的体系上，突破传统的力、热、光、电到近代物理的排列顺序。根据逐步提高学生的实验技能，由浅入深、由简单到复杂的原则，对实验内容和排序进行了调整。按前导实验、基础实验、提高实验和综合、设计及近代物理实验次序排列，使前后内容呈阶梯状分布，便于采取循环式教学，有利于学生更好的提高实验技能和水平。

2. 对教材内容的处理，注意选取培养学生动手能力、思维能力和创造性能力效果好的实验项目，力求理论性、训练性、实用性相结合。鉴于目前高校的现状各异，充分考虑各高校，特别是参编院校仪器设备实际情况，兼顾本、专科学校的不同需要，选编了 30 个实验项目，以便各高校在使用本书时根据自身的实际情况和实验总学时数选用。

3. 物理实验课程是理工科学生的一门独立的必修的实验基础课。为了加强课程自身的基本理论和基本方法，本书将测量误差与数据处理基础、物理实验中的基本测量方法、物理实验中的常用仪器和操作规程分章立章。

4. 在内容叙述上，力求做到实验目的明确，实验原理叙述清晰，实验仪器介绍实用，实验内容步骤简明可行，实验表格设计合理，实验注意事项要求到位，预习检测题、思考题设置恰当。

5. 在学习方法上为学生提供方便。每一章和每个实验前写了一段引言，便于引导学生学习。对每一个实验内容专门设置了“预习检测题”，帮助学生做好全方位的实验前预习工作，为做好实验奠定基础。

6. 在保持经典内容，突破传统内容排序的基础上，大胆的增添了物理学史、科技史的相关内容，特设了“科技探索历史”栏目。介绍了物理学家创造性的思维方法、实验方法和人格魅力，一方面扩大学生的视野、增加兴趣，让学生充分理解物理实验与物理规律的发现和物理理论的建立密不可分的关系；充分认识物理实验是建立物理规律和物理理论的基础；充分体会物理学就是一门实验科学，提高学生对物理实验的认识，培养其科学实验的基本素质和分析解决问题的能力。更重要的是加强科学与人文的融合，培养全面发展的人才。“科技探索历史”栏目的开设便于物理学史、科技史材料与实验内容的融合，非常有利于在理工实验课程中开展科学人文素质教育。

本书由焦作大学吕增建任主编，各参编作者分工为：吕增建（第三章，科技史，实

验 22、23、24、25、26、27、29、30，附录)，陈小敏（第四章，实验 10、11、12、13、14、15），李海涛（第一章，实验 16、17、18、19、20、21、28），杨光（第二章，实验 5、6、7、8、9），王卫永（实验 1、2、3、4），主编吕增建对本书内容进行了总体规划、设计并审核定稿。

本书系河南省软科学研究计划项目“科学史教育与高校创新人才培养问题研究”的阶段性成果，也是焦作大学教学改革项目，教材的编写得到了学校领导的关心和支持。我们要感谢学校教材建设委员会主任马韵新教授，他提出了许多有益提高编写质量的意见和建议；要特别感谢上海交通大学博士生导师关增建教授，他在百忙之中为本书写了序言，对本书将科学史与课程教学相结合这样一种尝试给予了充分的肯定和鼓励，并就一些具体的问题提出了很好的建议；还要感谢科学普及出版社的孙博编辑，他为本书的出版作了大量的工作。在此对给编写本书以各种帮助的领导和专家谨致衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不少错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 委 会

主 编 吕增建

副主编 陈小敏

编 委 李海涛 杨 光 王卫永

责任编辑 张 楠 孙 博

责任校对 林 华

责任印制 安利平

内容提要

本书根据教育部关于高等学校面向 21 世纪课程建设的有关要求,结合工科物理实验课程教学与实践经验编写而成。全书内容包括绪论,测量误差与数据处理基础知识,物理实验中的基本测量方法,物理实验中的常用仪器和操作规程,前导实验,基础实验,提高实验,综合、设计及近代物理实验 8 章;选编 30 个实验项目,其中前导实验 7 个,基础实验 8 个,提高实验 8 个,综合、设计及近代物理实验 7 个。实验中的“科技探索历史”安排了物理学史、科技史的相关内容,介绍了物理学家创造性的思维方法、实验方法和人格魅力,对培养学生的科学素养,提高分析解决问题的能力以及在理工课程中加强科学人文素质教育以及创新人才培养都将产生积极的作用。书末备有相关附表。

本书从体系的安排上,知识的系统性上,内容的选择上力求理论性、训练性、实用性相结合。在编写过程中,充分考虑到目前高校实验室仪器设备现状各异,精心组织不同层面的实验项目,适合高等职业学校、工科类和师范类本科物理实验课程使用。

序

2005 年秋,中国科技史学会在安徽歙县召开一个全国性的科技史会议,我在会上认识了来自河南焦作大学的吕增建老师。因为彼此名字相同,又都是在中原文化熏陶下成长的,都有受过物理学教育的知识背景,都在高校任教,因而晤谈颇觉投缘,一见如故。也正因为这个缘故,我有幸在吕先生主持编撰的《大学物理实验》正式出版之前,就成了这部大学物理实验课程教材的读者,也就因此有了一些感受。

物理实验课程是大学理工科学生必修的一门基础课程,其开设目的是加深学生对其所学物理知识的理解,帮助学生把握物理学的内涵和精髓,同时也培养学生的动手能力、思维能力和科学创新能力。正因为如此,各高校对此都比较重视,相关教材甚多,实验指导书更是比比皆是。在这种情况下,本书的特色何在?其出版价值何在?

在一般高校中,普通物理学课程由力学、热学、光学、电磁学、近代物理等分支组成,与之配套的物理实验课程若按此顺序编排,也顺理成章。但物理实验课程又是一门独立的实验基础课,它有自己的规律,因而在实验顺序的编排上,就应该遵循物理实验课程本身所具有的规律,而不是左顾右盼,依据普通物理课程的进展情况来安排自己的先后顺序。本书在实验内容的编排上,就充分考虑了实验课自身的特点,比如作者根据学生的实验技能只能逐步得到提高,因此在实验顺序的编排上应该遵循由浅入深、由简单到复杂的原则,打破了传统的按照力、热、光、电到近代物理的排列顺序,按照前导实验、基础实验、提高实验和综合、设计及近代物理实验的次序排列实验内容,这就使得前后内容呈现出了阶梯状的分布,既便于教师采取循环式教学,也有利于学生更好地提高实验技能和水平。此外,考虑到物理实验课程既然是一门独立的实验基础课,有其自身的基本理论和基本方法,出于使学生更好地掌握这些基本理论和方法的目的,作者在书的“绪论”之后,又将测量误差与数据处理基础知识、常用实验方法和基本测量方法、物理实验中的常用仪器和操作规程独立成章,分别编排,以使这些内容更为醒目和明晰,使学生对本课程的基础理论有更清楚的了解。这些做法,颇为可取。

本书的写作充分考虑到学生学习的方便。作者在每一章和每个实验前都写有引言,以引导学生的学习,还对每一个实验内容专门设置了“预习检测题”,以帮助学生做好实验前的预习工作。在课程教学活动中,学生是学习的主体,我们应该树立以学生为本的教学指导思想,并把这种思想贯彻到教学活动的各个环节,其中也包括教材的编写。本书的上述编写方式,就是高校教学实践中贯彻以人为本思想的具体体现。

本书最显著的特点是将科学史的相关内容引入到了物理实验教材之中,这在国内同类教材中,尚属首创。对此,我要稍微多说几句。

科学史是 20 世纪发展起来的一门交叉学科,它会通文理,融贯中西,是人类文明发展的具体体现。人类的生存活动已经有了五千多年的历史。五千年的文明史说到底是由两

部分组成的，一部分是人类处理人与人之间关系的曲折历程，另一部分是人类处理人与自然关系的不朽经过。就前一部分而言，人类的文明史其实并不那么文明，这里面既有和平，也有战争；既有发展，也有毁灭。诚然，人类社会是在一步一步地走向光明，但这中间也付出了沉重的代价。20 世纪在我们驻身于其中的这个地球上爆发了两次世界大战，尽管每一次大战结束之后，人类社会都向前发展了一步，可那是以成千万成千万的人的死亡为代价的。相比之下，人类处理人与自然关系的历程，却以史诗般的形式永载史册，尽管这中间也曾有过失误。随着时光的流逝，昔日的城堡、宫殿变成一片废墟，将军们的赫赫战功也已烟消云散，但是支撑着人们物质生活方式的技艺却一代一代传了下来，显示着人类对自然界的理解的科学知识也一代一代传了下来并得到不断的发展。正因为如此，科学史学科的创始人乔治·萨顿才不无骄傲地宣称，科学史虽然只是人类历史的一小部分，但却是本质的一部分，是唯一能够解释人类社会的进步的那一部分。

诚然，把科学的发展视为线性的、视为一步一个台阶只有前进没有后退的观点，已经被证明是不正确的。但无论如何，在科学史的身上，更能体现出社会的进步，这一点是没有疑义的。

既然如此，我们就要充分重视科学史这一人类珍贵遗产。体现在高等教育中，就要把科学史教育引入到大学的课堂里，把科学史知识引入到相关课程中。这种引入，既是实施素质教育、培养全面发展新型人才的需要，也有助于学生对相关课程的学习。科学史有利于学生理解科学，这已经成为教育界的共识。

但是，由于过去的大学长期以来所形成的分门别类的教育制度，人们在进行科学教育时对科学史并未给予足够的重视。早在 20 世纪 40 年代，有识之士就指出了大学教育中的这一缺陷。1945 年，哈佛大学出版社出版了一部题为《自由社会中的基础教育》（*General Education in a Free Society*. Harvard University Press, 1945, pp. 220 - 222）的调查报告，报告指出：

从基础教育的观点来看，对目前大学的教学状况的主要批评是：整个教学是由各专业的课程组成的，旨在培训未来的专家，而很少考虑一般学生的需要。这类课程花费大部分时间去培养学生掌握专门词汇和专业技术并系统地介绍科学从古到今积累下来的事实和理论。至于对基本概念の考察、科学事业的本质、本学科的历史发展及重要文献，以及本学科与其他有关领域和活动的相互关系，此类课程则很少予以认真的注意。这类课程给予学生的，往往只是科学大厦的一些砖瓦。进一步学习高深课程的学生会利用这些砖瓦盖起某种建筑物。但是，这些砖瓦在一般学生手中很可能永远只是砖瓦。一般的学生最终只好用其他材料在别的地方建造他们的教育大厦了……

科学本身不仅包括专业知识和技能，而且包括概念的相互关系、世界观、对人类和知识的本性的看法。这一切综合在一起，组成了科学哲学，形成了整个人类史上一段连续的、重要的历史，而且包括这样一些著作，就它们对于所有知识的贡献而言是最有意义、最深入人心的一部分。科学的这些方面，在大学的科学教学中往往几乎被完全忽略了……^①

^① [美] G. Holton 著，S. G. Brush 增订，张大卫等译．物理科学的概念与理论导论（上册）．北京：高等教育出版社，1987 年 2 月第 2 次印刷，Ⅷ页．

正是由于认识到了高等教育教学实践中的不足，人们很快行动起来，弥补这一不足。1952年，哈佛大学的科学史教授霍尔顿（G. Holton）出版了一部名为《物理科学的概念和理论导论》的著作，成功地把科学史引入到了物理科学的教程之中。霍尔顿的著作是世界上第一部关于物理学的新型教材，它充分而有效地利用科学史和科学哲学，向一般大学生和理工科大学生阐释物理科学的本质。该书出版以后，很快引起人们的重视，被多次重印，在世界各地拥有大量的忠实读者。在霍尔顿著作的影响和霍尔顿本人的促成之下，1962年，美国开始了一项名为“哈佛物理教学改革计划”（Harvard Project Physics）的工作，该项工作的成果是1970年出版的全国性中学物理教材《改革物理教程》^①（*The Project Physics Course*）。这套教材大量利用科学史内容，具有明显的人文取向，成为美国最具影响的物理教材之一，被广泛使用。

美国教育界的做法，对中国学界产生了某种示范作用。中国教育界有关学者一方面不断地把美国此类教材引入国内，一方面也着手自己撰写融会有科学史内容的科学教材。清华大学出版社1999年出版的向义和先生的《大学物理导论》，就是这样一部将科学史与物理学相结合而形成的物理学教材。

虽然国内已有学者认识到了将科学史与科学教育相结合的重要性，并动手撰写教材，但整体来说，中国人自己撰写的此类教材仍然是凤毛麟角，至为罕见。在物理实验领域，至今还没有一部成功地将科学史与物理实验内容有机地相结合的教科书。这种局面，虽然不为人们所乐见，但它确实是物理实验课程教学的实际情况。现在，吕增建先生主持撰写的《大学物理实验》这部教材，开了将科学史引入物理实验教学的先河。这一举措，理所当然值得为之鼓与呼。我们祝愿大学物理实验课程能够以此为开端，积极探索，努力实现科学史与课程教学更加有机地结合，以造福于学习这门课程的莘莘学子。

本书是集体力量的结晶。长期以来，我对集体著书总有畏惧之感，虽然是众人拾柴火焰高，但要把大家组织起来，既要合理分配任务，分工协作，各展所长，又要保持体例一致，风格统一，内容正确，还要相互兼顾而不重复，工作难度之大，非亲历者不能体会其艰辛。现在，本书已经完成，就书的内容来看，作者充分发挥了集体的智慧，有效地避免了合作著书容易出现的缺陷，这是不容易的。总体而言，本书是一部成功的大学物理实验教材，我们有理由为这样一部教材的出版而感到欣慰。

关增建
于上海交通大学

^① 此套教材共12册，已由文化教育出版社出版。中译本更名为《中学物理教程》。

目 录

第一章 绪 论	(1)
§ 1-1 大学物理实验课的基本教学环节	(1)
§ 1-2 如何学好大学物理实验课	(3)
第二章 测量误差与数据处理基础知识	(5)
§ 2-1 测量与误差	(5)
§ 2-2 直接测量结果及误差估算	(11)
§ 2-3 间接测量结果及误差估算	(12)
§ 2-4 有效数字	(14)
§ 2-5 数据处理方法	(18)
第三章 物理实验中的基本测量方法	(23)
§ 3-1 比较法	(23)
§ 3-2 放大法	(24)
§ 3-3 补偿法	(25)
§ 3-4 平衡法	(26)
§ 3-5 转换法	(26)
§ 3-6 模拟法	(27)
第四章 物理实验中的常用仪器和操作规程	(28)
§ 4-1 电磁学实验基本常识及常用仪器介绍	(28)
§ 4-2 光学实验基础知识及实验规则	(33)
第五章 前导实验	(36)
实验 1 长度单位(米)的演变及长度的测量	(36)
实验 2 物质密度的测量及黑洞探秘	(43)
实验 3 万用电表的使用及电子测量仪器	(49)
实验 4 温度计的发展历史及冰的溶解热的测量	(56)
实验 5 物理学中的理想实验及气垫导轨上测量速度和加速度	(60)
实验 6 用惠斯登电桥测电阻及直流电桥的发展	(68)
实验 7 薄透镜焦距的测定及望远镜在科学研究中的第一次应用	(76)
第六章 基础实验	(82)
实验 8 单摆的发现及单摆的研究	(82)
实验 9 猫旋及刚体转动惯量的测量	(87)
实验 10 电子的发现及电子束的偏转	(92)

实验 11	中国古代热学史及金属线膨胀系数的测量	(100)
实验 12	霍尔效应发展史及霍尔效应的研究	(103)
实验 13	电磁感应的发展历程及模拟法测绘静电场	(110)
实验 14	示波器的使用及发展历史	(117)
实验 15	良导体与非良导体热导率的测量; 世界上最早的实验室	(125)
第七章	提高实验	(130)
实验 16	声速的测定及超声波的应用	(130)
实验 17	光的波粒之争及光的等厚干涉	(137)
实验 18	金属比热容的测定及热污染防治	(143)
实验 19	偏振现象的观察和分析及电影技术的创新	(146)
实验 20	电流磁效应的发现及磁场的描绘	(152)
实验 21	动态磁滞回线的测定; 卡文迪什实验室	(158)
实验 22	PN 结正向压降与温度关系的研究及微电子技术的发展	(166)
实验 23	低温物理学的发展及热敏电阻温度特性研究	(173)
第八章	综合、设计及近代物理实验	(177)
实验 24	压力传感器的发展及压力传感器研究	(177)
实验 25	对称性和守恒律及动量守恒定律的实验研究	(183)
实验 26	密立根油滴实验及密立根油滴实验的探索过程	(189)
实验 27	欧姆定律的建立及变阻器的使用和研究	(196)
实验 28	地震科学及简谐振动的研究	(198)
实验 29	迈克尔逊干涉仪与以太飘移及迈克尔逊干涉仪的调节和使用 ...	(202)
实验 30	光电效应和光量子假说及普朗克常数的测定	(210)
附表	常用物理数据	(216)
参考文献		(224)

第一章 绪 论

大学阶段物理实验课程的学习,不同于中学阶段的实验课。因为中学里的物理实验主要是为了扩大视野、丰富感性知识和增加动手机会,进而帮助同学了解和巩固课堂上所学的理论知识。它仅是物理课程教学的一个附属教学环节。但是,在大学阶段开设的物理实验课程是独立于《大学物理学》之外,对学生进行科学实验基本训练的一门独立的必修基础实验课程,是学生在高等学校受到系统实验基本训练的开端。它在培养学生运用实验手段去分析、观察、发现乃至研究、解决问题的能力方面,在提高学生科学实验素质方面,都起着重要的作用。同时,它也将为学生今后的学习、工作奠定良好的实验基础。

§1-1 大学物理实验课的基本教学环节

物理实验是学生在教师指导下独立进行实验的一种实践活动,教学方式主要是学生自己动手,完成实验内容规定的任务,因此学习物理实验就要求同学们花比较大的功夫,有较强的独立工作能力。学好物理实验课的关键,在于把握住下列三个基本教学环节。

一、实验前的预习

实验教材是进行实验的指导书。它对每个实验的目的与要求、实验原理都作了明确的阐述。因此,在上实验课前都要认真阅读,必要时还应阅读有关参考资料。对于所涉及的测量仪器,在预习时可阅读教材中有关对仪器的介绍,了解其构造原理、工作条件和操作规程等,必要时可到实验室去观察实物,并在此基础上写好预习报告,回答预习思考题。预习报告内容主要包括几个方面:①实验名称;②实验目的;③原理摘要(包括主要原理公式、列出有关测量的条件和将要被验证的规律。其中要明确用什么实验方法和测量仪器等,电学实验应绘出电原理图、光学实验应绘出光路图);④主要仪器设备;⑤主要实验步骤。

上课时,指导教师将检查学生的预习情况。对于没有预习和未完成预习报告的学生,指导教师有权停止该生本次实验。

二、实验中的操作

实验操作是实验的主要内容。实验时,应遵守实验室规章制度;仔细阅读有关仪器使用的注意事项或仪器说明书;在教师指导下正确使用仪器,注意爱护,稳拿妥放,防止损坏;对于电磁学实验,必须由指导教师检查电路的连接正确无误后,方可接通电源进行实验。对于严重违反实验室规则者,指导教师应停止其实验,并按有关规定处理。

做好实验记录是科学实验的一项基本功。在观察、测量时,要做到正确读数,实事求是地记录客观现象和数据。在自备的实验原始数据记录纸上,写明实验名称、实验日期、同组

人,必要时还要注明天气、室温、大气压、温度等环境条件。切勿将数据随意记录在草稿纸上,不可事后凭回忆“追忆”数据,更不可为拼凑数据而将实验记录做随心所欲的涂改。

要逐步学会分析实验,排除实验中出现的各种较简单的故障。实验最后一般总会有数据结果,这些数据是否正确靠什么去判断?数据的好坏又说明什么?实验结果是否正确?这些问题主要是靠分析实验本身来判断,即必须分析实验方法是否正确,它带来多大的误差?仪器带来多大的误差?实验环境有多大的影响等等。往往有些同学,当实验数据和理论计算一致时,就会心满意足,简单地认为已经学好了这次实验;而一旦数据和计算差别较大,又会感到失望,抱怨仪器装置甚至拼凑数据,这两种态度都是实验教学和一切实验研究活动所不可取的。实际上,任何理论公式都是一定的理论上的抽象和简单化,而客观现实和实验所处的环境条件要复杂得多,实验结果必然带来和理论公式的差异,问题在于差异的大小是否合理。所以不论数据好坏,都应逐步学会分析实验,找出成败的原因。

误差与数据处理知识是物理实验的特殊语言。实验做得好与差,两种方法测量同一物理量其结果是否一致,实验验证还是没有验证理论等,这不能凭感觉,而必须用实验数据和实验误差来下断言。领悟并运用这种语言,才能真正置身于实验之中,亲身感受到成功的喜悦和失败的困惑。

实验结束,要把测得的原始数据表交给指导教师检验签字通过,对不合理的或者错误的实验结果,要求补做或重做。离开实验室前要整理好使用过的仪器,做好清洁工作。

三、实验后的报告

写实验报告的目的是为了培养和训练学生书面形式总结工作或报告科学成果的能力。报告是实验成果的文字报告,所以最起码应该做到字迹清楚、文理通顺、图表正确、数据完备和结论明确。报告应予以同行以清晰的思路、见解和新的启迪才算得上一份成功的报告。要求写在专用的实验报告纸上,下次实验时交指导教师批阅。实验报告的内容应包括:实验名称、实验目的、实验原理阐述、仪器设备、实验内容、数据处理与结果分析、讨论等8个部分。

下面分别对“报告”中各部分的写法提出一些要求:

关于“实验名称”和“实验目的”,一般应与教材中提法一致。

关于“实验原理阐述”,应该在对实验原理理解的基础上用自己的语言简要叙述,要求做到简明扼要,图(原理图、光路图、电路图)文并茂,并列测量和计算所依据的公式,注明公式中各量的物理意义及公式的适用条件。

关于“仪器设备”,写出实验中所用到的仪器设备名称及型号。

关于“实验内容”,概括性地写出实验进行的主要过程,设计型实验应该写出关键性的步骤和注意事项。

关于“数据处理与结果分析”,要求写出数据处理的主要过程、图线、误差分析等。在计算处理完成以后,必须以醒目的方式完整地表示出实验结果。

关于“讨论”(包括回答讨论题),一般内容不受限制,可以是对观察到的实验现象进行分析,对结果和误差原因进行分析,也可以对实验方案及其改进意见进行讨论评述。这是实验报告中最开放、最灵活的部分,重在说理,所以能反映实验者观察和分析能力的高低。

§1-2 如何学好大学物理实验课

大学物理实验是一门实践性课程,学生是在自己独立工作的过程中增长知识、提高能力。鉴于我国目前中学阶段对学生实验的训练普遍比较薄弱的现状,在大学阶段想学好物理实验课程,不仅要多花力气、下苦工夫,还应当特别注意改进自己的学习方法。

一、要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在实际工作中会经常用到,并且是复杂的方法和技术的基礎。学习时不但要搞清它们的基本道理,还应逐步地熟悉和记牢它们,且能运用这些方法和技术设计一些简单的实验。任何一种实验方法和测量技术都有着它应用的条件、优缺点和局限性,只有亲自做了一定数量的实验后,才会对这些条件、优缺点和局限性有切身的体会。

二、要有意识地培养良好的实验习惯

在开始做实验之前,应当先认真阅读实验教材和有关仪器资料,这样你才有可能对将要做的实验工作有具体而清楚的了解。而当你完成一个实验的同时,一定要有一份完整而真实的实验记录,这样,你才有可能在需要时随时查阅这些记录,从而在处理数据、分析结果时,有足够的第一手资料;才能帮助你正确地去理解,你到底在做什么实验。在实验过程中,凡有必要,应重复测量若干次,多测读几次,一般总要比只读一次为好(至少能确保不读错!)。要注意记录实验的环境条件(如室温、气压、温度、仪表名称、规格、量程和精度等),注意实验仪器在安置和使用上的要求和特点,有时甚至还要注意纠正自己不正确的操作习惯和姿势。良好的习惯需要经过很多次实验后的总结、反思和回顾以后才能形成。而良好的实验习惯,对保证实验的正常进行,确保实验中的安全,防止差错的发生,都有很好的作用。如果就单个实验习惯而言,由于比较易于理解,又不难掌握,反而容易被初学者所忽视。无数实践证明,良好习惯的养成,只有在实验的过程中有意识地去锻炼自己才行。

在具体的实验项目中,实验的完成需要两个或多个同组实验者的合作,与他们共同讨论、分析实验的结果,将会使你获得比你独自分析更多的收益。

三、要注意养成善于分析的习惯

实验中要善于捕捉和分析实验现象,力争独立地排除实验中各种可能出现的故障,并锻炼自己自主发现问题、分析问题和解决问题的能力。如:实验数据是否合理、正确?靠什么判断?数据的“好”或“坏”又说明了什么?实验结果的可靠性和正确性又如何?这些问题的解决,主要依靠分析实验的本身和实验的过程去判断;换言之,就是实验方法是否正确?它可能引入多大的误差?实验仪器又会带来多少误差?实验环境、条件的影响又将如何?

为了帮助初学者克服实验经验少,还没有掌握一整套分析实验的方法等实际情况,作为大学基础教学实验的物理实验,往往在实验教材中安排少数已有十分确切理论结合的实验项目,使初学者便于联系和判断实验结果的正确性。但千万不要误认为做实验的目的只是为了得到一个标准的实验结果。如果获得的实验数据与标准数据符合了就高兴,一旦有所

差别,就大失所望,抱怨仪器或装置不好,甚至拼凑数据,这些表现都是不正确的,是违背科学的。不论实验结果或数据的好坏,都应养成分析的习惯。当然也不要贸然下结论。首先要检查自己的操作和读数,注意实验装置和环境条件。若操作和读数经检查正确无误,那么毛病可能出现在仪器和装置本身。小的故障、小的毛病,应留意教师或实验室工作人员是怎么着手解决的。仪器失灵,也要学习教师如何去判定仪器失灵或故障所在,在此还应着重指出,能否发现仪器装置的故障,及时迅速修复,这也是一个人实验能力强弱的重要表现,初学者应要求自己逐步提高这方面的能力。

四、要掌握好每个实验的重点

每个实验中都有较多的内容,首先应完成基本内容,这既是基础,也是重点。所以必须注意实验的目的,这样可以提高学习效率。完成基本内容后,如果时间许可,可以根据自己的具体实际情况,尝试去分析一下实验可能存在的一些问题,如使用仪器的精度、可靠性、实验条件是否已被满足?怎样给予证实?或进一步提出改进实验的建议等。

总之,物理实验课有自己的特点和规律,要学好这门课不是一件容易的事情。希望学生在学习过程中不断提高对它的兴趣,打好实践基础,努力培养自己成为高素质技能型的专门人才。