

以学生“知识、能力、素质”培养为目标， 多方位改革大学物理实验教学*

周克省 赵新闻 孔德明 胡照文 钟志光

(中南大学铁道校区数理力学系 长沙 410075)

摘要 根据基础性实践课程教学特点,对工科物理实验教学在教学内容、教学手段、教学方式、考试方法诸方面进行了全面改革,以充分发挥其在学生“知识、能力、素质”培养中的作用。

关键词 物理实验,教学改革,教学现代化,仿真实验,创新素质教育

COMPREHENSIVE REFORM OF EXPERIMENTAL PHYSICS EDUCATION AIMED AT KNOWLEDGE, ABILITY AND QUALITY

ZHOU Ke-Sheng ZHAO Xin-Wen KONG De-Ming HU Zhao-Wen ZHONG Zhi-Guang

(Department of Mathematics, Physics and Mechanics, Railway District of Central South University, Changsha 410075, China)

Abstract The teaching of physics lab courses in engineering colleges has undergone comprehensive reform. The content, method, and examination system have all been revised to give full play to students to develop their “knowledge, ability and quality”.

Key words physics lab courses, education reform, teaching modernization, emulation experiments, creative quality education

物理实验是大学生系统接受实验方法和实验技能训练的开端,是培养学生“动手能力”的课程,这种能力不仅仅是操作能力,更重要的是创造性思维能力。针对过去工科物理实验教学普遍存在的问题^[1],我们按照国家教委高等学校工科物理课程教学指导委员会的指示精神^[1,2],提出了物理实验教学改革目标:充分发挥物理实验在学生“知识、能力、素质”培养中的作用,具体包括:(1)知识方面:使学生掌握基本的实验方法、基本技能及实验的基础理论,了解现代物理实验新技术与知识;(2)能力方面:培养学生综合实验能力、实验设计能力和研究物理规律的能力;(3)素质方面:培养学生创新意识、科学思维方式、实事求是的科学态度、严谨的工作作风和钻研探索精神。改革的指导思想是:加强基础、突出创新、开拓思维、培养能力、提高素质。在工科院校教学计划中,物理实验是学生首先接触到的基础性实践课程。近几年来,我们根据基础性实践课的特点,对物理实验从教学内容、教学手段、教学方式、考试方法诸方面进行了全方位的改革探索与实践,取得了一定效果,现简介如下:

1 建立既符合基础性实践课特点又适合创新素质教育的物理实验教学内容新体系

1.1 在保证基础的前提下,更新内容,提高起点,减少简单验证性实验,增加综合、设计和应用性实验以及近代物理实验

1.2 实验内容体系按循序渐进由浅入深的认识规律分成若干层次

实验分必做和选做两部分,选做实验由学生根据爱好和专业需要选择。第一学期开设“前导实验”和“基本实验”(含扩展设计性实验)。第二学期开设“综合、设计性实验以及近代物理实验”和“知识扩展与应用研究专题实验”。“前导实验”不占学时,供中学实验基础较差的学生选做,填平补齐,目的是提高教学起点。所选实验为最基本的小型实验,内容主要是基本常用仪器的认识使用、基本的测量、简单的数据处理、简单的电路连接等,过去的一些简单验证性

* 2000 - 12 - 04 收到初稿,2001 - 02 - 26 修回

实验都可作为前导实验开设。“基本实验”的目的是进行基本实验技能和基本测量方法的系统训练,在内容和方法上有代表性、基本性和一定覆盖面。第二学期的实验起点相对较高,目的是培养学生综合实验能力和实验设计创新能力,加强知识的深广度,与实际接轨,因材施教。“综合性实验”体现多种仪器使用的综合和学科分支知识与实验方法的综合(如非电量转换成电量进行测量的实验)。“近代物理实验”有其独特的实验设计思想,且知识有深度,对工科学生也是必要的。“设计性实验”由学生独立思考设计,选择方案,自行完成实验全过程,对培养学生科学实验素质和创新能力有重要作用。“知识扩展与应用研究实验”通过仿真实验或录像结合教材阅读材料,使学生了解现代物理实验新技术(工科院校缺乏此类实验设备)。另外,有科研项目 and 科研条件时,可吸收部分学生参加课外科技活动,因材施教,完成科技小论文或小产品制作。

1.3 设计性和扩展设计性实验作为培养学生创造性思维能力、实验设计能力与发挥学生主体作用的重要载体,是实验教学内容体系的重要组成部分

创见来源于思维的独立性,设计性和扩展设计性实验有助于这种独立性和个性的发展。我们增加了扩展设计性实验的教学新内容。所谓扩展设计性实验就是在每个基本实验和某些综合实验的基础上扩展一个或多个内容相关的小型设计性实验(教学方式和要求与基本实验教学方式和要求不同)。留出思维空间,让学生在已有的基础上进行实验设计,使传统实验体现创新意识,同时又巩固了对基本实验的掌握。创新需要基础,不会凭空产生。科学的创新中有许多源于联想。我们在扩展设计性实验的选题和要求上,注意到与基本实验内容上的相关性,便于激发思维与联想,体现出知识传承与创新的关系。另外,提出扩展设计性实验也是为了适应精简学时的需要(工科院校物理实验计划学时已压缩)。过去一些内容和实验方法接近的实验都作为独立实验项目开课。实际上内容相关的实验可以经“加工提炼”(不是照搬)出一些扩展设计性实验供学生选做,能在一定程度上缓解学时紧张的矛盾。设计性实验较扩展设计性实验内容相对独立一些。在选题上我们尽量开发一些难度适中、设计性强、测量方法多、思考余地大的实验。例如我们将“电炉丝电阻率测量”作为一个设计性教学实验开设,实验任务是要求学生测出从商店购买来的电炉丝的电阻率。实验关键是测

螺旋弯曲的电阻丝长度和电阻。长度如何测量?学生必须思考。若通过测密度来间接测量长度,则方法有五六种。测电阻的方法也有五六种。哪种方法最佳?各种方法都可以试验,要比较分析。学生对这类设计性实验很欢迎。除了多个测量方案的设计性实验外,还有制作性设计性实验(如万用表制作等)和元器件特性研究实验(研究元件特性需要设计合理的方法)。好的设计性实验对培养学生独立实践能力、开拓思维、巩固已学知识都是有益的。第二学期开设的设计性实验有第一学期基本实验和扩展设计性实验作基础,学生能顺利适应。从基本实验→扩展设计性实验→设计性实验(两个实验设计层次)的渐进教学思想符合低年级学生学习、思维与心理特点。物理实验作为学生刚接触的基础性实践课程,应该遵守这个教学原则。

1.4 以实做实验为主,仿真实验为辅,两者有机结合构成实验项目体系是物理实验教学内容改革的特色之一

某些简单的实验可以只做仿真实验而不必实做。实验室不具备条件或仪器昂贵的实验,用仿真实验可弥补仪器的不足,还可以剖析仪器和反复调整训练。尤其是一些现代物理实验新技术实验通过仿真让学生扩展知识是必要的。我们引进了中国科学技术大学等院校的仿真或CAI课件多套用于教学,效果较好。

1.5 教材体系结构研究与教材建设从一个方面反映了教育观念的转变和教学内容改革的成果

过去的工科物理实验教材大多是按误差理论、力、热、电、光顺序编写且各自独立的,实验内容、方法、技术难于得到综合体现。而且由于设备有限,各学生班轮换实验,不可能按力、热、电、光实验内容顺序授课。我们继承和突破了传统教材框架,编写了一套体现改革特色的工科物理实验教材(已正式出版)。其主要特点有:(1)实验项目按由浅入深的循序渐进的层次化教学模式编写。(2)综合、设计实验和近代物理实验有较大比重。(3)基本实验和某些综合实验中扩展了许多设计性小实验,编写格式富有启发性,具体要求多样化。(4)设计性实验与扩展设计性实验构成两个实验设计层次。设计性实验内容大体上有多测量方案实验、制作性实验、元件特性研究实验3类。(5)增加了一般教材所没有的“现代物理检测技术简介”一章,含理论基础、实验装置、样品制备、应用,体现了一定的现代气息。(6)强化了实验基础理论知识,包括:误差、不确定度(按最新国家标

准) 数据处理;科学实验方法论;基本操作技术;常用量测量与仪器基本知识.具体实验有具体的实验方法和操作技术,但许多实验存在一些共性的东西.根据这些共性可以提炼出基本实验方法.科学实验类型.实验设计程序等方法论的内容.在实验教学中,不但要教具体实验,还要教方法.学生要通过有限的具体实验去体会深层次内涵,这也是创新素质教育的重要方面.教材的编写应考虑到这一点.

2 在物理实验教学中运用现代化教学手段

单一陈旧的教学手段或媒体容易使学生产生学习心理疲劳和厌烦情绪,教学效果也会受到影响.合理运用多种现代化教学媒体是教学改革的重要一环.几年来,我们在物理实验教学手段现代化方面迈出了可喜的一步.

2.1 建成了与校园网相连的仿真实验局域网并已用于教学

拥有大型专用机房和各种课件,机房有大屏幕彩电供演示,各实验房间有网络终端.局域网主要功能有:(1) 仿真预习复习;(2) 优化实验项目(简单实验只做仿真);(3) 扩展知识,弥补实验条件不足;(4) 校园网上实验及开放预约,进行现代化教学管理;(5) 实验解疑.学生在实验时遇到困难可在各房间网络终端查看仿真课件和实验解疑课件.我们正在研制将实验中常见故障和学生常碰到的操作问题编成网络课件.

2.2 CCD、实物投影、录像等引入使实验教学增添了新的色彩

用 CCD、实物投影系统将从目镜中观看的图像及仪器版面显示在大屏幕彩电上,给教学带来了很多方便.教师讲得清楚,学生听得明白,而且避免了以往教师讲解时学生向前拥挤的状况.可在专用房间播放录像,介绍现代物理实验技术、各种仪器使用、数据处理知识等,学生可随时观看,减少了教师部分劳动强度.

2.3 将“现代化教学管理系统”用于实验教学

预约实验、成绩管理和实验报告批改等均可在网上进行.

3 按基础性实践课教学特点和实验项目特点选择合理的教学方式

实施新的教学改革体系,必须以合理的教学方

式作保证,以便发挥教学活动中的双主体作用.教师是教的主体,学生是学的主体.一方面教师的引导作用不可少,另一方面要重视学生独立思考和独立实践能力的培养.对物理实验而言,学生刚接触实践性课程,有一个适应过程.因此要根据具体情况选择相应的教学方式.我们所采取的教学方式如下:

3.1 预习开放

学生在实验前看书预习不太明白时,可随时到实验室对照仪器预习或上机仿真预习(晚上有人员值班),从而改变了学生实验前预习不足的状况.

3.2 按实验项目特点选择性地开放实验

对学生自主性要求强的实验(如前导实验、选做实验、扩展设计性实验、设计性实验等)实行开放式教学.平时可开放,每学期可另专辟几个星期开放.其他实验仍采用统一排课方式进行教学.我们在实践中体会到,对所有实验全开放无必要而且管理不便,工作量大,教学效率低,仪器损耗大,学生实验时带有盲目性.而选择性开放实验大大减轻了全开放带来的教学管理上的麻烦,也克服了完全不开放那种学生被动完成实验的局面,适合基础实践课教学特点,教师和学生的双主体作用能同时充分发挥.

3.3 突出实验设计思想的教育,正确处理知识的传承、转化与创新的关系

未进行开放的那些实验应该多注重教师的引导作用,同时注重学生的独立实验能力训练.教师的教学重点应放在实验设计思想的教育上,而不是具体操作步骤.实验设计思想包括实验的基本设计原理,测量依据和途径,误差消减方法及仪器装置的设计构思巧妙之处等等.创新需要基础和知识的累积.知识的传承和转化是创造的源泉.实验教学应该把实验设计思想作为知识传承的主要内容.物理实验中有大量实验设计思想丰富的实验,学生应该通过教师的引导从具体实验中去体会创新的思想,培育创新意识与潜能,通过联想而萌发创新的思路.

3.4 设计性和扩展设计性实验要特别注重学生的主体作用的发挥和个性发展

扩展设计性实验要求根据任务去独立完成,具体要求不必强求统一,提倡发散思维.例如:有的可提示,有的不必提示;有的是实验装置的原理设计或改进,有的是具体设计实施测量;有的由学生提出必要的仪器用具,有的由给定的仪器用具让学生自组装置或电路进行实验;有的要求写实验报告,有的要求写小论文,等等.总之要根据实际,尽可能开发学生的创新潜能,在学生平静的脑海里激起思维的波

涛.对独立的设计性实验,只给出实验任务及必要提示.实验前,要求学生查阅资料,写出设计方案,提前一周交教师审阅.实验室要尽可能满足学生提出的仪器要求.设计方案应包括实验名称、任务、设计原理、器材、可行性分析(方案的合理性并预计实验条件对结果可信度的影响等).实验后写出实验报告或小论文,对结果进行分析研究.对多测量方案的实验,要求学生采用两种以上方案实验并进行比较.设计性和扩展设计性实验宜采用开放方式进行,不限时间.在开放时间内,学生可自由安排,有主动权.根据学生能力,一个实验不一定一次完成,也可在一个单元内完成两个实验.扩展设计性实验在时间允许时可在基本实验课内完成.设计性与扩展设计性实验有一定必做数量,其余让学生根据爱好和需要选做,注重个性发展.

4 考试方法要利于综合评价学生实验能力

学生成绩的考核对学生的学学习有导向作用.考试的作用应能促使学生主动学习,并能综合评价学生掌握的知识程度及能力.对实验成绩考核,单纯的操作考试或单纯的笔试都有片面性.前者虽能直接检测学生实验操作能力,但毕竟只涉及到一个实验内容,后者的考试内容广泛一些,但毕竟学生没有动手.我们的考核方式是,第一学期抽签操作考试,操作考试也并非重复已做实验,不但要考具体操作能力,还要考设计能力(有的是小型设计实验),而且口试同时进行.第二学期笔试含全部实验项目及实验基础理论.笔试中要有相当一部分实验设计内容.操作、笔试、平时成绩三结合综合成总评成绩上报.操作考试可采取全员性或随机性抽查方式进行.全员操作考试工作量大,只要教师敬业且学校有政策,实行并不难.随机抽查操作考试,工作量小,对学生的学学习仍有震撼力,但成绩评定要有补充措施.我们所采取的三结合的考核方法是比较成功的,反映的学

生成绩相对客观一些,实验操作能力、设计能力及思维能力、掌握的基本知识都能得到全面考核,大大提高了学生对物理实验课程学习的重视程度.

5 结束语

从1996年参加铁道部及湖南省两项面向21世纪工科物理教改课题以来,我们在物理实验教学改革方面进行了一系列探索性工作.而且每年获得了校内教改基金资助,学校对物理实验室进行了大量投资,物理实验教学面貌有了很大改观.教学内容体系做了较大调整,使之适应学生“知识、能力、素质”培养的要求.我们探索和实践了仿真实验在教学中的应用,与校园网相连的局域网及多种现代化教学手段的使用给实验教学注入了活力.教学方式能切合实际,考试方法较为合理.学生愈来愈重视物理实验课程的学习,表现出极大的学习兴趣和求知欲望.在教学中,学生能提出许多有见解的问题,联想能力与实验设计能力加强了,创新意识得到了培育.很多学生能尝试着某些实验设计,有的能用科技论文格式写出有关实验研究小论文.考试难度加大了(增加了许多实验设计内容),成绩较过去提高了.我们先试点再对近两届学生全面实施新的教改方案,效果明显.但还有许多工作要做,还要在今后的教学改革实践中不断探索和完善.

参 考 文 献

- [1] 国家教委高等学校工科物理课程教学指导委员会.工科物理,1995(4):7[The Teaching Direction Commission of Engineering Physics Course in Colleges and Universities of the National Education Committee. Gongkewuli(Engineering Physics),1995,(4):7 (in Chinese)]
- [2] 国家教委高等学校工科物理课程教学指导委员会.工科物理,1998(2):1[The Teaching Direction Commission of Engineering Physics Course in Colleges and Universities of the National Education Committee. Gongkewuli(Engineering Physics),1998,(2):1 (in Chinese)]