



中学物理

数字化实验教学研究

◎ 沈英琪 艾伦 李鼎 著

 中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS



中学物理

数字化实验教学研究

© 沈英琪 艾伦 李鼎 著

图书在版编目(CIP)数据

中学物理数字化实验教学研究/沈英琪, 艾伦, 李鼎著. —东营: 中国石油大学出版社, 2016. 7

ISBN 978-7-5636-5285-3

I. ① 中… II. ① 沈… ② 艾… ③ 李… III. ① 中学物理课—实验—教学研究 IV. ① G633. 72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 138959 号

书 名: 中学物理数字化实验教学研究

作 者: 沈英琪 艾 伦 李 鼎

责任编辑: 魏 瑾

封面设计: 赵志勇

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营, 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: weicbs@163.com

印 刷 者: 沂南县汶凤印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86983566)

开 本: 185 mm × 260 mm 印张: 17.5 字数: 448 千字

版 次: 2016 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 46.00 元

本书以 DISLab 数字化实验系统为基础,以物理实验教学为背景,以中学物理教师为对象,通过大量教学案例展现中学物理教学改革的问题研究。对于传统的中学物理教学来说,数字化实验是新生事物,它除了给我们带来新的技术和功能,更给我们提供了中学物理教学改革的契机。以往的数字化实验研究更加注重实验方法上的改进,而本书则将重心放在数字化实验对于学生知识的获取、能力的提高以及道德的养成所发挥的作用方面,研究如何使物理教学成为有效教学。要实现这一目标,就必须对中学物理实验教学的概念、教学形式、教学设计、教学组织、教学策略、教学实施、教学评价以及课程标准等问题进行深入阐述,所以本书的结构为教学法结构,而形式则采取案例式。

为了将问题讨论清楚,本书作者参考了大量基于 DISLab 的数字化物理实验教学案例,其中包括数字化实验教学设计 41 个、数字化实验教学相关论文 153 篇、数字化实验课堂教学录播视频 62 个。书中讨论的问题在这些案例中都有表现,部分案例被抽样出来进行详细分析。

中学实验教学有多种形式,其中以教师演示实验、学生随堂实验、学生分组实验为主,本书对这 3 种实验形式都有涉及。

中学物理教学对实验的依赖性很强,数字化实验的出现对中学物理实验教学产生了巨大影响,同时在教学设计、教学组织、教学评价等方面为教师提供了新的课题。研究数字化物理实验教学无疑是具有重大的实际意义的。

作 者

2016 年 3 月

第 1 章 中学物理数字化实验教学的概念与意义	1
1.1 实验教学的概念	1
1.2 探究性实验教学	4
1.3 数字化实验教学的意义	8
1.4 DISLab 数字实验系统简介	16
第 2 章 中学物理数字化实验的教学设计	23
2.1 教学设计内容	23
2.2 教学目标制定分析	27
2.3 重点与难点分析	34
2.4 教学反思分析	37
2.5 实验教学的评价与测量	41
第 3 章 中学物理数字化实验的教学组织	46
3.1 实验教学的教学组织意义	46
3.2 学生实验组织	50
3.3 实验环境组织	53
3.4 实验过程控制	56
3.5 实验报告设计	61
3.6 实验教学策略	65
3.7 对能力目标的关注	70

第 4 章 实验教学标准化问题研究	85
4.1 标准化基础知识	85
4.2 教育装备元标准建立的必要性	93
4.3 中学实验器材配备标准的编制	99
4.4 中学实验教学课程标准框架	104
第 5 章 关于数字化实验优势的探讨	108
5.1 分辨率与精确度	108
5.2 实验结果的可视化	113
5.3 实验的便捷性	119
5.4 智能化问题	121
第 6 章 中学物理数字化实验的创新设计	124
6.1 力学实验创新设计	124
6.2 热学实验创新设计	165
6.3 声学实验创新设计	174
6.4 光学实验创新设计	181
6.5 电磁学实验创新设计	196
第 7 章 中学物理数字化实验教学优秀案例	229
7.1 教学设计优秀案例	229
7.2 教学模式研究优秀案例	248
7.3 数字化实验与传统实验对比研究优秀案例	254
7.4 教学有效性研究优秀案例	259
7.5 能力培养优秀案例	267

第 1 章

中学物理数字化实验教学的概念与意义

在正式讨论中学物理数字化实验教学中的一系列相关问题之前,必须对实验教学、数字化实验教学等基本概念进行界定,并对中学物理数字化实验教学的目的、意义以及功能等展开讨论。只有在这些基本问题十分清晰的情况下,后面一系列问题的讨论才是有意义的。

1.1 实验教学的概念

随着教育的深入发展,基础教育的教学发生了巨大变化,实验教学的作用与地位在学校教育中逐渐突出出来,人们开始重视实验教学,但是,有关实验教学的一些概念还不是很清晰。本节希望通过对实验教学概念的讨论,将一些相关问题界定清楚,从而为进一步研究开辟道路。

1.1.1 实验教学的内涵

《教育大辞典》中对“实验教学”一词的解释是:“实践性教学的一种组织形式。学生利用仪器设备,在人为控制条件下,引起实验对象的变化,通过观察、测定和分析,获得知识与发展能力。在基础课和专业课中广泛应用。其目的不仅在于验证书本知识,更着重于培养学生正确使用仪器设备,进行测试、调整、分析、综合和设计实验方案、编写实验报告等能力。实验前,教师需编写实验指导书,并在课前发给学生预习。实验中教师要巡视,加强个别指导。结束后,认真评阅实验报告,作为成绩考核的主要依据。”

从上述解释中可以看出:(1)实验教学是以学生为主的一种实践性的教学活动;(2)实验教学中应有仪器设备构成的实验环境;(3)学生在此活动中要进行观察、测量和分析等工作,同时还要进行实验内容预习、仪器测试和调整、实验方案设计、实验报告撰写等工作;(4)实验教学的目的是使学生获取知识和发展能力;(5)教师在整个活动中要指导学生预习实验内容,操作仪器设备,控制实验过程,还要评阅学生的实验报告并给出相应的成绩。

故中学实验教学应该具有 3 个主要元素:(1)教师和学生共同参与;(2)由实验仪器设备构成实验教学环境;(3)教学内容是独立于课堂教学内容的,而教学形式则是学生自行操作训练。实验教学必须是教师和学生共同参与的一种实验活动,只有教师参与的实验称为演示实

验,而只有学生参与的实验是课外实验或社会实践活动,都不属于我们在这里论述的实验教学的范围。实验教学必须是在由实验仪器设备构成的实验教学环境下进行的,这些实验仪器设备是实验教学必不可少的教具和学具,不具备实验仪器设备的教学活动不属于我们所说的实验教学范畴。实验教学内容完全独立于课堂教学内容,这点是说它绝对不是课堂教学讲授内容的重复,不是另一种表现形式的教师课堂讲授的内容。而它的教学形式则是以学生参与的动手实际操作为特点,动手动脑是学生在这种教学环境下的主要学习形式。

从《教育大辞典》对“实验教学”一词的解释可以看出,此处实验教学只是针对理科课程的,如物理、化学、生物、地理、科学等。但是,教育部2009年12月25日颁布的《中小学实验室规程》第一章(总则)第三条则明确指出:“本规程所指实验室包括中学理科实验室、通用技术实验室、小学科学(自然)实验室、艺术专用教室、历史地理专用教室、实践活动室和开设其他课程需要的专用教室等。”于是,实验教学所涵盖的范围就远大于过去人们对它的认识了,它不再限于理科课程,同时包含技术类课程(信息技术与通用技术),甚至在人文学科和艺术、体育类课程中都有相应的实验室与实验教学。

1.1.2 实验与试验的区别

实验教学中的“实验”一词容易与“试验”一词混淆,需要对它们予以区分。《现代汉语规范词典》中,“实验”的释义是“为了检验某个科学理论或假设而进行某种操作或从事某种活动”,“试验”的释义是“为了察看某事的结果或某物的性能而从事某种活动”。

从《现代汉语规范词典》对两词的释义可以看出:实验是用来检验某个已经存在的科学理论或提出的科学假设,是通过实践操作来进行检验;而试验是用来找出或发现某事物中可能会有什么现象出现或产生,是为了察看某事物的结果或性能。所以:实验是有目的的行为,而试验的目的性较差;实验前对结果进行了假设,方法更为科学,而试验的研究结果则具有不确定性。由于在教学中特别强调科学性,提倡的是科学方法,所以实验教学采用“实验”而未采用“试验”。

1.1.3 实验教学与教学实验

容易与“实验教学”混淆的一个词是“教学实验”。教学实验是以教学行为与过程为研究对象的一种科学研究活动,属于实验教育学的范畴。教育学属于社会科学,是模仿自然科学研究问题的方法对教育中的各种现象进行研究,所以也使用了实验的方法。《教育大辞典》中对“实验教育学”的释义为“用实验、统计、比较的方法研究儿童身心发展和教育的科学”。

教学实验多采用实证的研究方法对教学问题进行研究。人们将实验心理学的研究成果和研究方法运用于教育教学,研究学生的身心发展及教育问题。研究方法常采用对照组研究、控制变量,通过前测、中测、后测采集数据,经假设检验做数据的统计分析,最后得出研究结论。通过采用实验、统计和比较的方法,使教育学的研究更加丰富和严密。

1.1.4 中学实验教学的形式

中学实验教学一般具有4种形式:演示实验、随堂实验、课外实验、分组实验。其中演示实验是指在授课课堂上由教师操作演示给学生看的实验,用来启发和引导学生对实验展示的自然现象进行观察和思考,从而达到预定的教学目标。随堂实验是指在教师授课的同时,利用几

分钟至一节课的时间进行的实验,采取的是教师讲授指导、学生操作实验的教学形式。随堂实验在一些推行“走班制”的学校里已经非常广泛地开展起来。课外实验是学生有组织地或自行进行的各种体验式的实验活动,包括各种社会实践活动。分组实验则是在学校内,特别是在教室、实验室环境下,在教师的组织下将学生分为若干人组成的实验小组进行的实验。本书论述的主要是学生分组实验教学的问题。在分组实验中,学生自由地或由教师指派形成协作小组,每组人员从2人到多人不等,一般情况下最多不超过3人,有特殊需要或受条件所限时人数也会增加,但以5人为限。实验时每人都有自己的任务,分别负责实验中的一部分工作,例如操作仪器、调整设备、记录数据等。分组原则有同质分组和异质分组两种,同质分组是将学习程度、能力水平、兴趣性格等特质相同的学生分配在同一个小组中,异质分组则是将特质不同的学生分配在同一个小组中。分组实验多采取异质分组方式,以使学生在实验时能够在特质上形成互补,达到最好的协作效果。

1.1.5 教学系统与实验教学

《教育大辞典》中对“教学系统”的定义为:“师生共同参与,旨在实现教学目标的活动体系。由教学人员(教师和学生)、教学信息(以各种形式编制的软件)、教学材料、设备(各种形式的教学硬件)构成。”南国农先生则从教育传播学的角度出发,罗列了教育传播系统构成要素的二要素说、三要素说、四要素说、五要素说和六要素说,并宣称自己采纳四要素说,即教育者、受教育者、教育信息、教育媒体。黄荣怀教授在论述教学结构时,也定义了教学系统四要素:教师、教学媒体、学生、教学内容。南先生与黄教授的定义是一致的,其中南先生所谓的“教育者”即黄教授所谓的“教师”,“受教育者”即“学生”,“教育信息”就是“教学内容”,而“教育媒体”则对应“教学媒体”。之所以说法不同,是因为他们的研究对象有区别,教育和教学所规定的研究范围具有差异。相比较而言,《教育大辞典》中的定义可能存在一些不太恰当的地方。其中“教学信息(以各种形式编制的软件)”显然是对信息定义的错误理解,因为“以各种形式编制的软件”是信息的承载物,而非信息本身。如果将该定义中的“教学材料”合并到“设备”中,然后用教育媒体或教学媒体代称,则《教育大辞典》对“教学系统”的定义也就与南先生、黄教授的定义一致了。

所以,笔者认为,对教学系统的构成较为恰当的定义应该是教师、学生、教学内容、教学媒体4个部分,并进一步认为,如果将“教学内容”称为“知识”会更好,而知识又包括显性知识和隐性知识(如能力)两部分。分析教学系统四要素说,可认为构成学校教学系统的主要成分为人、知识(含能力)、物,称为教学系统三分论。其中:人即教师和学生,是教学系统的主体;知识是教学系统的客体;物则是教育装备或称教学媒体,它既非主体也非客体。装备作为工具,是人类感官、肢体、思想的延伸。在教学系统中,教育装备的作用对象是人类(学生)。但由于人具有主动性与能动性,教育装备的作用对象(学生)将不再是系统的客体,而是与装备的使用者(教师)一起构成了系统的主体,系统的客体发生了异化并变得抽象化,教育装备则仍然只是工具,是人工资源。在教学系统中,教师与学生都是主体,而知识则成了客体,并且知识具有抽象化的特点。

通常情况下,人们将显性知识简称为知识,而将隐性知识中的能力单独拿出来考虑,则学校教学系统中的知识客体就分为知识与能力两部分(其实新课程标准,简称新课标,对3项教学目标的分解也是这样规定的,只是将“能力”称为“技能”),而实验教学是针对能力部分提出的教学形态。实验教学具有特殊的规律,它既可以成为教学系统的一个组成部分,也可以单

独构成一种教学形态。中学教学可以分为两种形态：(1) 教师讲授为主的教学形式，它以学生获取知识为主要目的，称为知识本位的教学形态；(2) 以学生动手操作为主的教学形式，它以学生提高能力为主要目的，称为能力本位的教学形态。根据教育部《中小学实验室规程》第一章第三条的规定，能力本位的教学形态正是本书中所述的实验教学的教学形态。

通过以上讨论，对中学实验教学概念应有较为清晰的认识，对实验教学的地位与作用应有一定程度的理解。我们将在后续的讨论中对中学实验教学做更加深入的分析，不仅要解决实验教学是什么的问题，还要解决为什么、做什么和怎么做的问题。

1.2 探究性实验教学

探究性(或探究式、探究型)实验教学(inquiry-based experiment teaching)是指采用科学探究的方法进行的实验教学活动。其特征是学习者在教师的指导下，通过相互协作，自行建立研究目标，自行设计实验过程，自行掌握和发现相应的原理与结论。其目的是使学生建立科学研究思想，掌握科学研究方法，提高科学研究能力。

探究性教学的概念早在 20 世纪 50 年代就由美国教育家杜威提出，之后颁布的《美国国家科学教育标准》中对探究性教学进行了系统的界定和解释。在我国，此次课程改革(简称课改)的高中新课程标准中则进一步提出了探究性实验教学的理念。2009 年，教育部制定了《中小学实验室规程》，该规程的执笔者蔡耘在对规程的解读宣讲时曾多次强调了探究性实验教学对培养学生创新能力的重要作用。而在 2010 年 2 月教育部颁布的《中小学理科实验室装备规范》中，则将科学探究实验室正式列入实验室系列。至此，探究性实验教学就成为基础教育教学(特别是理科教学)和实验室建设中追求的主要目标。很多人认为，要提倡探究性实验，就必须反对验证性实验。笔者在此提出的观点是：提倡探究性实验与进行验证性实验并不矛盾，我们不应该反对验证性实验，而是要反对唯验证性实验。

1.2.1 探究性实验教学探究什么

新课程标准中提出了 3 项教学目标，即人们耳熟能详的“知识与技能”“过程与方法”“情感、态度与价值观”(其中的“技能”应理解为“能力”)。从这 3 项教学目标出发对实验教学进行分析，可以将实验教学分为两大类：以获取知识为目标的实验教学(通过对定理定律等结论的实验验证，巩固所学知识)、以提高能力为目标的实验教学(通过对过程与方法的实验探究，提高各种能力)。同时，我们又可以以以提高能力为目标的实验教学再进一步细化为以下 3 种类型：通过对获得定理定律等结论的其他方法的探究，提高综合设计能力；通过对冷僻问题结论与方法的探究，提高分析能力；利用实验条件去实现一个创作或完成一个产品、作品，提高综合设计能力。其中，对获得定理定律等结论的其他方法的实验探究和对冷僻问题结论与方法的实验探究在下文中都有实例进行详细说明，而利用实验条件去实现一个创作或完成一个产品、作品的实验探究正是现行高中新课程中技术类课程(通用技术、信息技术)所要实现的教学目标，此处不再赘述。

希望学生在中学阶段能够有巨大发现和建立科学理论是不太现实的，除了众所周知的原因——中学生还不具有足够的知识、能力和经验以外，更重要的是科学结论的得出通常采用分析归纳的方法(当然也可以提出假设后从一点出发，采取综合演绎的证明方法)，其成果具有

唯一性,而重复别人的研究将不具有创新性。这不同于我们采用演绎的方法去综合、设计一个产品,其成果具有多样性,只要成果有差异,对学生来说就是创新。另外,现在基础教育阶段的教学方法大多采用的是演绎法,基本都是从已知定理定律出发,进行演绎或推论,从而验证该结论的正确性(即定理定律具体应用)。配合这种教学的实验就是验证性实验。为了巩固所学知识,完成3项教学目标的知识目标,验证性实验是必备的,是不可忽视的。所以,所谓探究性实验教学,就应该是指以提高能力为目标的实验教学中在实验过程与方法上的探究和创新。探究性实验教学探究什么?重点探究的是过程与方法。

1.2.1.1 经典定律过程与方法实验探究实例

利用单摆的简谐振动测量重力加速度是中学(甚至一些高校)必设的物理课程的实验。这种方法精确、可靠,是多年沿用下来的经典实验教学内容和方法。如果在过程与方法上进行探究和创新,可以按照以下的思路进行。

用单摆测量重力加速度依据的是重力加速度 g 与单摆做简谐运动时一些物理量(振动周期 T 和摆长 L) 的关系,即由

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}},$$

得到

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} L。$$

通过测量振动周期 T 和摆长 L 就可计算出重力加速度 g 的实验值。

此外,重力加速度还在许多运动规律中出现。例如:在自由落体运动中,物体下落的垂直距离 h 与下落时间 t 和重力加速度 g 的关系满足

$$h = \frac{1}{2} g t^2,$$

于是有

$$g = \frac{2h}{t^2}。$$

只要能够测量出物体下落的垂直距离 h 与下落时间 t , 也就能计算出重力加速度 g 的实验值。

再例如:做垂直圆周运动的物体,当其运动到最高点(图 1-1 中 A 点)时,满足圆周运动向心力与其重力正好相等的条件

$$g = \frac{v^2}{r}。$$

其中 r 为圆周半径, v 为物体在 A 点时的线速度(切线方向的即时速度)。此时,如果能够测量圆周半径 r 与线速度 v , 就可以计算出重力加速度 g 的实验值。

用这种思路去启发学生,让他们摆脱经典实验教学思想的束缚,去探究全新的实验过程,去创新独特的实验方法。虽然科学结论是已经被验证过的,但是过程、方法却是与众不同的。学生在这个过程中锻炼和提升了实验及其仪器设备的综合设计能力。

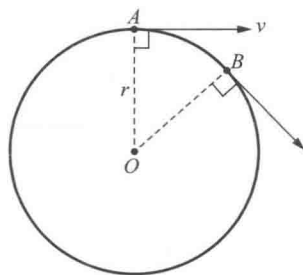


图 1-1 垂直圆周运动示意图

1.2.1.2 冷僻问题结论与方法实验探究实例

一些冷僻问题或人们不是特别关注的问题,给学生探究科学结论留下了一定的自由空间。举一个日常生活中的例子:在购买家庭电热水器时,生产厂家和生活经验告诉我们,为了节约电能,人口少的家庭买小容量热水器,而人口多的家庭买大容量的。厂家提供的电热水器选择经验值开列在表 1-1 中。

表 1-1 电热水器选择经验值

家庭人口/人	热水器容量/L	热水器功率/W
3 ~ 4	30 ~ 40	1 000
4 ~ 5	40 ~ 50	1 250
5 ~ 6	70 ~ 90	1 500

实际测量某热水器自然冷却(不进行加热)的水温变化,发现它遵循的规律如图 1-2 所示。其中:横坐标是时间 t ,单位为小时 $h(0 \sim 48 h)$;纵坐标是温度 t ,单位为摄氏度 $^{\circ}C(0 \sim 90 ^{\circ}C)$;测试条件是室温 $25 ^{\circ}C$ 。观察该曲线发现:在高温段,曲线变化率比较大,温度每降低 $10 ^{\circ}C$ (从 $85 ^{\circ}C$ 降低到 $75 ^{\circ}C$)大约用 $2 h$ 的时间;而在低温段,曲线变化率很小,温度每降低 $10 ^{\circ}C$ (从 $40 ^{\circ}C$ 降低到 $30 ^{\circ}C$)大约用 $30 h$ 的时间。这是由两段对外界的温度梯度不同所致。如果该电热水器温度控制机构的控制精度为 $1 ^{\circ}C$,则在高温段平均每 10 min 左右就要通电加热一次,而在低温段则平均 $3 h$ 才通电加热一次。因为被加热的水量是相同的,温升差($1 ^{\circ}C$)也是相同的,可以认为每次加热的用电量一样。但是,因为每小时加热的次数不同,显然让热水器工作在低温段是比较经济的。另外,人们洗澡和洗脸使用热水的温度一般在 $40 \sim 45 ^{\circ}C$ 范围内,当热水流出时,冷水会自动进入热水器进行水量补充,而使热水器内水温下降。如果选用大容量的热水器,补充进来的冷水量相对于原储水量很小,则对温度的影响就不会太大。同时,容量大的热水器的保温性能比容量小的热水器好,所以我们得出结论:(1)为了节约电能,无论家庭人口多少,都要选择容量大的热水器,即容量与家庭人口无关;(2)将热水器的预置温度调整到 $45 \sim 50 ^{\circ}C$ 之间,使其工作在低温段以节约电能;(3)热水器平时不要断电而是保持加电状态,因为大容量热水器第一次加热时需要的电量相对较多。

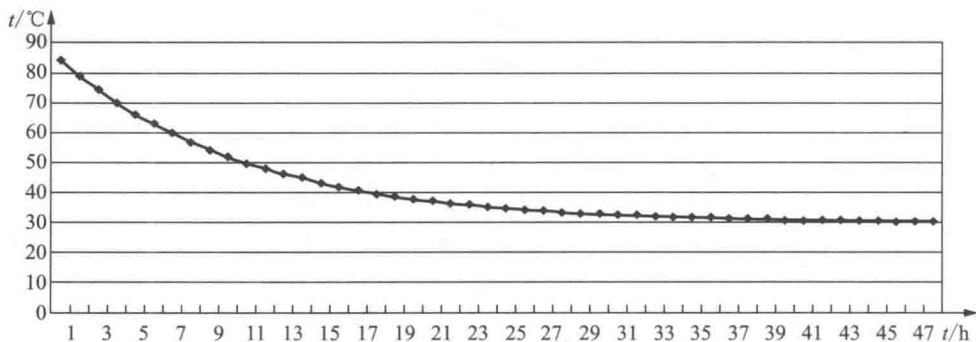


图 1-2 电热水器自然冷却水温变化规律

这是一个突破日常经验、通过采集数据和细致分析而探究出科学结论的实例。在教学中启发学生,让他们抱着怀疑日常经验的态度去发现一些问题,提出假设,设计实验过程,分析实

验结果,得出科学结论。在这样的一系列活动中,培养学生的创新性思维和科学探究的能力,是进行探究性实验教学的一个有效途径。

1.2.2 数字化实验在探究性实验教学中的作用

数字化实验是指采用各种传感器技术,利用计算机进行数据采集,对采集的数据进行自动化处理以及通过计算机网络完成通信等借助数字化设备实现的实验。数字化实验出现后引起较大的争议,人们对它褒贬不一。用新型的数字化实验全部取代传统的验证性实验是不可行的,因为传统的实验方法中记载着前人进行科学研究的思路,况且,传统的手动数据收集和数据处理工作对于培养学生细心观察、认真思考和科学分析的能力是十分重要的手段。

但是,对于一些过程与方法探究的实验来说,数字化实验则为其提供了广阔的天地。前文中利用垂直圆周运动的半径 r 和物体的最高点线速度 v 求重力加速度 g 的实验方法就对数字化实验设备具有较强的依赖性。具体实现时可使用如图 1-3 所示的装置。为了得到尽量精确的数据,可在图中装置的 C 点上下各安装一个连接力传感器的触针或簧片,同时在 C 点的侧面安装速度传感器。调整小球 A 沿滑道下落时的起点位置,使两个力传感器指示的力相等,此时测得的速度就是我们需要的最高点线速度 v 。再用卡尺测量轨道圆周部分的直径和小球的外径,以确定圆周运动的半径 r 。最后,根据得到的数据计算重力加速度 g 。这样的实验如果没有数字化设备的支持是很难实现的。所以我们可以认为,数字化实验设备是探究性实验室的理想装备。科学合理地配备数字化实验设备,避免盲目采购,充分发挥数字化设备的效能,是教育装备人必须认真思考的课题和坚定执行的任务。

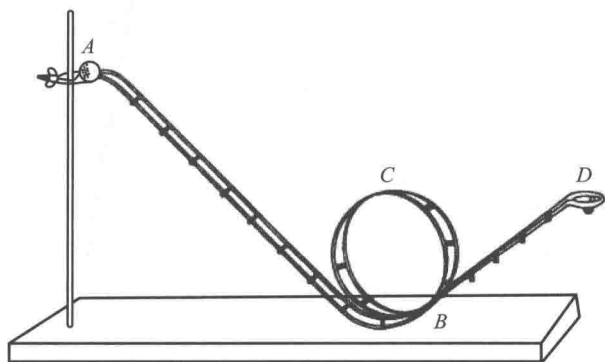


图 1-3 垂直圆周运动实验装置

1.2.3 提倡探究性实验而避免唯验证性实验

前文谈到,针对新课标提出的 3 项教学目标中,以获取知识为目标的实验教学被称为验证性实验教学,这种实验教学是通过对定理定律等结论的实验验证而使学生巩固所学知识。同时指出,为了实现 3 项教学目标的知识目标,这种实验教学模式是必要的。但是,如果仅仅采用这样一种实验教学模式,而忽视或拒绝以提高能力为目标的实验教学(通过对过程与方法的实验探究,提高各种能力),就成为唯验证性实验教学,这是我们所反对的。所以我们应该提倡探究性实验而反对唯验证性实验,避免盲目地反对一切必要的验证性实验,这是完成新课标提出的 3 项教学目标、实现素质教育、最终达到培养创新型人才这一总体目标的要求。

1.3 数字化实验教学的意义

中学实验教学的数字化似乎成了一个趋势,各校都在争取得到这种实验条件,并将这样的实验室命名为“创新实验室”。我们在此不对其意义下定论,只是将教师们对 DIS (digital information system, 数字化信息系统) 实验的看法、认识开列如下,最后做一个客观的分析。

案例 1

从初中物理课堂教学的部分案例中可以看出,DIS 实验主要用于设计实验、处理实验数据这两个环节,而确定实验步骤、选择科学方法、记录物理量、分析图像和数据等环节,则是物理教学中最基本的要求和目标。DIS 实验给教师的教和学生的学带来了许多有益的、根本性的变化,但是传统实验具备的一些优点也很突出,有些传统实验用 DIS 也是无法完成的,所以传统实验也没有必要完全退出,两者各有所长。为了使物理实验课堂教学的有效性更加突出,两者可以取长补短,相得益彰,在今后的一段时间内必将形成 DIS 实验与传统实验并存且互补的局面。

案例 2

在学生对于传感器、数据采集器、计算机编程语言和图像模拟等方面的知识零储备的背景下,数字化实验中数据信息的获得和处理涉及的信号发射、接收、输入、处理、显示等一系列复杂的过程,超出中学生的认知能力,加之多数教师对数字化实验软硬件系统的了解程度不深、数字化实验相关资料匮乏等重要因素,对于不在少数的学生而言,DIS 实验虽然如此神奇,却难免变得神秘,数据的获得和处理过程犹如“暗箱操作”。笔者认为,学生对一个陌生物理规律的习得,必须建立在其坚信这一习得过程的严谨性、科学性的基础之上,他们对于一个物理内容的理解程度也必将受到对相关内容构建过程中所涉及的事件的理解程度的影响。DISLab 系统的神秘性,一定程度上影响了实验教学功能的实现。

DISLab 系统的过度智能不利于学生部分重要基础能力的培养。DISLab 进入中学课堂伊始,不少师生就将其定位为“傻瓜机”,当然,这是一种有失客观的评价,但毋庸置疑,过多地依赖 DISLab 对于实验数据的智能采集、智能处理,必将弱化很多传统实验课堂所关注的学生对于多用表、游标卡尺、螺旋测微计、打点计时器等大量经典仪器的操作能力,以及数据记录、运算、作图和归纳等基础能力的培养。

优秀的传统实验却恰恰具备了设计巧妙、过程明了、现象简洁直观、能够有效培养学生基础能力等功能特点。

案例 3

综合而言:在知识构建方面,传统实验在诸多物理规律的定性展示和探究方面见长,而 DISLab 在物理量的定量测量、动态的过程分析方面有着不可替代的优势;在能力培养方面,DISLab 将新技术元素融合于物理实验课堂,改变了课堂时间的分配结构,为学生探究质疑能力的养成赢得了更多的时间,不过在教学实践中,由于受到很

多因素的影响,这些能力培养的实效性还差强人意,而传统实验能够有效地提高学生计算、作图、归纳等一些重要的基础能力;在情感、态度与价值观方面,DISLab融合了计算机、传感器等当代较为先进的科技元素,加强了物理课堂与科技社会的联系,而传统实验则更为本真地保留了物理规律获得的探索历程。

不论是传统实验还是数字化实验都各有优势和不足,在教学实践中绝不能将它们置于对立面,只有基于两种实验各自的特点,紧扣实验的教学目标,充分认识并开发这两种实验的教学功能,协调互补,才能更为有效地实现教学目标。

案例4

我国新一轮中学理科课程改革对信息技术尤其是基于传感器的数字化实验室与课程整合提出了明确要求。2003年新公布的《普通高中物理课程标准(实验)》对信息技术与物理课程整合提出:信息技术要进入物理实验室,即重视将信息技术应用到物理实验室,加快中学物理实验软件的开发和应用,诸如通过计算机实时测量、处理实验数据、分析实验结果等。高中物理新教材中的一些演示实验和“做一做”等栏目也出现了数字化实验系统应用的案例。基于传感器和计算机技术的数字化实验系统为实现学习方式的多样化,引导学生的自主探索研究,进行广泛的体验、合作和交流提供了时间和空间,DISLab曾被乔际平教授誉为“科学分配教育时空的新探索”。

案例5

新一轮物理课程改革把培养学生的科学探究能力放到了十分重要的位置,探究活动要求学生体验科学探究的过程、方法,并生成科学结论。随着以网络技术和多媒体技术为核心的信息技术的不断发展,以信息化推动教育现代化已经不再是一句口号,由山东省远大网络多媒体股份有限公司开发的朗威DISLab(朗威数字化实验室),为新一轮的物理教学改革提供了相应的硬件支撑,使中学物理实验教学进入数字化时代成为可能。我校作为朗威DISLab实验基地,建设了一个朗威数字化网络实验室,并展开了相应的实验研究。在研究过程中,我们将传统实验装置与朗威DISLab有机整合,开发富有时代气息的实验探究课题,学生通过亲自探究及网络交流得出结论,实现传统实验装置无法达到的实验探究效果,不断提高学生的科学探究能力,并开发了探究LC振荡的电流波形,利用高阻放电测定电容器的电容,探究决定单摆周期的因素,探究正弦交流电的有效值与最大值的的关系,探究R、C、L对交流电的影响等探究性实验课题。

案例6

以朗威DISLab为代表的数字化实验系统是一种全新的软硬件一体化的实验系统,它具有多类型的传感器、多通道的数据采集器、多样化的自主操控平台以及强大的函数图像处理系统,实现了实验手段数字化、测量呈现实时化、现象规律可视化、操作测量简单化,在真实实验的基础上实现了信息技术与物理实验教学的整合,在延续传统的同时超越传统。

但是,我们要认识到,数字化实验系统与物理课程的有效整合需要先进的教育思想来引导。数字化实验系统的合理应用本身就要求同时变革传统的教育观念、教育思想与教育模式,代之以尊重人的主动性、首创性、反思性、合作性的全新的教育观念、教育思想与教育模式。

笔者认为,数字化实验系统优越性的充分发挥,应契合于物理实验教学理念。因此,从数字化实验的角度对物理实验基本理论进行深入研究,找到基于数字化实验系统的实验教学优化模式,是一个重要的研究方向。

案例 7

传统的物理实验是学生获取物理知识最直接的手段、最真实的经验和最好的感性材料,是培养学生基本实验技能的途径。数字化实验在延续传统的同时超越传统,是传统实验的拓展和延伸。数字化实验与传统实验的整合应能够服务于学科教学,适应学生的认知水平,以发挥最优化的教学效果。

教学活动中,我们可以使传统实验仪器与 DIS 实验系统相互配合,发挥各自的优势。例如在自感现象的教学中,几十年来都在使用一种成品教板,由实验电路图 1 和图 2 分别演示通电自感和断电自感。这种方法的缺点是:用灯泡演示自感现象不能确切地反映电流和电压变化的过程,电流较小时灯泡不能发光;灯泡无极性,不能显示电流的方向。另外,实验器材规格匹配性不好、实验现象的可见度低等缺点也会使实验效果不理想。数字化实验系统用传感器采集电流、电压,能实时保持实验数据并显示稳定的图像,有效克服了上述缺憾。笔者根据图 3 所示的电路,用两个电压传感器分别测量两个支路的电压,获得了图 4 所示的图像,图像清晰地显示了通电自感和断电自感过程中两支路电压的变化。我们还可以在支路中接入电流传感器,分析电流的变化情况。我们在教学活动中可以先通过传统实验仪器引导学生观察现象,获得感性认识,激发探究欲望,然后借助数字化实验系统深入探究自感现象的特点和规律。

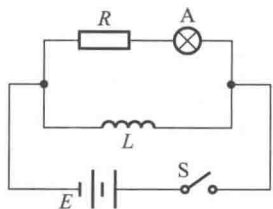


图 1

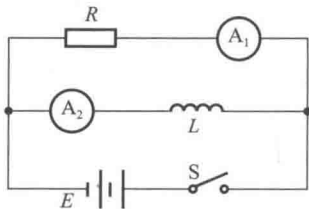


图 2

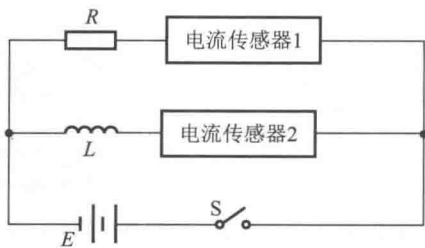


图 3

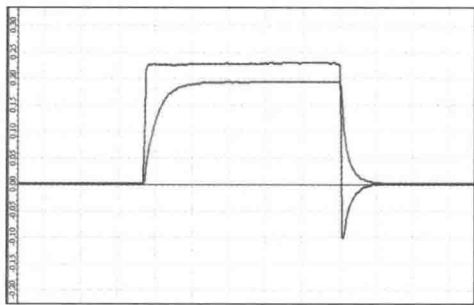


图 4

案例 8

在教学活动中,为了实现预期目的,教学主体总是要采用一定的手段作用于对象。教学手段是教学活动不可缺少的组成部分。数字化实验技术为物理教学提供了先进的实验手段,但它并不代表先进的教学思想。先进的教育技术手段与先进的教学思想有机融合才能实现技术与课程的充分整合。因此,教师在教学活动中不能单纯地注重教学手段的先进,更要重视教学思想的转变,重视教学过程和学生学习过程的研究。基于数字化实验系统的物理实验的拓展体现着先进的教学思想,这有待于更多的一线教师从更广泛的角度去研究。

案例 9

以朗威 DISLab 数字化实验系统为代表的各项数字化产品,已经开创了信息技术与学科教育整合的大好局面,相信一旦建立了完善的优化实验理论体系之后,将会更有针对性地开发出更多更好的创意产品,并引领教育理念的大幅更新。

追求物理教学的有效性,追求学生创新思维的多样性,追求知识建构过程的发展性已经成为教师进行教学设计的指导思想。我国社会经济的发展为教学设备现代化奠定了基础,上海二期课改就推出了基于传感器和计算机的 DIS 实验系统。但教学硬件新设备的推广和装备,并不等价于教学质量的同步提升。各个地区甚至各个学校的物理实验教学发展的不均衡性,不同程度地阻碍了物理教学质量的均衡和快速提升。

案例 10

DIS 实验,不仅是数字化,而且是平台化。DIS 实验系统用传感器替代传统仪表测量实验中的物理量,用计算机软件分析替代人工数据处理,将现代自动化测量技术与物理实验相结合,实现了对传统仪器仪表的替代和超越,在充分发挥信息技术优势的同时保持了物理实验的真实性,按课程标准“量身定做”的专用软件实现了物理实验数据分析的高效性,为拓展实验设计的专用软件体现了物理实验数据分析的灵活性。

应用 DIS 实验技术做物理实验能够显著提高课堂教学的效率,学生在单位时间内学习的质和量都能得到很大的提高,一些传统实验测量仪器不能测量或者不能快速同步测量的物理量,使用 DIS 实验技术的专用传感器测量就会变得十分方便。数字化物理实验技术的应用使物理教学改革呈现出崭新的面貌,为每一个物理教师提供了新的平台,出现了一大批应用数字化物理实验技术的新一代物理实验教具,极大地提高了物理课堂教学的有效性。

案例 11

数字化实验系统由传感器和数据采集器代替人眼读取数据,用计算机软件取代纸笔方式记录数据,用计算机软件代替人脑对数据进行简单的统计、处理和分析,在教学过程中能够直接把测量数据的变化过程通过图像显示出来,学生能够直观地看出物理量之间的变化关系,从而能够将更多的时间与精力用于实验设计的学习,用于