



基于互联网的大学物理教学的量化研究 ——DGWI 教学模式研究

罗莹¹ 李列明²

(¹ 北京师范大学物理学系, 北京 100875; ² 清华大学物理系, 北京 100084)

摘要 本文首先简述了双重警戒、网络交互(Dual safe-Guard Web-based Interactive, 简称为 DGWI)教学模式;在这个教学模式中,教学过程被分为课前预习、课堂教学、网上作业和讨论课教学等 4 个环节. 教师和学生的教学活动从线下的课堂拓展到线上的网络交互(助教网 www. zjiao. com),教学警戒网能够有效地帮助学生理解物理. 然后,从教育学和认知心理学的角度分析了 DGWI 教学模式;其次,通过控制对比教学实验证实了 DGWI 教学模式的有效性. 结果显示借助于线上师生间的交互通道和覆盖全部内容的教学警戒网, DGWI 能够有效地帮助学生理解物理概念、培养学生分析问题与解决问题的能力,有效地提高了教学质量. 最后,论述了 DGWI 教学模式在大学物理教学中应有的意义.

关键词 大学物理教学; DGWI 教学模式; 物理教学研究

QUANTITATIVE RESEARCH OF COLLEGE PHYSICS TEACHING BASED ON INTERNET-DUAL SAFE-GUARD WEB-BASED INTERACTIVE TEACHING MODE IN COLLEGE PHYSICS CLASS

Luo Ying¹ Li Lieming²

(¹ Department of Physics, Beijing Normal University, Beijing 100875;

² Department of Physics, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract First, Dual safe-Guard Web-based Interactive(DGWI) teaching mode is introduced in the paper. There are four instructional components, consisting of warm-up, in class lesson, online homework and discussion session, in DGWI. Student and instructor activities involve activities both in the classroom and on a designated web site (www. zjiao. com). This DGWI teaching mode can improve student learning and instructor teaching. Then, the DGWI teaching mode is analyzed from the angle of pedagogy and cognitive psychology. Third, the effectiveness of the DGWI teaching mode is confirmed by controlling variables experiment. The results indicate that the DGWI is an effective way to improve students' understanding of physics concepts, cultivate students' problem-solving abilities through instructor-student interactions, and identify students' misconceptions through a safeguard framework based on questions that satisfy teaching requirements and cover all of the course material. Finally, the application significance of DGWI teaching mode is discussed in college physics class.

Key words college physics teaching; DGWI teaching mode; physics teaching research

收稿日期: 2015-12-25; 修回日期: 2016-01-24

基金项目: 本研究获北京师范大学教学改革项目:“双重预警、网络交互教学模式在大学物理教学中的应用研究”支持.

作者简介: 罗莹,女,副教授,主要从事物理教育研究,研究方向为物理教育测量与评价. luoying@bnu.edu.cn; 李列明,男,副教授,主要从事物理研究,研究方向为与日常教学相关的量化研究、凝聚态物理. lmli@mail. tsinghua. edu. cn

1 拓展我国大学物理教学的研究领域势在必行

改革开放以来,高等学校招生人数从1980年的28万人(录取率8%),快速提高到2014年招生698万(录取率74%)。随着学生人数的增加,高等教育也从“精英教育”走向了“大众教育”。学生需求的多样化、差异化日益增大,为此大学也作出了全方位的变革。伴随着本科教育应是通识教育的观点逐渐普及,理工科大学的课程体系中人文社科类的通识课程不断增多,而原来学时较多的理工类基础课的学时则逐渐减少,如大学物理课程。但科技的进步与发展使得后续课程对物理学的基础要求却变多、变深,这无疑需要增加基础物理课程的教学内容。大学物理课程的学时少、内容多是大学物理教学当前面临的主要矛盾。

目前,大学物理课程基本上延续着以传授知识为目的、讲授为传统的教学模式。与高中物理教学相比,大学物理每节课的课堂容量远远高于中学,因此很多大一、大二的学生常感到很不适应,导致了课堂教学吸引力和教学质量双双下降。

这些问题是现今大学物理教学面临的新挑战,要求大学物理教学研究必须寻找一种能够适合目前教学现状的、高效率的教学模式。

回顾近30年来大学物理教学研究的发展,可以看到大学物理教学研究、教学改革的侧重点在物理内容的研究。诸如:从教师的角度看某个物理问题或概念怎么理解、怎么介绍、怎么解决?某道习题的正确答案是什么?这类“大学物理教学研究”的重点是物理,而不是教学。实际上是教师们切磋物理内容、完善自身的物理修养。对于学生如何学习物理学,或被忽略,或者隐含地假设学生具有与教师一样的理解力,也就是,只要教师能够理解的,学生也能理解。而实际上与教师的理解力相同的大学生是少数,大多数乃至绝大多数学习大学物理的学生的思维方式正处在成长阶段,与教师有很大的不同。

对教学内容的研究当然是大学物理教学研究的基础,教师的物理专业素养是高质量教学的重要基础,但仅有这些研究是远远不够的。不是所有的物理学家都能成为一个优秀的物理教师,爱因

斯坦就是一个最好的例证。他不是一个成功教师的原因之一是在教学过程中不能够了解学生,不能够给学生需要的、准确的帮助。从学生的角度研究学习物理过程是非常重要的。目前这类“有物理无教学”的研究中还存在一个问题。改革开放之初,高等教育重新起步时,这类研究无疑是迫切的,因为物理内容是物理教学的基础。但35年后的今天,大学物理课程的内容已经很成熟了。经过多年的研究后,真正新的、没有研究过的内容越来越少。其表现是:国内发表的大学物理教学文章所讨论的内容,有不少是多少年前就充分讨论过的。

概括起来,目前大学物理教学研究存在两大问题。一是忽略了对学生学习物理过程本身规律的深入研究,延续着“名师出高徒”的信念。二是研究方法上多是采用“就理论理”或“就事论理”的分析论辩、定性的研究方法。相比较国际上的大学物理教育研究,特别是美国的大学物理教育研究,与我国的大学物理教学研究有明显不同。国际上的大学物理教育研究对如何帮助学生物理给予了重点关注,特别是如何为学生建造脚手架、供学生自己向上攀登的研究;是以学生为中心、从学生如何“学”的角度进行研究;研究目的定位于了解造成学生学习物理困难的原因、怎样促进学生物理学习;研究内容既包括课程、教材的开发,更包括识别学生学习具体物理内容时的概念困难与推理困难;设计并评估物理教学策略^[1]。

美国的物理教育研究在研究方法上是采用物理学的方法来研究物理教育。把学生“学”物理和教师“教”物理的过程作为物理教育研究的对象,进行量化、实证的研究。这种研究方法使得美国的物理教育研究具有切入点小,研究过程扎实,研究方法细致入微,逻辑缜密,研究结果具有较高的信度和效度的特点。因此美国的大学物理教育研究成果因采用的方法科学规范而具有说服力,因数据的支撑而具有很高可信性、可移植性和可推广性。例如:合作教学法(peer instruction)的广泛传播^[2]。

因此,转移我国大学物理教学研究的重心到以学生为中心、从学生的角度进行研究,采用科学的研究方法来研究物理教育,注重量化和实证研究,是大学物理教学研究的必由之路。学习物

理的过程给大学物理教学研究提供了更广阔的研究领域;量化研究可以使大学物理教学研究更为准确、科学,结果更加说服力;实证研究可以使大学物理教学研究结果具有可重复性,便于被接受。

本文结构如下:第一部分从我国大学物理教学发展现状出发论述了寻求适合大学物理教学现状的教学模式和采用物理学研究方法研究物理教育的必要性;第二部分简述了双重警戒、网络交互(Dual safe-Guard Web-based Interactive,简称为DGWI)教学模式;第三部分分析了DGWI教学模式的理论基础;第四部分通过量化的、实证研究证实了DGWI教学模式的有效性;第五部分论述了DGWI教学模式在大学物理教学中应用意义。

2 DGWI 教学模式简介

依据的教学理论、学习内容和目标不同,教学实践活动的形式和过程也必然不同,从而形成不同的教学模式。DGWI教学模式是区别于以讲授为主的传统教学的新教学模式。它将互联网技术引入日常教学,建立了由互联网技术提供的除课堂教学之外的另一条师生有效交互的线上通道;引入了覆盖全部教学内容的双重教学警戒网,借助于网络技术教师能够及时了解每个学生在教学警戒网上呈现的学习状态,及时掌握每个学生学习知识的状况,增加了教学的针对性、有效性。

在DGWI教学模式中,“教”与“学”的双方——教师和学生的活动均与传统教学模式有所不同。具体教学程序如图1所示,包括预习、课堂教学、在线作业和讨论课等4个教学环节。

在每学期上课前,教师需要依据教学要求、教学内容和学生情况来确定本学期的教学警戒网(学生作业题库),将其上传助教网(当前网址:www.zjiao.com)。教学警戒网由选择题和数字填空题组成,覆盖全部的教学内容。教学警戒网中的试题与传统课程的作业题目的难度基本相同,区别在于题型,教学警戒网中的题目都是计算机可以批改的客观试题,其中大学物理课程的作业集已结集出版^[3]。

预习和教师备课环节:首先要求学生课前预

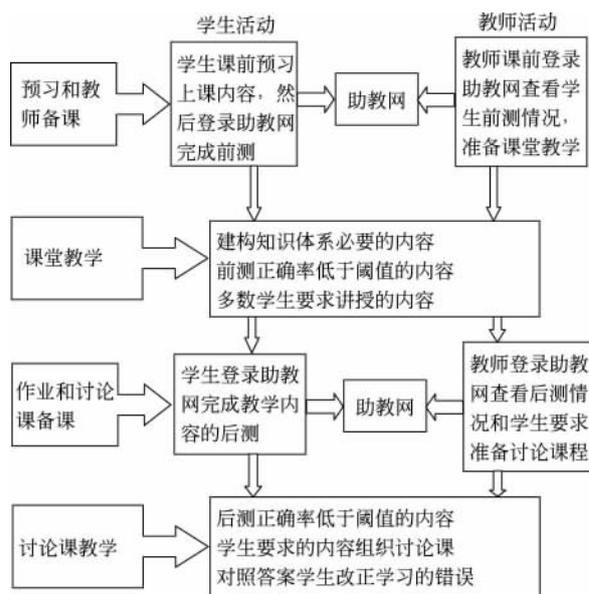


图1 一种基于互联网的教学模式过程的示意图

习将要上课的教学内容,然后完成一套与上课内容相关的题目。这套试题由教师预先依据教学内容和学生情况挑选教学警戒网中的题目,在助教网中生成。学生做完试题后,将答案输入助教网,记录每一学生的答案。值得注意的是学生在这环节里不知道试题的正确答案。教师参考助教网中反映的学生预习情况来组织课堂教学。表1是从助教网提取的几类典型情况的代表数据,其中A、B、C、D为选择题的4个选项,E表示这个题太容易了,F表示这个题太难了。表1中a000105题的数据显示,学生预习的正确率已达82%,说明学生通过自学教科书对相关内容已经基本掌握。a000214题显示了另一种情况。预习正确率(53%)很低,且错误集中在B选项。a000217题显示的是一种特殊情况。虽然其正确率69%并不算低,但有30个学生(学生总数为88)在网页中投票要求讲解。在课堂教学前,教师通过助教网查阅学生在教学警戒网上的反应(预习数据和投票要求讲解的结果),针对获得的教学信息来组织课堂教学。

课堂教学环节:教师在课堂教学中依据以下3部分内容来进行教学。

- (1) 学生构建自己的知识体系必须的教学内容;
- (2) 预习正确率低于阈值的教学内容;
- (3) 助教网显示多数学生要求讲解的内容。

表 1 数据示例(学生总数 88 人)

题号 答案	状态	A	B	C	D	E	F	要求讲解该题 的人数
a000105 C	预习	11%	2%	82%	2%	0%	1%	3
	作业	11%	2%	83%	2%	0%	0%	1
a000217 C	预习	13%	4%	69%	9%	0%	3%	30
	作业	5%	5%	78%	5%	1%	2%	24
a000214 D	预习	11%	30%	2%	53%	0%	1%	6
	作业	7%	8%	2%	83%	0%	0%	2
a000306 C	预习	30%	7%	58%	1%	0%	2%	9
	作业	29%	5%	65%	0%	0%	0%	7

网上作业和教师准备讨论课的环节:在这个环节中,要求学生在课堂教学后,将预习做过的试题再重新作答,然后在助教网中再次输入答案.助教网同样记录学生的回答情况,如表 1 所示数据.在学生完成作业后,教师依据助教网显示的学生预习和作业情况组织讨论课教学.讨论课采用小班(30 人左右)教学,内容是学生学习过程中的问题和错误较多的地方,以交互讨论的形式进行.以表 1 的数据为例,a000105 题后测正确率 83%,与预习相比没有改进,这类问题大多数学生比较容易理解,不需要花费过多的课堂教学时间.除掉这类内容,就可以将有限的课堂教学时间,聚焦在学生知识结构中存在的问题.例如:课堂教学中对 a000214 题和 a000217 题相关的内容给予了较多的关注,从而使作业的正确率明显提高.但对于 a000217 题,课堂教学前,预习的正确率为 69%、有 34% 的学生(30 人)要求课堂讲解;学生课后作业的正确率为 78%,仍有 27% 的学生(24 人)要求在讨论课讲解.这就说明与 a000217 题相关的教学内容对于学生来说,比较难以掌握,存在着学习问题.课堂教学中虽然重点讲授了这部分内容,但学生并没有掌握.此外,与 a000306 题相关内容虽然在课堂教学中已予较多关注,但学生作业的正确率仅为 65%.因此,选择与 a000217 和 a000306 题相关的内容作为讨论课教学的重点.

在这个环节中,教师依据学生作业情况和学生的要求来组织讨论课,重点关注学生作业中存在的问题和学生要求.经过课堂教学和讨论教学两轮重点“攻击”(帮助学生建构自己的知识结构)后,学生知识体系的漏洞会明显减少.

讨论课后,教师公布作业的正确答案,学生对照正确答案可以进一步发现自己存在的错误,此外每周还有一、两道计算题作为书面作业以训练书面表达能力.

讨论课教学与课堂教学的频率是不同的.通常来说,两到三次课堂教学后,有一次讨论课教学.

在一学期课程结束后,有关数据被全部封存起来供进一步的分析、研究.

概括起来,DGWI 教学模式具有下列的特点:

第一,借助互联网技术建立了除课堂教学之外,教师和学生间进行有效交互的在线通道.这是传统的教学模式所没有的.助教网能够及时、全面、有效地反映学生对教学内容的理解和掌握情况,使得教师能够及时根据学生动态的学习状态组织教学,增强教学效果.

第二,覆盖全部教学内容的教学警戒网在教学过程中起到了侦测学生的迷失概念、学习问题和困难的作用.如果将教师的教学比喻为射击,教学警戒网的引入使得教学目标(射击靶)更为清晰、具体,转变为每一节课需要帮助学生消除具体的迷失概念,解决特定的学习困难和问题,学生建构自己的知识体系需要的具体内容.

第三,内容相同的课前预习和课后作业组成的双重警戒网,是 DGWI 教学模式的重要特征.在 DGWI 教学过程中,有两个循环.第一个循环是课前预习与课堂教学,这一循环中,教学警戒网过滤掉了学生已经具备的知识,提高了课堂教学的针对性,减少了无效讲授,增加了教学效率.第二个循环是课后作业与讨论课教学,众所周知,课堂教

学不能解决所有问题,这一循环的作用是帮助解决课堂教学没有解决的问题和存在的漏洞.警戒教学网再次使用(练习)的目的是诊断顽固的迷失概念和学习困难,以便在讨论课中进一步解决这些问题.讨论课教学是课堂教学的补充,是教师帮助学生建构自己知识体系的第二个重要的步骤.因此,在DGWI中,建立了双重警戒教学网来侦测学习状态,特别是迷失概念和学习困难、提高教学针对性,达到帮助学生建构知识体系、解决学习困难的目的.

第四,助教网积累了大量原始的教学数据,为物理教育研究和教学研究提供第一手资料,为进行量化、实证的物理教育研究提供了有利的条件.

3 DGWI 教学模式的理论分析

任何成功的、有效的教学都应符合学习理论和教育理论,DGWI教学也不例外.DGWI教学以交互教学理论和认知科学关于学习研究的最新成果为指导.

3.1 从交互教学理论看 DGWI 教学模式

交互式教学是一种以支架式教学思想为基础,以师生对话为背景来构建的互动教学.最早是由Palinscar于1982年在语言教学中提出的^[4],随后得到了迅速发展.

交互式教学理论认为^[5],学习是一个认知交互的过程,强调个体与所知觉环境之间的交互作用.其目的是构建一个互相尊重、信任和平等的学习氛围,通过对话和倾听实现师生之间和学生之间的双向沟通,在合作学习中加深对新概念的理解.在师生交互过程中,教师是主导,通过精心设计的课堂提问,引导和吸引学生参与对话,倾听学生对问题的反应,进而引导学生对范例进行分析、归纳,最后形成概念.在学生与学生的交互活动中,加深对新知识的理解.这种将课堂中主动权由教师向学生的动态转移的教学活动,正是支架式教学思想的具体表现.

交互教学课堂上的互动效果在很大程度上取决于教师设计的问题是否适应学生的认知水平,是否能够吸引全体学生参与,以及是否有利于完成教学目标.因此,教师设计的课堂提问应包括从对概念进行描述和辨识的低层次问题,到通过比

较、应用、综合、评价等对信息进行加工的高层次问题.既有聚合性问题,也有发散性问题.这些提问不仅能激发师生间的互动,满足不同认知能力层次学生的需求,也能帮助学生从多种角度来思考问题,培养他们的观察力、洞察力和创造性思维.教师在课堂上通过师生互动的形式提出问题、分析和解决问题的另一个重要作用是在学生交互阶段,给学生做示范.在学生交互阶段,学习伙伴模仿教师的提问策略,设计出各种层次、不同水平问题,相互提问和回答.在运用多种思维策略设计问答中,学生学会了在非常相似的事物中敏锐地发现其细微的不同,依靠抽象思维来创造新颖、独特的概念,培养创新思维能力.

由于交互式教学关注教师和学生的交流以及学生与学生的交流,把学生的学习放在了首位,重视学习过程中人际间的互动与合作,注重培养学生的能力,因此,近年来,在我国的一些小班课教学,如外语教学课堂,或社会学科中的研究生课堂,交互式教学模式逐渐被尝试引入.这些尝试多集中在师生互动、生生互动、理论学习与实践练习互动等角度去思考等方面.但是在理工科基础课程的课堂,仍是传统的、以教师为中心,单向的“灌输—接受”式的教学模式占主导地位.产生这种现象有两个原因.一是理工科的基础课程,基本是大班课教学,每个教学班100~200人,不利于教师在课堂上与学生的交互,教师组织课堂讨论只能有少数学生参与课堂讨论,不能吸引全部学生.另一个重要的原因是理工科的基础课的教学基本上均处在教学课时少,但教学内容繁重的状态.教师在传统的讲授式课堂教学模式也勉强能完成教学任务,几乎没有时间在课堂上组织学生讨论.这就使得现在理工科基础课的大班课堂教学中师生面对面的交互非常少,几乎没有.

为了增加教学过程中师生间的交互,在DGWI教学模式中,借助互联网技术建立了区别于课堂面对面交流的、另一条有效的师生交互通道.这个通道能够时时在师生中传递信息.它不仅解决了传统教学中教师了解每个学生具体学习状态的困难,而且还能够将每个学生对于教学的具体要求传递给教师.实现了在大班教学中师生的有效交互,提高教学质量.

与交互式小班教学模式相比,尽管建立了师

生间的网络交互通道, DGWI 教学的课堂教学环节中师生交互还是相对很少. 但 DGWI 教学中的小班讨论课环节引入了师生面对面的交互, 以帮助大多数学生处理学习物理过程中遇到的问题, 消除难以转变的迷失概念, 克服物理学习中困难.

3.2 从认知科学关于学习研究的最新成果看 DGWI 教学模式

测试是教育过程中重要的、常有的手段. 从记忆心理学研究者的角度看, 测试是个体从长时记忆中提取信息的过程, 也称为记忆提取. 长期以来, 心理学家研究学习和记忆通常采用的方法是: 学习期间向学生呈现要学的信息, 然后测评学生记住了多少信息. 显然这里默认这样一个基本假设: 学习主要发生在对知识和经验进行编码的阶段, 信息的提取只能测量先前学习经验的产出, 但其本身并不能产生学习^[6]. 就如同对物体进行测量并不会改变物体的大小、形状和质量一样, 对记忆的测量也不会改变记忆. 基于这样的认知, 长期以来心理学和教育学家更多的是研究促进有效编码的学习活动对于学习的重要性.

但最近 10 年的研究发现, 测试不仅是评价先前学习效果的手段, 更是促进学习效果的有效方法^[7]. 测试过程改变了长时记忆中的信息, 每一次提取动作都会改变记忆和重构知识; 与简单重复学习和过度学习相比, 学习过程中进行一次或几次测试更能显著促进学习内容的长时保持, 即使对测试不给予任何反馈, 仍能显著促进学习效果, 研究者将这种现象称为测试效应 (testing effect), 也叫提取练习效应 (retrieval practice effect).

美国普渡大学 Karpicke 博士自 2008 年以来, 在世界顶级杂志《科学》上相继发表的有关记忆提取的数篇文章揭示, 提取并非是学习过程中的一个中性事件, 而是会对学习产生重要影响. 提取式学习的基本观点是: 提取是理解学习和促进学习的关键过程, 提取练习能产生有意义的学习, 知识提取是由线索驱动的目标搜索过程^[8]. 2011 年, Karpicke 等人关于提取练习和基于概念图的精制化学习对有意义学习影响的对比实验显示, 与基于概念图的精加工相比, 提取式学习能够产生更持久的记忆保持和更好的学习迁移^[9]. 这一研究结果撼动了数年来概念图式的精加工策略在当代教育中的中心地位.

同时研究还发现, 大学生在学习过程中, 大多倾向于使用重复学习的策略, 而很少进行自我测试^[10]. 这种现象也存在于我们目前的大学物理课的学习中, 如何利用认知科学这一学习的最新成果, 帮助学生进行有意义的学习, 提高学习效率, 是大学物理教师的重要任务.

在 DGWI 教学模式中引入了双重教学警戒网, 通过覆盖全部教学内容的测试题, 在学生进行知识编码期间, 嵌入提取练习. 建立了首先进行自主编码学习, 然后进行提取练习; 再进行教师引导下的编码学习, 再次进行提取练习的教学模式. 以提取式学习方法促使学生在大学物理课程的学习中产生更好的学习迁移, 即进行更多有意义的学习. 这种双重警戒网的教学模式自然地构成了教育测评中倡导的、用于测评教学效果的前、后测研究方法. 在教学实验前 (或教学前) 进行测量, 在教学实验 (教学) 后再进行测量. 以前、后测量的差别来评测教学实验 (或教学) 效果. 为教学研究提供有利的证据和数据.

4 DGWI 教学模式的有效性实证研究

教学模式的有效性必须在教学实践中检验. 这里通过具体的对比教学实验, 将传统教学模式与 DGWI 教学模式的教学效果进行比较, 以此来证实 DGWI 教学的有效性. 实验设计方案如图 2 所示.

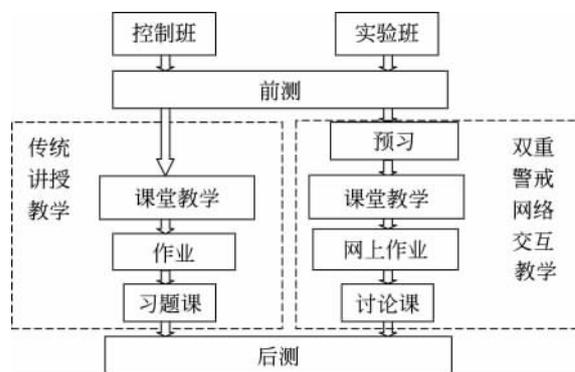


图 2 对比教学实验设计框架

教学对比实验的对象:

(1) 选择同一所大学的两个教学班, 一个作为实验班 (有效样本数为 44), 另一个作为对照班

1(有效样本数为 21). 对照班 1 采用传统的大班教学,上课学生有 160 多人. 尽管参与前测学生有 167 人,但因参与后测的学生为 21 人,导致了实验的对照班的有效样本数为 21.

(2) 选择另一所大学的学生的基础比实验班和对照班 1 稍差的一个教学班作为对照班 2(有效样本数为 78).

自变量:教学模式,有两个取值. 一个是传统的教学模式,另一个是 DGWI 教学模式.

因变量:教学效果.

无关变量的控制:实验中,上课教师、教学内容、教学要求和上课学时等 4 个因素对教学实验结果有着重要的影响,采取如下方法进行控制.

实验教师:3 个教学班的教师均不同,但每个教师都熟悉各自使用的教学方法.

教学内容:选取相同的教学内容——大学物理课程的电磁学部分.

教学要求和上课时间:在同一个大学的实验班和对照班 1,其教学内容、教学要求和上课的学时都是相同;在另一个大学的对照班 2,其教学要求、教学内容和学时与实验班基本也相同,因为教育部对于理工科的大学物理课程的要求是相同的.

教学效果的检测工具:为了使对比教学实验的结果更具有说服力,本实验采用国际通用的测量电磁学概念的 BEMA 试题. BEMA(The Brief Electricity and Magnetism Assessment)是用于测

量学生对电磁学概念的理解,适用于具有微积分基础的学生^[1].

实验数据的获得:

在对教学结果的评定过程中,由于中美两国学生的中学基础差别很大,来自美国的 BEMA 试卷的部分题目对被测量的学生来说太容易.

实验班 BEMA 测试的前测平均正确率为 76.9%,后测平均正确率为 83.9%,归一化增益为 30.5%. Q1, Q2, Q3 等问题的前测正确率为 100%,存在着明显的天花板效应. 此外,有些 BEMA 测试内容是我国高中物理课程的内容,不属于大学物理课程的教学内容,不能够起到检测教学实验效果的作用. 为此,将 BEMA 试卷中实验班的前测正确率高于 90%的问题和不能起到测评实验效果的问题剔除,即 Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q10, Q11, Q14, Q15, Q17 等 10 个题,剩余的 21 个问题组成测评工具,称为 BEMA₂₁ 试卷. 使用 BEMA₂₁ 试卷进行对照班 1 和对照班 2 的测评.

从实验班的 BEMA 测试的数据中统计出 BEMA₂₁ 试卷的前测平均正确率为 69.0%,后测平均正确率为 80.0%,归一化增益为 35.4%. 分析 BEMA₂₁ 试卷的测量数据,发现仍然存在天花板效应,特别是对于实验班和对照班 1 来说,有很多题目前、后测正确率都超过 85%. 为进一步减少天花板效应的影响,除掉前测正确率高于 85%的 Q6, Q8, Q16, Q19, Q21, Q22, Q23 问题,只统计其余 14 个问题,称这 14 个试题组成的试卷为 BEMA₁₄ 试卷. 具体数据见表 2.

表 2 实验班和对照班 BEMA 测量数据

		BEMA	BEMA ₂₁	BEMA ₁₄
实验班 (有效样本数 44)	前测平均正确率(标准误差)	(77±20sd)%	(69±17sd)%	(61±18sd)%
	后测平均正确率(标准误差)	(84±15sd)%	(80±12sd)%	(76±18sd)%
	归一化增益	30.5%	35.38%	37.9%
对照班 1 (有效样本数 21)	前测平均正确率(标准误差)		(72±16sd)%	(63±16sd)%
	后测平均正确率(标准误差)		(76±13sd)%	(70±20sd)%
	归一化增益		17.06%	20.0%
对照班 2 (有效样本数 78)	前测平均正确率(标准误差)		(54±22sd)%	(45±20sd)%
	后测平均正确率(标准误差)		(64±20sd)%	(57±21sd)%
	归一化增益		21.75%	21.72%

对比教学实验数据分析:

1998年, Hake 发表对 6000 个学生、使用力学 FCI (Force Concept Inventory) 或 MD (Halloun-Hestenes Mechanics Diagnostic test) 试卷的前、后测量数据及其研究结果^[12]. 文中他引用了归一化增益 g 以描述教学效果:

$$g = \frac{y-x}{1-x}, \quad y > x$$

$$g = \frac{x-y}{x}, \quad x > y$$

其中 y 为后测正确率, x 为前测正确率. 数据显示 g 对前测正确率(显示学生已有的基础)不敏感, 主要反映了教学引起的贡献, 因而可以作为评测教学效果的参考指标.

对于 BEMA₂₁ 测试, 实验班比对照班 1 的前测正确率要稍低, 但两者不具有显著性差异(对 BEMA₂₁ 试卷 T-Test $t = -0.697, p = 0.488$; 对 BEMA₁₄ 试卷 T-Test $t = -0.293, p = 0.771$);

实验班与对照班 2 的前测正确率有差异, 对 BEMA₂₁ 试卷的 T-检验 $t = 2.286, p = 0.028$; 对 BEMA₁₄ 试卷 T-检验 $t = 2.185, p = 0.038$. 这意味实验班和对照班 2 的学生水平存在统计意义上的显著差别. 对照班 2 的学生平均正确率比实验班的低很多(均值见表 2), 即对照班 2 的学生水平比实验班略低, 与预期相同.

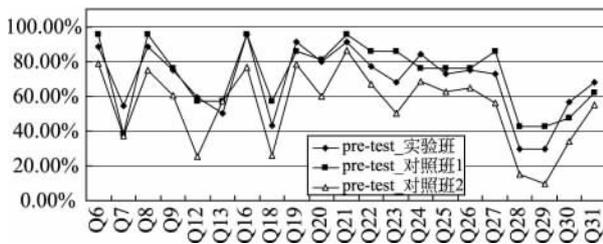
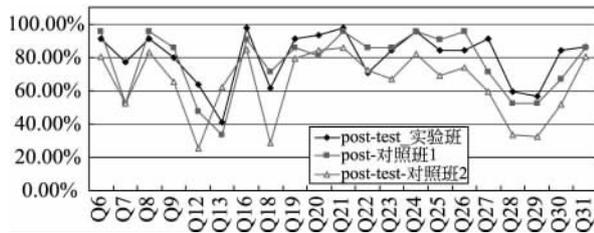
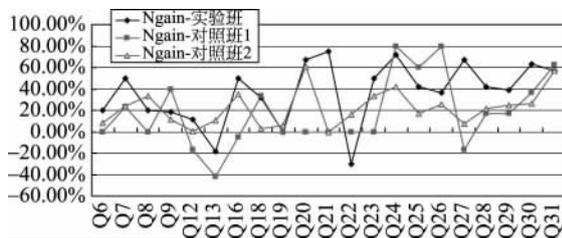
表 2 中数据显示: 实验班的归一化增益: 对于 BEMA 试卷为 30.5%, BEMA₂₁ 试卷为 35.4%, BEMA₁₄ 试卷为 37.9%. 它们均为 30% 以上, 呈现出递增的变化, 这说明实验班教学效果测评中存在着天花板效应. 对照班的归一化增益: 对于 BEMA₂₁ 试卷为 17.1%, BEMA₁₄ 试卷为 20.0%. 仍然呈递增变化, 天花板效应仍存在于对照班 1 的测评中. 对照班 2 的归一化增益: 对于 BEMA₂₁ 试卷为 21.8%, BEMA₁₄ 试卷为 21.7%. 这两个值几乎相当, 显示出对照班 2 的测评中几乎没有天花板效应. 表 2 中的数据显示不论对照班的学生水平高低, 采用传统方法教学的教学班的归一化增益均在 20% 左右, 这个值与教学前学生的已有水平的高低关系不大, 与教学方法有着重大的关系, 与在 1998 年 Hake^[11] 给出的结论是一致的.

Hake 的研究结果显示对于传统教学和交互式教学, 力学概念 (FCI 或 MD) 测试结果的平均归

一化增益分别为 $\langle g \rangle = (23 \pm 4sd)\%$ 和 $\langle g \rangle = (48 \pm 14sd)\%$. 也就是说, 传统的教学模式的归一化增益都在 19%~27% 之间, 而交互式教学模式在 34%~62% 之间.

这里采用传统教学方法的对照班 1 和 2 归一化增益均处在 Hake 给出的范围内, 而采用 DGWI 教学模式实验班的归一化增益均处于 Hake 给出的交互式教学范围内. 可见 DGWI 教学模式借助于互联网技术建立的教师和学生的交互通道, 使得大班课的教学效果进入了交互式教学效果的范围. 显然, DGWI 教学模式的效率优于传统的教学方法.

图 3 为实验班和对照班的 BEMA₂₁ 试卷的测量结果. 图 3(a) 和 3(b) 中数据说明, 对于实验班和对照班 1 来说, 有很多题目前、后测正确率都超过 85%, 测量中存在着天花板效应. 显然, 就 BEMA₂₁ 整份试卷而言, 实验班的归一化增益比对照班 1, 2 高很多. 进一步分析其原因. 特别对比实验班和对照班 1, 实验班和对照班 1 的学生基础相当, 教学大纲、教材、教学内容及其学时几乎相同, 分析图 3 中的数据可以看到, 采用传统教学方法的对照班 1, 前测正确率高的题目 Q9、Q25、Q26 的归一化增益相当理想而且明显高于实验班, 但 Q20、Q27 是例外. 我们认为, 这个例外可能暗示对照班 1 教学存在着疏忽, 使得学生在建构的知识体系不太完善. 例如, 对照班 1 的前测正确率较低的题目 Q7、Q12、Q13、Q28、Q29、Q30 的归一化增益明显低于实验班. 从数据分析的角度看, 这也反映了实验班的归一化增益比对照班 1 高很多的原因. 因为一份试卷的归一化增益由各个问题的归一化增益组成, 前测正确率较低的题目对于试卷归一化增益的贡献要高于前测正确率高的题目. 数据背后的反映得可能是教学模式带来的不同. 实验班的 DGWI 教学模式较好地锁定学生知识结构的弱点(相当于前测正确率低的题目), 进而能够集中教学资源给予其重点克服. 此外, 又因为教学信息在师生间进行了有效的交互, 使得教师能够很好地监控教学中的疏忽. 例如: 实验班比对照班 1 在 Q20、Q27 题上的失误相对较少. 这些因素都促进了实验班教学效果的提高.

图 3(a) BEMA₂₁ 试卷实验班和对照班各试题前测结果图 3(b) BEMA₂₁ 试卷实验班和对照班各试题后测的结果图 3(c) BEMA₂₁ 试卷实验班和对照班各试题归一化增益结果

5 DGWI 教学模式对大学物理教学研究的意义

5.1 促进大学物理教学的研究范式转变,从定性论辩到量化实证

回顾近 30 年来大学物理教学研究的发展历程,可以看到在以教学为研究对象的大学物理教学中多数是定性的、论辩式研究. 总体上讲,这些大学物理教学研究是基于长期教学经验的,采用思辨推理的论辩方法来研究物理课程体系,教学体系、内容、价值及其实施. 由于缺乏定量的、实证研究,也限制了大学物理教学研究论文的引用率. 在中国知网上以大学物理教学研究为主题进行检索,检索引用率最高的文章是 1995 年赵凯华先生发表的、题为“物理教育与科学素质培养”一文,至 2015 年其被引用 86 次. 赵凯华先生在大学物理教学研究领域很有影响力,他主编的物理教材使用范围很广,很多高校都是使用这个教

书学习物理课程的. 即使这样非常有影响力的工作,其论文的引用率与自然科学领域中的通常论文的引用情况相比,也相差甚远. 出现这种现象的原因与大学物理教学研究的采用定性、论辩的研究范式是分不开的. 这种研究范式对于个案研究是非常有效的,但其研究的信度和效度与定量的实证研究相比则较差. 这也是大学物理教学研究结果重复性差、普及性不高的原因之一.

国际上的大学物理教育研究具有实证、定量研究重要的特点,主流范式是采用科学的研究方法来研究物理教育. 量化研究是现代科学的重要特征,不论是在自然科学领域,还是在社会科学领域,这个特征都越来越重要. 特别是电脑的迅速普及,各种统计程序性的软件大量涌现,大大方便了教育研究者在研究过程中所必须进行的技术性操作. 量化的实证研究具有更高的信度和效度,具有更强的说服力,其研究成果具有可推广性好的特点.

在 DGWI 教学模式中,因引入网络技术建立师生交互的通道,从而自然地记录教学过程中学生的学习状态和反应. 大量的日常教学数据被助教网记录,(前、后测)为进行定量的大学物理教学研究提供了有利的基础条件,为我国大学物理教师采用国际上的主流研究方法进行物理教育研究提供了有力的支持.

5.2 促进大学物理教学质量的提高

长期以来,大学物理课程是公认的比较难学的理工科基础课之一. 因为大学物理课程不仅包含物理内容,更包括物理学研究物质世界的方法. 通过学习,学生不仅要掌握物理知识,更要逐步掌握物理学研究问题的思路和方法,在获取知识的同时,学生物理建模能力、定性分析与定量计算能力、独立获取知识的能力,理论联系实际的能力也获得同步提高与发展. 因此,大学物理课程是自然科学和现代工程技术的基础,对于培养大学生的科学素质和创新能力起着不可替代的作用. 大学物理的教学质量将直接影响后续课程的学习及对人才的培养.

随着高等教育从精英教育走向大众教育,学生整体素质有所下降. 社会竞争的日趋激烈,使得学生对大学物理这样的基础课程兴趣减弱,教学质量也随之下降. 要解决这些问题,除了增加投入来逐渐改善教学条件外,还需要改善教学方法和

教学模式,更需要拓展现今大学物理教学研究的领域,以教学研究来推动教学质量的提高.大学物理教学研究的重点应从研究物理内容转移到以学生为中心、研究教师“教”和学生“学”的过程与问题上,以如何帮助学生建造学习物理的脚手架、帮助学习解决学习物理过程中的困难等为目的.真正解决目前大学物理教学所面临的困难,提高学生的兴趣和教学质量.

DGWI 教学模式能够提高理工科大学物理课程的教学质量. DGWI 教学模式借助互联网技术建立的教学通道,增加了教学过程中师生的有效交互;借助于教学警戒网进行了两次提取练习,促进了学生的迁移学习;进而提高了教师教学的有效性;同时 DGWI 教学模式将教师的关注点通过线上交互和教学警戒网聚集在学生物理学习过程中的迷失概念、学习问题等具体的教学问题,使得教师在教学中能够给学生提供真正需要的帮助,提升了学生学习的质量;促进了物理教学质量的提高.

5.3 促进大学物理课程的教学改革,使其从传统的教学模式走向信息技术化、网络化

目前高等学校在校学生数量已经接近高校师资所能承受的极限,办学规模的扩大决定了高等学校的教学组织形式只能延续传统的、大班讲授式课堂教学模式.传统课堂教学模式的优缺点是显而易见的.虽然传统的教学模式能够充分发挥教师在教学中的主导和监控作用,但是不能很好地发挥学生的积极主动性,长期以来不利于对学生创新精神和创造能力的培养.

网络技术为师生提供了多种交互渠道,能够弥补课堂教学时间有限而带来的面对面教学不能够进行师生充分交互的不足. DGWI 教学模式充分发挥了互联网的作用,将网络技术引入了理工科大学物理课程的日常教学中,不仅提供了教学过程中师生交互的渠道,更是促进了教学过程中师生的及时有效的交互. DGWI 教学模式推动了大学物理教学从传统的教学模式向互联网时代的教学模式改革.

参 考 文 献

- [1] Lillian C. McDermott, 罗莹. 通过物理教育研究促进物理教学 [J]. 物理教师, 2011, 32(7): 3-4.
- [2] 黄桦. 物理课程创新教学模式: JiTT 和 PI——基于技术的互动教学典范 [J]. 电化教育研究, 2012, 228(4): 89-94.

- [3] 李列明, 李元成, 李斌. 大学物理习题集 [M]. 北京: 中国石油大学出版社, 2012.
- [4] Palincsar, R A, Brown A L. Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities [J]. *Cognition and Instruction*, 1984, 1(2): 117-175.
- [5] 赵敏娜. 美国高校三种典型课堂教学模式探究——以教育类课程为例 [J]. 比较教育研究, 2004, 167(4): 11-15.
- [6] 贺斌. 提取式学习最新研究进展及其对有意义学习的影响 [J]. 现代远程教育研究, 2015, 133(1): 12-21.
- [7] 马小凤, 周爱保, 崔丹, 等. “提取练习”促进意义学习: 实验凭证与教学应用 [J]. 心理科学进展, 2014, 22(2): 279-287.
- [8] Karpicke J D, Roediger H L. The critical importance of retrieval for learning [J]. *Science*, 2008, 319 (5865): 966-968.
- [9] Karpicke J D, Blunt J R. Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping [J]. *Science*, 2011, 331(6018): 772-775.
- [10] Karpicke J D, Butler A C, Roediger H L. Metacognitive strategies in student learning: Do students practice retrieval when they study on their own [J]. *Memory*, 2009, 17(4): 471-479.
- [11] Bruce S. Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment [J]. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.*, 2006, 2(1): 010105-1-7.
- [12] Hake R R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses [J]. *Am. J. Phys.*, 1998, 66(1): 64-74.

“清华-北大-复旦-中科大-南大五校联合招待会”

在 2016 年美国物理学会年会上圆满举行

美国当地时间 2016 年 3 月 16 日晚, 美国物理学会 3 月年会 (APS March Meeting) 举行期间, 由清华大学物理系牵头与北京大学、复旦大学、南京大学和中国科技大学的物理系 (学院) 在马里兰州巴尔的摩一起举办了五校联合招待会. 会上, 各校物理院系领导轮流介绍了院系的基本情况和人才招聘计划等.

此次五校联合招待会是国内具有物理学国家一级重点学科的著名高校第四次携手在国外联合举办招待会和招聘活动, 吸引了来自世界各地近千名华人物理学家、各校校友、海外留学生及国际友人参加. 今后, 五校将延续传统, 全力打造“五校联合招待会”的品牌, 不断提升国际知名度和影响力.

(摘自清华大学物理系简报)