

美国研究基金支持下的物理教育研究及其对高等物理教育的影响*

张萍¹ 丁林² 译

(1 北京师范大学物理学系 北京 100875)

(2 美国俄亥俄州立大学教育学院 俄亥俄哥伦布 43210)

2019-08-20收到

† email: zhangping@bnu.edu.cn

DOI: 10.7693/wl20190910

1 引言

60多年来,研究如何更好地改进本科物理教学一直是美国研究和基金资助的重点。美国对物理教育以及更大范围的科学教育的兴趣可以追溯到1957年,当时苏联成功发射了第一颗绕地球运行的卫星(De-Boer, 1991)。美国对科学教育的长期和持续关注是基于培养科学专业人员的愿望——这些专业人员能够努力实现国家的重要目标,即强大的经济、军事防御和国际声望。(Committee on Science Engineering and Public Policy, 2006; National Commission on Excellence in Education, 1983; National Science Board, 2007; National Science Foundation, 1996)。近年来,解决当前世界性的问题已被列入培养人才的目标计划中。例如,奥巴马总统在2009年的一次演讲中强调:我们必须应对气候变化,找到治愈疾病的方法和生产清洁能源,因此STEM教育(science、technology、engineering and mathematics, STEM)改革迫在眉睫(The White House, 2009)。

本文将描述美国重视STEM教育研究带来的主要影响,并重点关注物理教育研究(physics education research, PER)。尽管文章专注于物

理,但该内容也适合科学的其他领域。在非科学研究领域,如艺术和人文科学,还没有得到国家同样的重视和基金资助。

2 PER构建了有关高效物理教学方法的理论知识

PER领域是由一些在传统教学模式培养出来的物理学教授创立,他们对传统讲授式教学方法的效果并不满意。PER是科学教育研究领域中最先发展起来的学科之一(Cummings, 2011; Docktor & Mestre, 2014)。20世纪80年代,美国大约有十几所研究型大学物理系开设了PER课程,可以授予PER博士学位。PER的主要研究方向包括学生对物理概念的理解、有效的课程教学及物理问题的解决。基于PER早期工作取得的很大成功,1999年美国物理学会(American physical society, APS)发布了一项政策性声明,认定PER在物理研究领域中的合法地位(APS, 1999),即认定了PER是物理研究领域的的一个分支方向。

此后PER不断扩大,从2000年开始,美国每年都有PER年会。2005年美国物理学会在《物理评论》(Physical Review)的系列期刊中增加了PER方向,从此PER有了自己的研究期刊——《物理评论—物

理教育研究》(physical review physics education research, PRPER)。目前在美国至少有40所大学提供PER的博士学位。PER领域发表文章的数量也在不断增加。2005年至2007年间,PRPER接受了55篇文章;2015年至2017年间,PRPER接受了224篇文章(Henderson, 2018)。

最新的关于PER的综述文章中总结了其主要研究成果(Docktor & Mestre, 2014)。对许多本科STEM课程的研究表明,该课程中常用的教学方法存在的如下问题:(1)不能帮助学生理解课程内容的本质意义;(2)不能培养学生解决实际问题的能力;(3)一些有能力的学生因为课程的枯燥乏味而离开STEM领域;(4)错误表征科学的过程。众所周知,PER倡导的基于研究开发的教学方法可以显著解决所有这些问题(Freeman等, 2014; Singer, Nielsen, & Schweingruber, 2012)。

例如,以学生为中心的主动学习环境与翻转教学法(Student-Centered Active Learning Environments With Upside-Down Pedagogies, SCALE-UP)是PER倡导的众多教学方法之一。在SCALE-UP中,教师修改他们的教学法,尽量减少讲课,为学生小组合作留出大量时间。圆桌、白板和促进学生之间的合作及工作成果的共享。研究

* 文章译自 Charles Henderson. 《物理与工程》, 2019, 29(5): 22—26。

表明, SCALE-UP可以提高学生解决问题的能力、概念理解、对科学的态度、入门课程的成绩(Beichner等, 2007; Beichner等, 2000), 以及在后续课程中的表现(Dori等人, 2003)。在对同一所学校同一门必修课的学生所学课程内容的一项研究表明: 在水平相当的学生中, 使用SCALE-UP教学法的学习效果比使用传统教学方法提高了一倍多(Beichner等, 2007)。

3 PER用所得的理论知识改变了美国高等物理教学实践

仅仅发展有效教学方法的理论知识是不够的, PER的主要目标之一是将新理论应用于教学实践。在美国, 通过出版教材、开办讲座和研讨会、口碑交流, 以及物理专业学会对教学的重视与宣传等诸多方式, 实现了将物理教育研究的理论应用于实践的目标。

对美国高等物理教学实践影响最大的可能是培训物理和天文学新职教授研讨会(new faculty workshop, NFW)。NFW由3个主要专业协会(美国天文学会、美国物理教师协会、美国物理学会)组织, 资金来自国家科学基金会(National

Science Foundation, NSF)。它已经运行了20多年, 目前在美国约有40%的大学物理教授参加过NFW(Henderson, 2008), 相比那些没有参加过培训的教授, 他们更有可能了解和使用基于PER的教学策略(Henderson, 2012)。

对物理教师的调查表明, 在过去10年中, 具有PER教学策略的理论知识和将其用于教学实践教授人数都显著增加, 已经达到很高的比例(Dancy等, 2019; Henderson & Dancy, 2009)。如图1所示, 2019年几乎所有的美国高校物理教师都知道基于PER的教学策略, 使用这些策略的教师人数是2008年的2—3倍, 这样的增长与PER领域的繁荣和PER理论知识的发展及推广密切相关。

4 如果没有强有力的政府基金资助, PER就不会蓬勃发展

在美国, PER领域的成功令人惊叹。在提高大学物理教育教学质量方面, 已经产生了大量基于研究的理论知识。更重要的是, 这些理论知识已被物理教授广泛应用于他们的教学实践中。PER的成功主要得益于国家科学研究基金的集中和

持续性支持。

过去几十年中, 美国政府对科学教育的资助显著增加。例如, 美国国家科学基金会1977年为科学教育提供的资金为6000万美元, 2016年已增长到8亿美元(Suter和Camilli, 2018)。

2011年, 我们对美国所有活跃在PER领域的研究人员进行了调查(Henderson, Barthelemy, Finkelstein, & Mestre, 2011)。2006年到2010的5年中, PER获得资金资助至少有262项, 总价值为7250万美元。大部分资金(88%)来源于政府, 最大的政府来源(占有资金的75%)是美国国家科学基金会。资金支持最多的研究方向是课程开发, 其次是基础研究, 传播和教职培训, 以及在其他领域的推广。

另一项研究发现, 持续性资助教育研究对教学实践的影响非常重要(Khatri等人, 2017年)。在这项研究中, 研究人员利用专家调查确定了43项教学创新, 这些创新教学方法在美国大学的科学、数学和工程课程中得到了广泛应用。在对这些创新教学方法开发者的采访发现, 几乎所有人都获得了至少300万美元的外部资金, 持续时间至少是10年。几乎所有资金都来源于政府, 主要是国家科学基金会。

5 结语

本文重点阐述了美国物理教育研究领域在过去几十年中的强劲增长, 因此形成了在提高物理教学质量方面的丰富理论成果, 这些理论成果有效推动了美国大学物理教学方法改革。如果没有政府研究基金的大力资助——主要来自国家科学基金, 这一切都不可能实现。

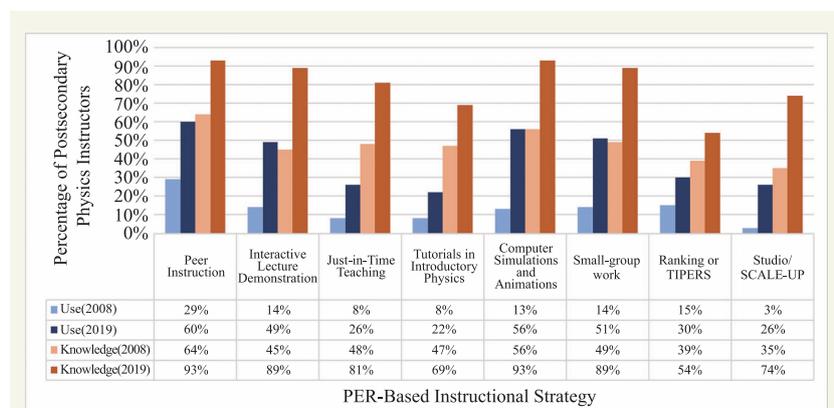


图1 2008年与2019年高校教师中知道/使用基于PER的教学策略的人数比例