

近5年物理学科计算机辅助教学研究的文献综述

洪颖 崔非凡

(华南师范大学物理与电信工程学院 广东 广州 510006)

(收稿日期:2022-04-03)

摘要:为了解近5年来国内外物理学科计算机辅助教学研究的整体情况,通过对国内外总计77篇论文进行统计分析,并从研究对象、研究方法和研究内容3个维度分别讨论了国内、国外的相关研究,并发现国内外论文在3个维度上都有不同,而国内相关研究空间还很大,研究方法也有待提高。

关键词:文献综述 计算机辅助教学 在线教学 物理教育

1 引言

计算机辅助教学(CAI, Computer - Assisted Instruction的简称),是指运用计算机技术以及网络技术进行教学的过程.随着互联网技术的发展,计算机辅助教学逐渐出现在了物理教育的研究视野中.受到2019年的新冠疫情冲击,国内和国外的物理教育网络课程和虚拟实验成了远程教学中最核心的部分.因此,国内外的研究学者都对物理学科计算机辅助教学展开了不同角度、深度和层次的研究.

本文通过检索期刊《物理评论-物理教育研究》(*Physical Review - Physics Education Research*, PRPER)、《物理教师》、《物理教学》、《大学物理》、《物理实验》,对其中物理学科计算机辅助教学相关论文进行统计分析,撰写文献综述,以期了解近5年

来国内外物理学科计算机辅助教学研究的整体情况.

2 研究设计

在此研究中,笔者先在《物理评论-物理教育研究》期刊官网检索框输入“online teaching”“remote teaching”“computer - based teaching”进行文献检索,检索得到24篇2016年到2021年的论文.其次,笔者在CNKI检索框输入主题为“在线教学”“虚拟实验”“仿真”“计算机辅助教学”,并分别以“物理教师”“物理教学”“大学物理”“物理实验”为关键词进行高级检索,得到2016年到2021年的论文总计53篇.

3 研究结果

3.1 研究对象

首先,笔者对国内外77篇文献的研究对象进行了统计分析,具体情况如表1所示.

表1 2016—2021年物理学科计算机辅助教学研究对象

研究对象	初中课程	高中课程	本科课程	教师群体
中文论文数量 / 篇	4	15	34	0
中文论文占比 / %	7.55	28.30	64.15	0
英文论文数量 / 篇	0	1	22	2
英文论文占比 / %	0	4.17	91.67	8.33

由表1可知,国内关于物理学科计算机辅助教学研究以本科生课程为主要研究对象,其次为高中课程,初中生课程的教育研究相对较少,针对教师群体的研究结果为零.可见针对教师群体、初中课程方面的研究需要更多的投入,以补充其不足.

国外研究以本科生课程为主要研究对象,更倾向于选择本科生课程,高中生和初中生课程研究较少.此外,国外还有针对教师群体的相关研究.

由此可见,国内相关研究的研究对象覆盖面比较广,数量相对均匀,侧重点更偏向于高中生和本科学物理课程,这是我国物理教育研究的一大优点.

但是目前尚缺乏针对教师群体的相关研究.

部分论文同时涉及教师群体和本科课程,因此表中数据有重复.

3.2 研究发展

2016年到2021年国内外相关研究数量变化如表2、图1所示.中文论文数量从2019年到2020年有显著的提升,英文论文数量从2019年到2021年稳步增长.总体上,2016年到2021年国内外研究数量都呈上升趋势,在2020年和2021年分别达到最多.论文数量在2019年开始稳步上升和新冠疫情的刺激有一定的关系.

表2 2016—2021年物理学科计算机辅助教学研究发展

年份	2016	2017	2018	2019	2020	2021
中文论文数量 / 篇	1	9	7	4	18	14
中文论文占比 / %	1.89	16.98	13.21	7.55	33.96	26.42
英文论文数量 / 篇	6	3	2	1	4	8
英文论文占比 / %	25.00	12.50	8.33	4.17	16.67	33.33

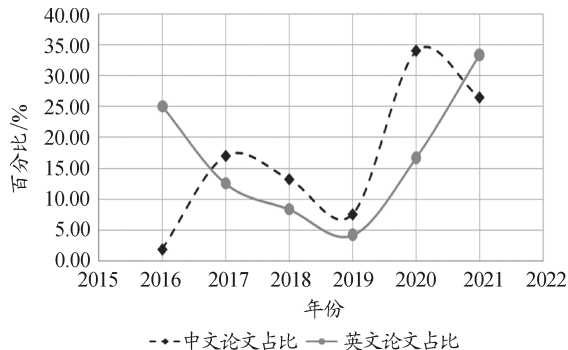


图1 2016—2021年物理学科计算机辅助教学研究发展

3.3 研究方法

笔者对国内外的77篇论文的研究方法进行了统计分析,具体情况如表3所示.

由表3可知,国内关于物理学科计算机辅助教学的研究方法以非实证研究为主,所占的比例为54.72%,而53篇论文中,仍有17篇量化研究,但采用混合研究的论文只有一篇.国外关于物理学科计算机辅助教学的研究方法以实证研究为主,非实证研究论文占比为零.

表3 2016—2021年物理学科计算机辅助教学研究方法

研究方法		中文论文数量 / 篇	中文论文占比 / %	英文论文数量 / 篇	英文论文占比 / %
实证研究	质性研究	6	11.32	1	4.17
	量化研究	17	32.08	16	66.67
	混合研究	1	1.89	7	29.17
非实证研究		29	54.72	0	0
总计		53	100	24	100

3.4 研究内容

3.4.1 国内文献研究内容

笔者先对国内53篇文献的研究内容进行了统计分析,具体情况如表4所示.

表4 2016年—2021年国内物理学科计算机辅助教学研究内容

研究内容	2016	2017	2018	2019	2020	2021	总计
远程实验 / 篇				1		1	2
教学展望 / 篇	1	1					1
虚拟技术辅助教学 / 篇		8	5	3	3	5	25
在线教学 / 篇			2		15	8	25
总计	1	9	7	4	18	14	53

由表4可知,国内计算机辅助教学研究主要集中在关于虚拟技术辅助教学、在线教学研究;大部分文献集中在2019年以后,针对新冠疫情背景下的大学物理实验教学、普通物理教学和高中课程教学进行探讨和实践.虚拟技术辅助教学主要讨论了可能帮助学生学习物理的仿真技术、智慧平台等;在线教学主要研究疫情背景下网络课程的教学实施方法和效果.少量有关远程实验的研究文献系统讨论了大学物理实验课的远程实现.

下面本文将举例分析各类型研究内容的梗概、方法、结果和评价.

(1) 虚拟技术辅助教学

文献[1]通过NOBOOK虚拟实验技术设计了高中“带电粒子在磁场中的运动”仿真实验课程.他们分别对课堂教学流程和例题仿真绘制进行了细致的设计.但是仍然缺少相应的教学反馈数据说明此种技术的可行性和教学效果.

文献[2]研究了虚拟技术教学的优势和缺点,并将信息化教学 and 传统教学作了比较,提出“不能丢掉黑板”“慎用仿真动画实验”等观点,为教师在面对信息化教学浪潮下的辩证思考和抉择提供了借鉴.但是他们的研究是非实证研究,说服力仍然不够.

在这方面的研究中,能反馈教学效果的文献较少,例如文献[3],报告了使用虚拟仿真实验的本科生的学习效果,使用问卷调查的方法对其进行使用频率、学习习惯和学习效果的评价,量化分析了学生使用虚拟仿真技术的学习反馈,能较好地说明其虚拟技术的可行性和不足之处.

总体来说,国内研究者侧重于虚拟教学技术的

开发、应用,而不重视调查和分析验证工作,大部分文献缺少有说服力的数据证明其虚拟技术在辅助物理教学过程中的可行性,研究有待改进.

(2) 在线教学

在线教学主要包括网络课程效果的研究和在线教学设计两类研究.

文献[4]进行了基于PDCA循环的物理在线教学设计和质量管控,不仅能提出和设计在线教学在PDCA循环中每一个详细步骤,还设计了教学反馈调查量表,在为教学设计产品提供可靠数据支撑的同时给予使用此类教学设计的教师以反馈方式的借鉴.从开发到量化观察分析研究成果,PDCA循环的在线教学设计较为成功.类似地,文献[5]提出了以概念图为支架的云端一体化物理课堂的建构与思考,也在开发了云端物理课堂的同时提供了可靠的数据支撑,主要以学生的学习效果为衡量目标量化分析学生的成绩,也为疫情背景下的教学提供借鉴.

除了中学物理教学,文献[6]针对本科物理在疫情背景下的在线教学进行了系统、详尽的课堂设计,包括如何利用雨课堂和钉钉进行“课前预习、课中学习、课后复习”的全课堂过程,并使网络直播教学和学生自主学习结合起来,创新地为线上教学提供了蓝本.而与之相对应地,文献[7]采用访谈和调查两种方法,量化地研究了学生的线上学习体验,对本科生的师生互动频率、学习压力等因素做了统计和分析,发现学生对线上学习总体上充满认可,并对未来线上线下混合教学有一定的期待.

总体来说,国内研究者在在线教学设计方面的研究都十分详尽,其中大部分文献都能对线上教学课堂内容和环节做出创新性的设计.然而不足的是,

只有少量文献能够提供具有说服力的教学实践反馈数据.

(3) 远程实验

随着新冠疫情的到来,普通物理实验课也面临着巨大的挑战,远程实验往往成为“停课不停学”时期的教学选择.文献[8]研究了本科生使用虚拟实验软件完成近代物理实验的效果,并提供了关于本

科生实验认知和学习态度、学生对比实操实验和虚拟实验的感受等方面的调查数据,他们发现远程实验能提供给本科生更少的时空限制,提高他们的自主解决问题的能力.

3.4.2 国外文献研究内容

笔者再对国外24篇文献的研究内容进行了统计分析,具体情况如表5所示.

表5 2016年—2021年国外物理学科计算机辅助教学研究内容

研究内容	2016	2017	2018	2019	2020	2021	总计
远程实验 / 篇	0	1	0	0	0	4	5
在线教学 / 篇	2	1	1	0	3	2	9
教师在线教学反馈 / 篇	0	0	0	0	0	2	2
虚拟技术辅助教学 / 篇	4	1	1	1	1	0	8
总计 / 篇	6	3	2	1	4	10	25

由表5可知,国外针对物理学科计算机辅助教学的研究主要集中在远程实验、在线教学、虚拟技术辅助教学三大方面.另外有少量的论文涉及教师在在线教学反馈.由于部分论文同时涉及远程实验和教师反馈,所以其数据在表中重复记录.

下面本文将举例分析各类型研究内容的梗概、方法、结果和评价.

(1) 远程实验

文献[9]研究了远程实验中本科学生的自我效能评价和其他行为测量结果(如自我调节学习技能).研究本质上是描述性的,并采用调查研究设计来检验变量之间的关系,得出结论为远程实验教学是有益于学生的.但是从方法论的角度来看,依赖于对学习和态度的自我评估和主观评估,缺少客观的数据.

文献[10]使用了iOLab设备进行本科生物理远程居家实验教学,设计了开放式项目让学生参与.研究者运用了E-CLASS量表进行调查,并用三角分析法处理调查结果,得到了学生对开放式远程实验课程大多持有积极态度的结论,而另一方面,远程实验也造成了学生有更大的课业负担、学生感到迷茫、学生之间合作困难等问题.

(2) 在线教学

在线教学的研究文献较多,是国外研究者关注的热点.在线教学的相关研究主要包括两个部分——在线教学学习效果、在线评估学生学习风险.

1) 在线教学学习效果方面的研究

文献[11]以本科生的计算物理、量子力学课程为例研究了远程访谈在在线教学中的效果.利用Zoom的功能,设计了一个半结构化的访谈,并总结了在计算物理之外的环境中设计和进行远程访谈的经验.研究者以观察和捕捉参与者行为、表情为主收集数据,发现远程访谈的学习也能达到很好的效果.

而文献[12]考察了本科生的心理健康、物理动机等,并试图将这些因素与他们对在线教学的整体看法联系起来.研究者计算了所有被测变量的描述性统计,发现总体上学生的态度是积极的,但是紧急远程教学对学生的自我调节能力、自我效能感和参与能力也有一定的挑战.

2) 在线评估学生学习风险的相关研究

文献[13]研究了通过社交网络的镜头检查学生物理自我效能下降的方法.该文献使用了线性回归模型分析来自社交网络的数据,发现学生经历的互动类型对自我效能的形成很重要.

文献[14]研究了物理入门课程中使用计算机自适应测试来评估物理能力和提高考试成绩.文中

报告了3个实验,并发现虽然CAT在实际测试中显示出了希望,但在实施CAT进行总结性评估之前,还需要进行更多的研究来改进测试算法以提高可靠性。

类似地,文献[15]使用机器学习识别物理课上最危险的学生,应用了随机森林机器学习算法来预测入门力学的学生是否会获得D或F的成绩,并获得了良好的预测效果。

(3) 虚拟技术辅助教学

文献[16]展示了虚拟学习环境 Student Researcher,它将模拟、多项选择测验、视频讲座和游戏化整合到本科生的量子力学学习路径中。通过奥尔胡斯大学的量子力学测试发现,与以往的表现相比,在平台上更加活跃的学生学习能力有所提高。

文献[17]基于教育重构模型设计了高中广义相对论课程的合作在线学习环境。文献[18]以矢量数学为例研究了如何通过计算机实践提高物理基本技能。

以上的研究者都使用了测试或调查作为数据分析的基础。不同的是,文献[19]使用了眼球追踪的研究方法研究了计算机物理实验动画和学生学习本科物理的交互性。

总的来说,对比国内的虚拟技术辅助教学,国外研究者对测验游戏化、合作学习与计算机实践、计算机动画实验十分重视,并不仅仅局限于网络课程和普通仿真。

(4) 其他

另外,文献[20]研究了在疫情下过渡到在线教学之后教师同行的教学方法、教学实践情况和心理状态,并使用贝叶斯因子进行数据分析。结果发现,教师们没有因为新冠肺炎造成的干扰而实施全新的教学方法,而是主要集中在通过视频会议软件和学习管理系统提供讲座。接受调查的一部分教师仍倾向于在教学上积极投入时间和精力,即使他们面对陌生的教学环境。

而文献[21]分别从本科生和导师的角度进行了在新冠肺炎大流行期间虚拟研究体验对大学生社

会心理方面收获的影响相关的研究。发现所有学生都表示,这种虚拟研究的经历非常有益,提高了他们的自我认可、归属感。

4 总结与启示

通过对近5年物理学学科计算机辅助教学的研究文献进行分析,笔者发现,首先从研究对象来说,国内的研究主要集中在高中生、本科生物理课程上,初中生课程有少量涉及,从针对学生群体的研究情况来看,我国研究覆盖面相对广,但是缺少针对教师或导师的教学研究;而国外的研究主要集中在本科生课程上,覆盖面较窄。但是,国外相关研究能够从学生和教师两个角度进行相关研究。

其次,从研究方法来说,国内的研究以非实证研究为主,国外的研究以实证研究为主。国内研究者能创新地开发许多线上教学资源,涉及面广,有面向初中生、高中生、本科生的物理教学仿真平台,但是只有少量研究者给出了这些仿真平台应用到教学中的效果和反馈数据;此外,国内研究者获取数据和数据分析的方式比较单一,而国外研究者往往在开发了物理教学平台、设计了在线教学方案之后,对实际应用中学生的反馈做了详尽的统计和分析,获取数据的方式十分丰富,包括眼动追踪、在线捕捉学生表情等,给予研究更丰富的数据支撑。

最后,从研究内容来说,国内研究主要集中在关于虚拟技术辅助教学、在线教学的研究,有少量的远程实验教学研究,并有研究者提出了互联网背景下进行物理教学的展望;国外研究主要集中在远程实验、在线教学、虚拟技术辅助教学三大方面,有少量的论文涉及教师在线教学反馈。

因此,国内相关研究还有很大的研究空间,研究方法也有待提高,根据国内相关论文的研究状况,笔者建议研究者在未来不仅能提出有帮助的计算机辅助教学环境搭建技术和教学设计,还可以采取更加严谨、多元的方法进行更深入的研究。我们只有不断汲取各方研究的长处,不断改进研究方法,完善研究内容,才能为中学生、本科生更好地学习物理、理解

物理和应用物理开辟一条宽阔明亮的道路,也为教师和导师进行物理教学和项目管理提供更多的帮助。

参考文献

- 乐露露,元瑶,廖湘潭,等.运用“NB物理实验”软件,提升学科核心素养——以“带电粒子在匀强磁场中的运动”的教学设计为例[J].物理教师,2021,42(7):67~70
- 张贵林,白璐.生在此山中云深“应”知处——就一节“同课异构”物理课的思考[J].物理教学,2018,40(1):48~50
- 刘斌,刘金梅,尹亚玲,等.虚拟仿真实验辅助物理实验教学功能的开发[J].物理实验,2020,40(10):40~46
- 任倩,戴志晃.基于PDCA循环的物理在线教学模式设计及质量管控[J].物理教学,2021,43(4):15~17,23
- 叶鹏松.以概念图为支架的云端一体化物理课堂的建构与思考[J].物理教师,2020,41(9):64~68
- 牛金艳,刘佳,慕利娟,等.疫情期间工科院校大学物理线上教学模式探究[J].大学物理,2021,40(3):48~50,71
- 车骁骑,黄安平,金硕,等.疫情期间线上教学对混合式一流课程建设的启示——基于对学生学习体验数据的分析[J].大学物理,2021,40(11):41~47
- 陈卓,张志华,于婷婷,等.近代物理实验课虚拟实验教学调查与分析[J].物理实验,2018,38(12):36~38,43
- KLEIN P, IVANJEK L, DAHLKEMPER M N, et al. Studying physics during the COVID-19 pandemic: Student assessments of learning achievement, perceived effectiveness of online recitations, and online laboratories[J]. *Physical Review Physics Education Research*, 2021, 17(1): 010117/1~11
- HOEHN J R, FOX M F J, WERTH A, et al. Remote advanced lab course: A case study analysis of open-ended projects[J]. *Physical Review Physics Education Research*, 2021, 17(2): 020111/1~20
- SOLORIO C D, GIRE E, ROUNDY D. Interactive remote interviews during emergency remote teaching[J]. *Physical Review Physics Education Research*, 2021, 17(2): 020114/1~20
- MARZOLI I, COLANTONIO A, FAZIO C, et al. Effects of emergency remote instruction during the COVID-19 pandemic on university physics students in Italy[J]. *Physical Review Physics Education Research*, 2021, 17(2): 020130/1~18
- DOU R, BREWE E, ZWOLAK J P, et al. Beyond performance metrics: Examining a decrease in students' physics self-efficacy through a social networks lens[J]. *Physical Review Physics Education Research*, 2016, 12(2): 020124/1~14
- MORPHEW J W, MESTRE J P, KANG H - A, et al. Using computer adaptive testing to assess physics proficiency and improve exam performance in an introductory physics course[J]. *Physical Review Physics Education Research*, 2018, 14(2): 020110/1~16
- YANG J, DEVORE S, HEWAGALLAGE D, et al. Using machine learning to identify the most at-risk students in physics classes[J]. *Physical Review Physics Education Research*, 2020, 16(2): 020130/1~14
- PEDERSEN M K, SKYUM B, HECK R, et al. Virtual Learning Environment for Interactive Engagement with Advanced Quantum Mechanics[J]. *Physical Review Physics Education Research*, 2016, 12(1): 013102/1~6
- KERSTING M, HENRIKSEN E K, BøE M V, et al. General relativity in upper secondary school: Design and evaluation of an online learning environment using the model of educational reconstruction[J]. *Physical Review Physics Education Research*, 2018, 14(1): 010130/1~18
- MIKULA B D, HECKLER A F. Framework and implementation for improving physics essential skills via computer-based practice: Vector math[J]. *Physical Review Physics Education Research*, 2017, 13(1): 010122/1~23
- HOYER C, GIRWIDZ R. Animation and interactivity in computer-based physics experiments to support the documentation of measured vector quantities in diagrams: An eye tracking study[J]. *Physical Review Physics Education Research*, 2020, 16(2): 020124/1~18
- BREWE E, TRAXLER A, SCANLIN S. Transitioning to online instruction: Strong ties and anxiety[J]. *Physical Review Physics Education Research*, 2021, 17(2): 023103/1~6

21 ZOHRABI ALAAE D,CAMPBELL M K,ZWICKL B M, Impact of virtual research experience for undergraduates experiences on students' psychosocial

gains during the COVID - 19 pandemic[J]. *Physical Review Physics Education Research*, 2022, 18(1). : 010101/1 ~ 18

Journal Review on Computer Assisted Instruction Research in Physics in Recent Five Years

Hong Ying Cui Feifan

(School of Physics and Telecommunication Engineering, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510006)

Abstract: In order to understand the overall situation of CAI research in physics in China and abroad in recent five years, this paper makes a statistical analysis of a total of 77 papers in China and abroad, discussing the relevant research from the three dimensions of research object, research method and research content. It is found that the papers in China and abroad are different in three dimensions. And the relevant research in China should be improved, especially the research methods.

Key words: journal review; computer assisted instruction; online teaching; physics education

(上接第 139 页)

杆 AB 处于水平位置, 装置两侧液面的高度差为 h , 求:

- (1) M 在水中受到的浮力;
- (2) h 的大小;
- (3) 前后两次冲水间隔的时间;
- (4) ……

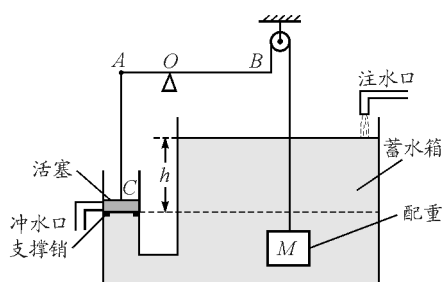


图 1 2021 年烟台中考题图

错误分析: 试题建构的模型并不合理, 题目中“当两侧液面相平时, 活塞落下, 冲水结束”无法实现。

本体的模型中, 杠杆 B 端由于受到向上的拉力, 活塞就被竖直顶杆 AC 向下按压并将液体堵住使其无法流出。当两侧液面差达到一定值后, 活塞受到液体向上的压力大于顶杆 AC 向下的压力, 活塞就会

被液体向上顶起, 水就会从出水口流出。然而当水流出一点后, 容器两侧的液面差就会减小, 由于杠杆 B 端受到向上的拉力大小未变, 顶杆 AC 向下的压力也未变, 而液体对活塞向上而压力变小了, 此时活塞就会在顶杆 AC 的压力下再将液体堵住, 使得液体无法再流出! 题目的描述“当两侧液面相平时, 活塞落下, 冲水结束”无法实现, 根据题目建构的模型, 水流出少许, 活塞就会落下, 冲水就会结束! 显然, 本题建构的自动冲水装置模型非常不合理。

由于中考试题通常会被广泛研究和参考, 因此各地中考命题应当慎之又慎, 务必严谨准确, 以彰显物理学科的严谨性, 为各种教辅和市区质检起到正确的引领作用, 切实帮助学生建立良好的知识体系, 帮助提升学生的物理学科核心素养^[3]。

参考文献

- 1 孙娅蕾, 赵秋菊, 唐梦琴. 霜的形成与相关气象要素分析[J]. *现代农业科技*, 2017(20): 202, 204
- 2 吕稀. 变质量运载火箭的动力学特性与主动控制研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2016
- 3 任少铎. 对 2020 年中考物理试卷几处答案的商榷[J]. *物理通报*, 2021(5): 138 ~ 140, 152