

虚拟仿真技术在化学教学论实验教学中的应用

李海琴, 薛亮*, 东婉莹, 杨洋

陕西师范大学化学学院, 西安 710000

摘要: 将虚拟仿真实验应用于化学师范生化学教学论实验课程中, 采用“线上+线下”混合教学模式进行教学实践, 探讨了虚拟仿真实验在增强师范生自我效能感、提升师范生专业实验技能方面的影响。其中, 师范生的价值观念、学习动机、自我调节能力得到显著性提高。

关键词: 虚拟仿真实验; 化学教学论实验; 实验自我效能感; 实验专业技能

中图分类号: G64; O6

Application of Virtual Simulation Technology in Laboratory Teaching of Chemistry Teaching Theory

Haiqin Li, Liang Xue*, Wanying Dong, Yang Yang

College of Chemistry and Chemical Engineering, Shaanxi Normal University, Xi'an 710000, China.

Abstract: This paper tries to apply virtual simulation experiment in chemistry teaching theory laboratory course of normal university students, and discusses the influence of virtual simulation experiment on enhancing self-efficacy of normal university students and improving their professional experimental skills by adopting the mixed teaching mode of “online + offline”. It proves that the value concept, learning motivation and self-regulation ability of normal university students have been significantly improved.

Key Words: Virtual simulation experiment; Chemistry teaching theory laboratory; Laboratory self-efficacy; Laboratory professional skills

《教育部关于加强师范生教育实践的意见》中提出我国教师教育改革在持续推进过程中, 师范生教育实践也在不断加强, 但是还存在着目标不够清晰, 内容不够丰富, 形式相对单一等问题^[1]。对于化学师范专业来说, 不仅需要夯实化学基础知识, 同时也要掌握专业实验技能。通过文献调查发现, 高等师范院校中化学教学论实验课程教学实践发挥的作用不明显, 存在实验条件差、教学模式单一、学生学习的积极性不高等问题^[2]。因此, 本研究聚焦于如何提升师范生化学教学论实验课程教学效果, 使其发挥积极的正面作用的问题。为了解决该问题, 我们发现目前有关虚拟仿真实验的教学研究日益增多。有研究表明, 使用虚拟仿真实验不仅可以提升学生的学习成绩, 学生的学习兴趣也会得到提高^[3,4], 化学教学论实验课程中应用虚拟仿真技术的研究也有涉及^[5], 但鲜有研究者深入探究虚拟仿真实验对于学生的自我效能感、学习动机、自我调节技能等深层次的影响。因此, 本研究设计了“线上+线下”实验教学模式进行化学教学论实验课程教学实践研究, 深入探究虚拟仿真实验在对师范生自我效能感、师范生专业实验技能方面的影响。

收稿: 2021-09-28; 录用: 2021-12-07; 网络发表: 2022-04-20

*通讯作者, Email: xueliang@snnu.edu.cn

基金资助: 陕西师范大学研究生创新团队项目校级重点项目(TD2020011Z)

1 虚拟仿真实验的研究现状

国内关于虚拟仿真技术投入教学之中的研究相对较少,大体上分为两种,第一种研究处于理论技术分析的层面^[6],如朱家华等^[7]对于虚拟仿真实验培养师范生核心素养的策略与价值,具有一定的理论意义,但未进行实践研究。第二种研究立于教学实践的角度,研究发现学生通过虚拟仿真实验的学习,提高了学习成绩^[3,4,8],如康泽伟^[9]借助虚拟仿真技术进行微课的制作,在高中化学课堂中进行授课,产生了积极的影响。此类研究将虚拟仿真实验切实运用到教学中,具有一定实践意义。但研究多采用问卷调查法对学生接受虚拟仿真实验态度进行调查,未对学生各方面影响进行深层次的探究,缺乏针对化学教学论实验课程的测评工具,这些问题为本研究的展开,赋予了重要意义。

国外对于虚拟仿真技术的教学应用研究较国内来说持续时间长、涉及范围广。他们的研究成果各有不同,也存在一定局限。通过对文献梳理,大致分为三类:第一类研究为虚拟仿真实验对学生学习效果影响的研究。Zacharia等^[10]研究结果表明,通过虚拟仿真实验的干预,学生进行physical manipulatives (PM)与virtual manipulatives (VM),通过PM再进行VM的学习有助于学生对知识概念的理解,肯定了虚拟仿真实验干预学习的积极意义。第二类属于偏向于技术的研究,Limniou等^[11,12]开发了基于CAVE技术的完全沉浸式虚拟实验,学生可以在其中模拟两种化学物质的反应。该系统的虚拟实验室允许学生对实验过程所需的各种玻璃器皿或设备进行组装,还可以通过模拟其中的实验反应来了解化工厂的各个组成部分及其化学反应的操作过程。此类研究弥补了线下真实实验安全性差、实验设备不足的缺点。第三类研究是进行线下实验与虚拟仿真线上实验的对比研究,得出结论为只进行虚拟仿真实验的总体学习效果不如传统的线下实验。对于学生情感态度类研究表明,获得感不足,面对化学学科时产生的情感态度相对于线下实验较为不足^[13-15]。综上所述,虚拟仿真实验具有一定的研究和应用价值。本研究将线下实验与线上虚拟仿真实验的优点结合起来,采用“线上+线下”的教学模式进行师范生化学教学论实验课程教学实践研究。

2 研究问题

- (1) 结合虚拟仿真实验教学是否会影响师范生自我效能感?
- (2) 结合虚拟仿真实验教学是否会影响师范生专业实验技能?

3 研究工具的选用

3.1 自我效能感测试工具

自我效能感(self-efficacy),由班杜拉在1986年所提出,指一个人对自己组织和执行行动过程以产生预期结果的能力的判断。有研究表明,教育技术的成功使用高度依赖于积极的自我效能以及对在课堂上实施数字工具的积极态度,自我效能感高的学生在课堂上的参与程度、学习时的努力程度和考试成绩都较高^[16,17]。因此,培养师范生的自我效能感有利于其专业成长,如何测量师范生的自我效能感也是本研究亟待解决的问题之一。

研究中使用的自我效能感的测试工具为翻译并参考了Kolil等^[18]在2020年编制的大学生化学实验自我效能量表(experimental self-efficacy,以下简称ESE),该量表确定了影响学生实验自我效能感的4个因素,分别为概念理解、实验室安全、实验过程复杂性、实验资源充足。每个因素对应有3个相关问题,依次编号。量表中的每一项都以5分李克特量表进行评分(1=非常不同意,5=非常同意)。12个问题的总体信度系数为0.86,得分越高表明学生自我效能感越强。

3.2 师范生实验专业技能测试工具

鲍默特和昆特^[19]提出决定教学质量的教师专业有4个指标:专业技能基础知识、价值观念、学习动机和自我调节技能。价值观念是基于一定的思维感官之上而做出的认知、理解、判断或抉择。学习动机是激发并维持个体进行学习行为,并使学习行为朝向一定目标的一种内在过程,分为认知内驱力、自我提高内驱力、附属内驱力^[20]。自我调节技能指师范生可以在实验的过程中发现认知以及技术操作错误之后及时进行调整的技能。师范生实验专业技能基础知识分为两个方面,一方面为能

预测、观察、描述和解释实验现象，另一方面为能处理实验相关信息和结论，具体细则对应如表1所示。结合陕西师范大学对于化学师范专业的培养计划，选取陕西师范大学化学化工学院化学教学论实验中七组实验之一的“饱和NaCl溶液的电解”实验进行说明，对应具体要点与细则如表1所示。

表1 实验操作步骤得分规则

实验能力一级指标	知识要点	得分
预测、观察、描述和解释实验现象的能力	(1) 安装实验装置，铁丝电极和石墨电极使用时，要先进行预处理，用沙纸打磨铁丝电极	+3分
	(2) 装上铁丝阴极和石墨阳极，连接好电源	+3分
	(3) 接通低压直流电源后，可以看到两个电极附近均有气泡产生	+3分
	(4) 检验产生气体Cl ₂ 、H ₂	+3分
处理实验相关信息和结论的能力		

描述错误操作步骤，每条-1分

本研究据此4个指标确定为测量维度，为了保证测量工具的科学性，编制过程通过专家教师指导，包括化学教学论实验课程教师、教育心理学教授。

4 调查对象和过程

本研究对象为陕西师范大学化学师范教育专业2018级本科生，参与人数100人，采取实验班与对照班的形式进行对比研究(实验班50人、对照班50人)，本次调查发放问卷与测试量表100份，回收100份，有效回收率约为100%。

实施过程分为实验自我效能感调查和测量师范生实验专业技能两个环节。于正式进行实验之前，发放ESE调查量表完成两个班级的前测调查。统一采集过程由任课化学教学论实验课程教师完成。正式开始进行教学实践的过程中，保证实验班每个学生在进行虚拟仿真实验测试期间可登陆账号进行实验，对照班按正常教学流程进行。

研究测试进行7组实验的虚拟仿真实验“线下+线上”教学，分别为饱和NaCl溶液的电解、乙酸乙酯的制备、铁及其化合物、氧气的制备、氢气的制备、葡萄糖溶液的银镜反应、甲烷的制备，其中师范生实验自我效能感测量与师范生专业技能中的价值观念、学习动机和自我调节技能的变化需要一段时间之后才能显现，因此在7组化学教学论实验结束之后进行实验自我效能感与师范生专业技能中的价值观念、学习动机和自我调节技能后测调查。最后，收回测试材料，将收集的数据输入SPSS 25.0软件进行统计分析。

5 调查结果

5.1 师范生自我效能感变化

5.1.1 自我效能感数据统计结果

(1) 将自我效能前测数据进行正态性检验，正态图呈现结果见图1。

通过正态检验P-P图(Peak-to-Peak图)分析发现：多数数据点落在理论直线上，预期的理论累计概率与实际的累计概率基本共线，说明数据有较好的正态性。从趋降正态P-P图中可以发现数据点均匀地分布在正态偏差 $y=0$ 直线的两边，残差绝对值为 $0.03 < 0.1$ ，在合理范围内上下波动。综上所述，本次测评的成绩基本上服从正态分布。

(2) 自我效能感后测数据正态分析。

同理，如图2所示，通过正态检验P-P图分析发现该数据有较好的正态性。从趋降正态P-P图中可以发现，数据点均匀地分布在正态偏差 $y=0$ 直线的两边，残差绝对值 $0.07 < 0.1$ ，在合理范围内上下波动。综上，本次测评的成绩基本上服从正态分布。

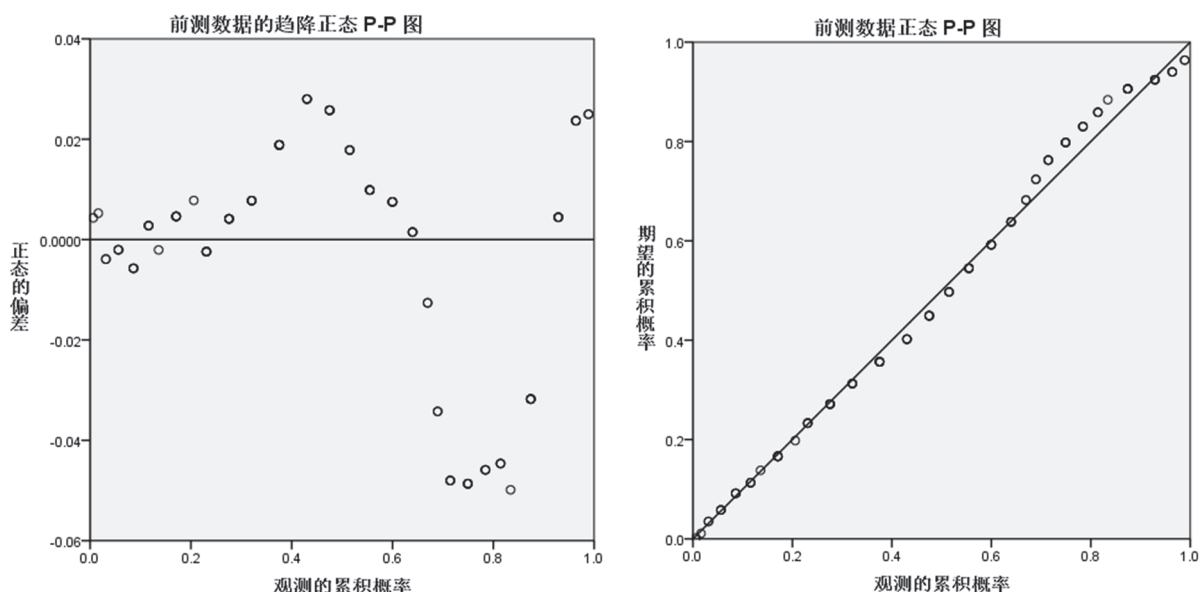


图1 正态分布

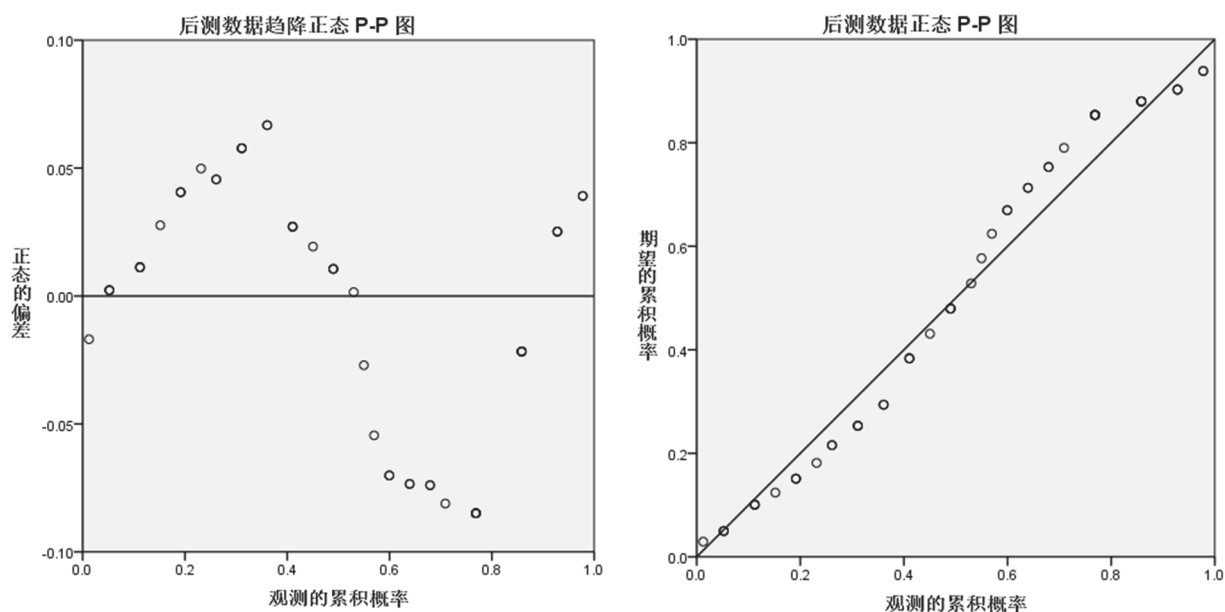


图2 正态分布

(3) 自我效能感前后测数据差异分析。

首先，对实验班与对照班前后测数据进行描述统计，结果见表2。

其次对研究前测与后测数据进行独立样本 t 检验，结果如表3所示。

如表2所示：通过虚拟仿真实验，师范生的平均得分高于对照班的平均得分。如表3所示，对于前测结果：方差齐性检验的结果显示，显著性值为 $0.686 > 0.05$ ，说明方差齐性，且 $p = 0.742 > 0.01$ ，说明在两个班级的学生的自我效能感不存在显著性差异。对于后测结果：方差齐性检验的结果显示，显著性值为 $0.278 > 0.05$ ，说明方差齐性，且 $p = 0.004 < 0.01$ ，说明在两个班级的学生的自我效能感存在显著性差异。

表2 描述统计

测量顺序	班级	班级人数	均值	标准差	均值的标准差
前测	实验班	50	42.70	7.862	1.112
	对照班	50	43.20	7.273	1.029
后测	实验班	50	47.42	8.157	1.154

表3 独立样本t检验

假设	前测				后测			
	Levene检验		独立样本t检验		Levene 检验		独立样本t检验	
	F	Sig.	SD	Sig. (双侧)	F	Sig.	SD	Sig. (双侧)
假设方差齐性	0.164	0.686	1.515	0.742	1.190	0.278	1.602	0.004
假设方差不齐性			1.515	0.742			1.602	0.004

5.2 师范生专业实验技能

由于本研究分为4个测量维度,专业技能基础知识维度因其通过师范生专业知识进行相应题目设计,与其他三个维度类型题目不一致,故在此将其进行单独分析,其他三个维度测量统一进行统计分析。

5.2.1 信度分析

收集实验班与对照班的师范生实验专业技能量表调查数据,用SPSS 25.0统计软件对师范生价值观念、学习动机导向、自我调节技能三个方面的8个子项目5分李克特量表(1=非常不同意,5=非常同意)进行信度分析,结果如表4所示。

信度分析结果表明,不同子项目表的Cronbach's Alpha值均>0.7,说明该量表各项目信度良好,可以进行测量。

5.2.2 差异分析

(1) 正态性分析如表4所示。

表4 信度分析

项目	项已删除的刻度均值	项已删除的刻度方差	校正的项总计相关性	项已删除的Cronbach's Alpha值
价值观念1	25.74	18.400	0.601	0.822
价值观念2	25.48	18.500	0.613	0.821
价值观念3	25.40	18.163	0.620	0.820
学习动机1	25.74	19.176	0.436	0.844
学习动机2	25.70	18.459	0.592	0.823
学习动机3	25.20	19.102	0.521	0.832
自我调节1	25.54	17.519	0.704	0.809
自我调节2	25.60	18.408	0.545	0.830

如表5所示,通过各项的正态性检验结果分析, $p < 0.01$,说明该数据不具备正态分布,但是根据正态分析原理,偏度、峰度值中的峰度绝对值小于10并且偏度绝对值小于3,说明数据虽不是绝对正态,但基本可接受为正态分布,根据上表中的偏度、峰度值的绝对值来看,各项的正态性检验基本可接受为正态分布。

差异是否具有统计学意义,需要通过独立样本t检验进行分析,如表6所示。

对于独立样本t检验中 $t = 0.021 < 0.05$,说明不同班级的实验技能(包括三个方面)产生了显著性差异,对实验班的组间各维度之间进行单因素方差分析,结果如表7单因素方差分析结果所示,组间显著性为 $0.003 < 0.05$,说明组间产生了显著性差异,具体是其中什么因素产生的显著性差异,需要将

数据进行LSD (Least-Significant Difference) 即最小显著性差异法进一步检验, 结果如表8所示, 从三个维度的均值来看, 师范生的价值观念相较于其他两个方面最高, 再对两维度两两之间进行差异分析, 价值观念与其他两个方面均存在显著性差异, p 值均小于0.05; 不同的是, 学习动机与价值观念之间不存在显著性差异, 说明学生的价值观念越强烈, 相对应的学生的学习动机越强。

表5 正态性检验分析结果

项目	平均值	标准差	偏度	峰度	Kolmogorov-Smirnov检验		Shapiro-Wilk检验	
					D	p	W	p
在实验中, 能够运用批判性思维方法, 从不同角度反思、分析问题	3.780	0.954	-0.418	0.010	0.193	0.000**	0.869	0.000**
在实验中, 提高专业素质和从业能力, 适应社会发展对高素质化学教师不断提高的要求	4.060	1.038	-0.922	0.212	0.257	0.000**	0.819	0.000**
在实验结束后, 实验技能提高, 不断认同化学教师工作的意义和专业性	4.040	0.989	-0.874	0.423	0.234	0.000**	0.831	0.000**
我单纯地喜欢化学实验	3.640	0.921	-0.186	-0.718	0.232	0.000**	0.878	0.000**
我总想通过不断进行化学实验来使自己的综合能力提高	3.940	0.843	-0.522	-0.145	0.268	0.000**	0.849	0.000**
我努力练习实验技能, 目的是为了以后在教师职业中更加顺利	3.300	0.735	-0.545	-0.943	0.289	0.000**	0.774	0.000**
在练习实验过程中发现问题时可以作出调整	3.900	0.839	-0.022	-1.114	0.218	0.000**	0.838	0.000**
在实验讲解、演示实验的过程中可以发现问题并作出调整	3.920	0.778	0.142	-1.315	0.221	0.000**	0.804	0.000**

**表示 p 值的显著性水平为0.01

表6 独立样本 t 检验

假设	方差方程的Levene检验		均值方程的 t 检验						
	F	Sig.	t	df	Sig.(双侧)	均值差值	标准误差值	95%的置信区间	
								下限	上限
假设方差相等	0.388	0.535	2.35	98	0.021	-2.32	0.986	0.362	4.28
假设方差不相等			2.35	97.7	0.021	-2.32	0.986	0.362	4.28

表7 单因素方差分析

项目	平方和	df	均方	F	显著性
组间	7.163	2	3.582	6.187	0.003
组内	85.101	147	0.579		
总数	92.264	149			

表8 LSD多重比较

(I)变量	(J)变量	均值差(I-J)	标准误	显著性	95%置信区间	
					下限	上限
价值观念	学习动机	0.20000	0.15217	0.191	-0.1007	0.5007
	自我调节	0.53000*	0.15217	0.001	0.2293	0.8307
学习动机	价值观念	-0.20000	0.15217	0.191	-0.5007	0.1007
	自我调节	0.33000*	0.15217	0.032	0.0293	0.6307
自我调节	价值观念	-0.53000*	0.15217	0.001	-0.8307	-0.2293
	学习动机	-0.33000*	0.15217	0.032	-0.6307	-0.0293

*均值差的显著性水平为0.05

5.3 专业知识差异分析

如表9所示,在师范生专业技能的专业知识维度中,实验班的平均得分高于对照班的得分。如表10所示,实验班与对照班之间并没有显著性差异。初步说明,虽然虚拟仿真实验可以提升师范生的实验专业知识,但是提升效果不显著。分析产生这种结果的原因可能是师范生本身对于中学生实验的原理与实验操作掌握熟练,致使结果提升不明显,尚有一部分原因为学生对于虚拟仿真实验练习度不够。

表9 描述性统计

维度	班级	N	均值	标准差	均值的标准误
专业知识	对照班	50	8.2600	3.2186	0.4551
	实验班	50	9.5600	4.4177	0.6247

表10 独立样本t检验

假设	方差方程的Levene检验		均值方程的t检验						
	F	Sig.	t	df	Sig.(双侧)	均值差值	标准误差值	95%的置信区间	
								下限	上限
假设方差相等	5.47	0.21	-1.682	98	0.096	-1.30	0.773	-2.83	0.234
假设方差不相等			-1.682	89.6	0.096	-1.30	0.773	-2.83	0.236

6 结论

通过对被试学生实验自我效能测评的总体性结果分析,以及不同维度的化学实验专业技能“专业知识”“自我调节”“价值观念”“学习动机”对比分析得出以下结论:

(1) 线下实验与线上虚拟仿真实验结合学习对师范生实验自我效能感的提高具正向意义。进行虚拟仿真实验前后,实验班的自我效能得分高于对照班且产生了显著性差异,说明虚拟仿真实验技术的成功使用不仅仅依赖于师范生的自我效能感,同时,也能增强师范生的自我效能感。

(2) 虚拟仿真实验对于师范生提升价值观念、提高学习动机、加强自我调节能力方面具有显著性效果,价值观念相较于其他两个方面提升最高,在师范生专业知识虽有进步但却没有显著性效果。结果表明运用虚拟仿真技术干预教学不仅可以传授知识,更积极影响了未来教师的专业态度和对其能力认可的信心。

7 结语

研究结果表明,虚拟仿真实验可以提升师范生的自我效能,鼓励他们接受持续的数字化作业,使用虚拟仿真技术可以提升学习动机,增强对化学实验的价值观念。虚拟仿真实验对于师范生的积极作用可见一斑。本研究实验周期为一个学期,师范生的操作虚拟仿真实验的熟练度不高成为本研究结论的干扰因素之一,未来如何进行可持续研究是破除该干扰因素的关键问题。

纵观目前师范教育的局限与发展、结合虚拟仿真技术的发展前景,培养未来教师掌握先进虚拟实验技术能力的举措势在必行,本研究将继续对研究对象进行虚拟仿真实验的干预,进一步探究虚拟仿真实验对于师范生实验专业技能的影响。后续研究一方面将在虚拟仿真技术中加入真实情境,让师范生在真实问题情境下时作出良好的应对,提高核心素养。另一方面,对于未来的教师来说,学习如何在课堂上有效地使用教育技术、培养数字素养是至关重要的,后续研究将把虚拟仿真实验嵌入到师范生的教学设计课程中,持续进行学习训练。此举有利于将师范生知识、技能、核心素养融为一体,促进师范教育的发展。

参 考 文 献

- [1] 教育部关于加强师范生教育实践的意见. 中华人民共和国教育部公报, **2016**, No. 5, 103.
- [2] 景一丹, 谢祥林, 吴鑫德, 耿淑玲, 唐敏. 化学教育(中英文), **2019**, 40 (2), 56.
- [3] 李翠林. 虚拟仿真实验在化学教学中的应用研究[硕士学位论文]. 南宁: 广西民族大学, 2018.
- [4] 胡原, 吕鑫, 李兵. 实验科学与技术, **2019**, 17 (4), 99.
- [5] 黄红梅, 严海林, 吴敏艳, 冉鸣. 化学教育(中英文), **2020**, 41 (20), 59.
- [6] 李展. 具身认知视域下虚拟仿实验的设计与开发[硕士学位论文]. 济南: 山东师范大学, 2019.
- [7] 朱家华, 李兵, 李春阳. 实验室研究与探索, **2017**, 36 (10), 205.
- [8] 雷江蛟. 基于NOBOOK虚拟实验室的中学化学混合式教学模式研究[硕士学位论文]. 汉中: 陕西理工大学, 2019.
- [9] 康泽伟. 利用NB化学虚拟仿真软件进行微课案例设计与实践[硕士学位论文]. 银川: 宁夏大学, 2019.
- [10] Zacharias, C.; Zacharia; Georgios, O.; Marios, P. J. *Res. Sci. Teach.* **2008**, 45 (9), 1021.
- [11] Limniou, M.; Roberts, D.; Papadopoulos, N. *Comput. Educ.* **2008**, 51 (2), 584.
- [12] Schofield, D.; Lester, E. *Seminat. Int. J. Media, Technol. Lifelong Learn.* **2010**, 6 (1), 76.
- [13] Cory, H.; Jack, B. J. *Chem. Educ.* **2019**, 96, 2097.
- [14] Cory, H.; Gosia, G.; Jack, B. J. *Chem. Educ.* **2020**, 97, 616.
- [15] Puntambekar, S.; Gnesdilow, D.; Dornfeld, T. C.; Narayanan, N. H.; Rebello, N. S.; *J. Res. Sci. Teach.* **2020**, 1.
- [16] Galyon, C. E.; Blondin, C. A.; Yaw, J. S.; Nalls, M. L.; Williams, R. L. *Soc. Psychol. Educ.* **2012**, 15 (2), 233.
- [17] Zimmermann, F.; Melle, I.; Huwer, J. J. *Chem. Educ.* **2021**, 98, 18634.
- [18] Kolil, V. K.; Muthupalani, S.; Achuthan, K. *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.* **2020**, 17 (30), 2.
- [19] Baumert, J.; Kunter, M.; Baumert, J.; Blum, W.; Klusmann, U.; Krauss, S.; Neubrand, M. *The COACTIV Model of Teachers' Professional Competence*. Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers; Germany, 2013; pp. 25–48.
- [20] 张东梅. 网络学习中的动机策略研究[硕士学位论文]. 西安: 陕西师范大学, 2004: 32–45.