

近十年国内大学物理演示实验相关研究的趋势与展望

王嘉宝¹ 王晓杰^{1,2}

(¹ 南开大学物理科学学院; ² 基础物理国家级实验教学示范中心(南开大学), 天津 300071)

摘要 物理演示实验通过具象的实验帮助学生理解理论知识,在物理教学中有着重要的作用。本论文利用 Citespace 软件对中国知网近十年来(2013—2022 年)与国内大学物理演示实验相关的 208 篇文献进行量化分析,包括期刊类型和发文量、作者和机构、研究主题、研究热点等维度。根据量化分析得到的主要研究领域和研究热点,对物理演示实验的价值、类别和成效进行质性分析。最后对近几年大学物理演示实验教学的不不足进行总结分析,并对未来大学物理演示实验的发展提出了五点建议。

关键词 物理演示实验; Citespace; 实验教学; 发展趋势

TRENDS AND PROSPECTS OF RELATED RESEARCH ON PHYSICS DEMONSTRATION EXPERIMENTS IN DOMESTIC UNIVERSITIES IN THE LAST DECADE

WANG Jiabao WANG Xiaojie

(¹ School of Physics, Nankai University;

² National Demonstration Center for Experimental Physics Education (Nankai University), Tianjin 300071)

Abstract Physics demonstration experiments play an important role in physics teaching by helping students understand theoretical knowledge through concrete experiments. This paper uses Citespace software to quantitatively analyze the 208 papers related to domestic university physics demonstration experiments in CNKI in the last decade (2013—2022), including journal types and publication volume, authors and institutions, research topics, and research hotspots. According to the main research fields and research hotspots obtained by quantitative analysis, qualitative analysis is carried out on the value, category and effectiveness of physical demonstration experiments. Finally, this paper summarizes and analyzes the deficiencies in the teaching of university physics demonstration experiments in recent years, and puts forward five suggestions for the development of university physics demonstration experiments in the future.

Key words physical demonstration experiments; Citespace; experimental teaching; development trend

收稿日期: 2023-05-29

基金项目: 教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会大中物理教育衔接工作委员会教学研究课题(WX202206), 教育部产学合作协同育人项目(220905259141912), 南开大学本科教改项目(NKJG2023048, NKJG2023107, NKJG2022096, 22NKSYPF05)。

通讯作者: 王晓杰, 男, 助理研究员, 主要从事物理教学科研工作, 研究方向为非线性光学, wxj@nankai.edu.cn。

引文格式: 王嘉宝, 王晓杰. 近十年国内大学物理演示实验相关研究的趋势与展望[J]. 物理与工程, 2023, 33(4): 95-106.

Cite this article: WANG J B, WANG X J. Trends and prospects of related research on physics demonstration experiments in domestic universities in the last decade[J]. Physics and Engineering, 2023, 33(4): 95-106. (in Chinese)

物理学是一门以实验为基础的学科,物理学的研究离不开实验,物理学理论的发展需要实验结果的支持。南开大学物理学科的创始人饶毓泰先生曾说过:“物理学教育一定要重视实验教学”。由此可见,演示实验在物理教学中有着重要的地位,是课堂理论教学不可或缺的一项教学辅助手段,可以使抽象的物理知识具象化,帮助学生理解物理概念。大学物理演示实验不同于大学物理实验课,实验课有明确的实验内容和要求,演示实验则重在激发学生的学习兴趣,让学生理解和掌握课堂理论知识。国外的一些高等院校十分重视大学物理演示实验。例如,德国的物理教学大纲规定只有经过大量实验和细致观察才能得到物理规律,其基础物理教材中有大量的演示实验。美国也相当重视物理演示实验,不仅演示实验数量众多,教学方式也非常多样^[1]。近年来国内高校对物理演示实验教学越来越重视,建立了专门的演示实验室,在教学方面作出很多新的尝试^[2],采用随堂演示、开放演示、走廊展厅演示等多种教学形式^[3]。

近十年间,大学物理演示实验不停地发展与进步,在教学技术^[4]、自制仪器^[5]、人才培养^[6]和实验室建设^[7]方面发展迅速,已经逐步形成明确的研究体系,但针对目前的研究趋势还缺乏深入的研究和系统分析。因此,本文采用文献检索法,收集国内近十年大学物理演示实验相关研究的文献资料,然后采用量化研究和质性分析的方法,对文献进行统计分析,归纳出国内大学物理演示实验相关研究的发展趋势以及研究现状。Citespace 软件系统是由美国德雷塞尔大学陈超美博士开发的一款主要用于计量和分析文献数据的信息可视化软件,可以绘制文献的科学知识图谱,直观展现某一科学研究领域的研究热点和前沿方向等^[8]。目前,Citespace 已广泛用于教育教学方面的研究^[9-10]。

在中国知网数据库(CNKI)中对“物理演示实验”和“教学”两个关键词进行检索,经筛选后总计论文 208 篇。研究的时间跨度为 2013—2022 年,筛选原则为:与大学物理演示实验教学有关的文献并且除去会议通知、会议纪要、报纸、硕士论文。随后从期刊发文量和期刊类型分析、作者、机构、关键词、研究热点等维度对这些文献进行量化分析,揭示国内大学物理演示实验的研究现状、总结研究主题和热点问题。此外,基于现有的文献,对

国内大学物理演示实验的教学方式、技术应用、教学创新等内容进行分析讨论,并据此对未来的教学提出建议。

1 近十年国内大学物理演示实验相关研究量化分析

1.1 发文量和期刊类型

历年文献发文量反映了近十年国内大学物理演示实验研究领域的发展速度。近十年在国内期刊论文中发表的与大学物理演示实验相关的论文的发文量统计如图 1 所示。从图 1 可以看出,2018 年以前发文数量比较平稳,平均值为 27 篇。2019 年和 2020 年有所下降,但仍保持一定的发文量。2021 年后发文量急剧下降。之后一直呈下降趋势。根据近几年高等学校物理演示实验教学研讨会的相关信息来看,2021 年举办的第 15 届高等学校物理演示实验教学研讨会相较于前几届研讨会,参与的高校由 100 多所变为 60 多所,参会人数由近 300 名减少为 170 名左右,会议收到的论文数量也从三四十篇减少到 16 篇,参评的演示实验仪器由 100 多件减少为 86 件。上述分析表明疫情对演示实验的教学研究冲击较大。

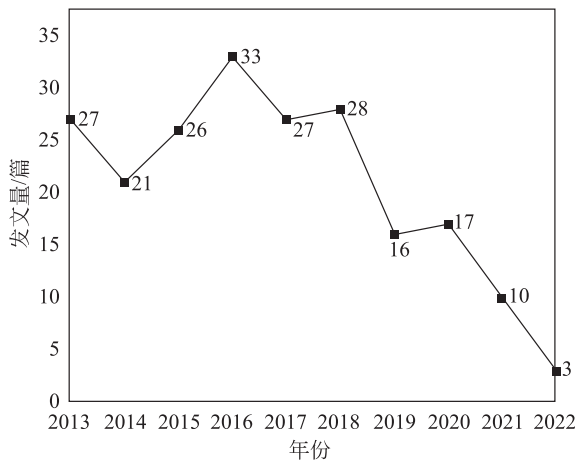


图 1 近十年国内大学物理演示实验发文数量趋势

对期刊类型进行分析发现 208 篇文献共来自 88 种学术期刊。其中北大核心期刊 7 种,科技核心 5 种,JST 收录期刊 14 种,南开大学高质量论文期刊 15 种。发文量前十的期刊信息见表 1。从表 1 中可以看出排名前十的期刊发文量共有 97 篇,占比 46.6%。其中,《物理与工程》发表的期刊最多,近十年共发表了 20 篇论文,占比 9.6%。其

表 1 近十年大学物理演示实验发文量前十的期刊信息

序号	发文量	期刊名称	期刊类型
1	20	物理与工程	科技核心, JST, 南开大学高质量论文期刊
2	17	大学物理实验	JST
3	12	物理实验	JST, 南开大学高质量论文期刊
4	12	教育教学论坛	普通期刊
5	9	科技视界	普通期刊
6	7	实验室研究与探索	北大核心, CA, JST, 南开大学高质量论文期刊
7	6	物理教师	北大核心, 南开大学高质量论文期刊
8	5	大学物理	南开大学高质量论文期刊
9	5	教育现代化	普通期刊
10	4	实验科学与技术	JST, 南开大学高质量论文期刊

次是《大学物理实验》和《物理实验》, 分别发表了

17 篇和 12 篇, 占比 13.9%。其中,《物理实验》是每届高等学校物理演示实验教学研讨会后收到的近两年来物理演示实验教学改革、创新的成果的推荐期刊。

1.2 作者和机构合作分析

作者合作图是 Citespace 中的一种重要的图表类型, 用于表示不同作者之间的合作关系。通过合作图, 可以分析作者发表论文的频次、合作者之间的联系、强度以及研究主题的聚集等信息。可以掌握相关研究的深度和广度。在 Citespace 软件中分析的节点类型选择为“Author”, 选择显示的作者姓名为出现频率大于等于 2 的所有作者, 结果如图 2 所示。从图 2 中可以看到节点 $N=238$, 节点越大表明作者频次出现越多。连线数量 $E=220$, 连线代表作者之间的合作关系, 连线越粗说明他们在同一篇文献中出现的频率越高^[11]。从节点数和连线数可以看出论文作者之间有一定的合作关系, 但总体来看研究者之间较为分散, 没有形成明显的合作网络。说明不同高校教师之间合作较少。



图 2 近十年国内大学物理演示实验研究作者合作图

此外,本文对近十年作者发文量进行了统计,结果表明作者发文量较少,发文量大于等于3篇的作者只有十三位。其信息如表2所示。从表中搞科研看出所属单位均为高校。其中浙江大学有3位作者。核心作者群可以集中反映研究的发展趋势,依据普莱斯定律,核心作者发文最低积累量为0.749与发文量最大的作者的发文量的算术平方根的乘积^[12]。统计发现发文量最多的作者发文量为3篇,计算得核心作者发文最低积累量为1.297,即发文量大于等于2篇的作者为核心作者,总人数为38人,占有作者的15.9%,核心作者占比较少,说明高校教师在论文发表方面需要进一步提高。

作者机构统计可以显示哪些研究机构走在特定研究领域的前沿部分^[13]。近十年大学物理演示实验研究机构的合作关系如图3所示。图3左上角显示数据“N=189,E=19”,N代表节点,即机构出现的位置节点,节点越大标明机构频次出现越多;E代表连线数量,连线代表机构之间的合作联系,连线越粗说明他们在同一篇文献中出现的频率越高。机构合作图中有189个节点,19条连线,说明各机构之间的合作较少。

表2 发文量前13的作者信息

序号	发文量/篇	作者	单位
1	3	彭刚	国防科学技术大学
2	3	周密	重庆理工大学
3	3	孙敬姝	吉林大学
4	3	吕金钟	北京交通大学海滨学院
5	3	吕景林	复旦大学
6	3	张凤琴	吉林大学
7	3	郑远	浙江大学
8	3	王业伍	浙江大学
9	3	朱孟正	淮北师范大学
10	3	张伶俐	哈尔滨工业大学
11	3	鲍德松	浙江大学
12	3	谭朝阳	电子科技大学中山学院
13	3	杨广武	天津中德应用技术大学

1.3 关键词共现

图4显示了出现频次为8的关键词共现图。关键词核心概括了论文的核心内容,共现分析直观地展示了此领域的主要研究内容和研究热点^[14]。图4中字号较大的关键词为演示实验、大学物理、物理演示实验、教学模式、教学改革、教学

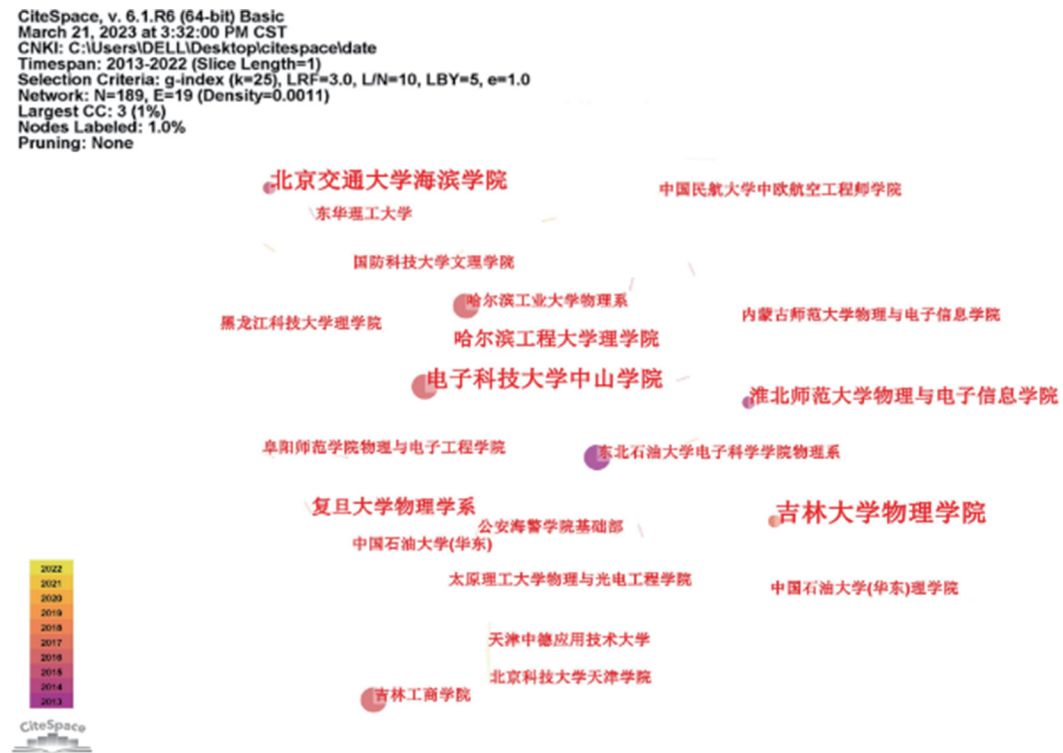


图3 近十年国内大学物理演示实验研究机构合作图



图4 关键词共现图

方法、实验教学和大学物理实验等,这些关键词在文献中出现频率高,具体频次参见表3。剔除掉与检索关键词相同的部分,剩下的关键词为大学物理、教学模式、教学改革、教学方法、实验教学和大学物理实验。上述关键词体现了目前关于大学物理演示实验的研究热点。

表3 关键词在文献中出现的频率

关键词	中心值	频次
演示实验	1.12	104
大学物理	0.35	58
物理演示实验	0.27	22
教学模式	0.07	14
大学物理实验	0.08	10
教学方法	0.01	9
教学改革	0.04	9
实验教学	0.08	9

1.4 关键词聚类

聚类功能可以整合分散的热点关键词进行系统研究,聚类图谱侧重于体现聚类间的结构特征,突出关键节点及重要连接^[15]。Citespace 根据网络结构和聚类的清晰度,提供了模块值(Q 值)和

平均轮廓值(S 值),S 值越接近 1,网络的同质性越高,Q 大于 0.3 时,聚类的社团结构显著,S 大于 0.7 时,聚类是令人信服的^[16]。对关键词进行聚类得到的结果如图 5 所示。 $Q=0.6183$, $S=0.9032$,说明聚类结构十分显著且令人信服。此外,从图 5 中可以看出共有八个聚类。关键词聚类图谱可以表明该领域不同研究关注点,每个聚类的标签都是共现网络中的关键词,聚类的数字越小,包含的关键词越多。本文选取了每一聚类的前三个代表最强的关键词,如表 4 所示,借助这些关键词有助于了解近十年国内大学物理演示实验的核心研究领域。

通过对表 4 中的关键词进行分析,结合图 4 中的关键词信息,可将近十年国内大学物理演示实验的研究分为以下几个领域:

1. 大学物理演示实验教学的理论方面,主要包括教学改革、教学模式和演示实验教学等。
2. 大学物理演示实验的教学技术方面,主要包括微课、翻转课堂和多媒体技术等。
3. 人才培养模式方面,主要包括创新人才培养、科学素质和应用型人才培养模式等。

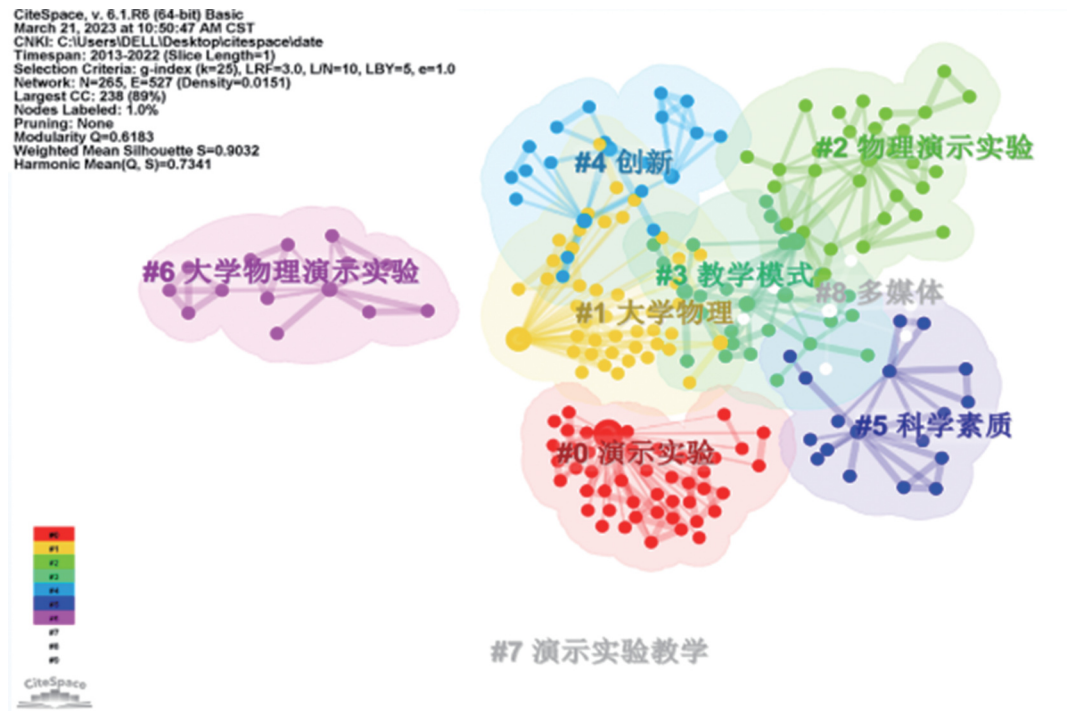


图 5 关键词聚类图

表 4 聚类汇总

聚类	文献值	S 值	聚类内代表关键词
#0 演示实验	49	1	应用型本科、数值法、微课
#1 大学物理	45	0.714	教学方法改革、翻转课堂、物理演示与探索实验
#2 物理演示实验	32	0.946	科学素养、高校、静电实验
#3 教学模式	27	0.844	融合、创新能力、自主式
#4 创新	21	0.935	教学效果、主题活动、创新人才培养
#5 科学素质	18	0.891	拓展研究、多维教学体系、创新研究
#6 大学物理演示实验	14	0.988	应用型人才培养模式、创新思维能力、动手操作能力
#7 演示实验教学	8	0.993	演示实验、多媒体技术、物理课堂

1.5 研究演进阶段

图 6 为对每一组聚类的时间演化进行研究的

时间线图。其中主要研究了 6 个聚类,每个聚类的标签是共现网络中的关键词,这些关键词按照它们在对应时间内出现的年份,在所属的聚类中铺展开来,显示出每个聚类里关键词的发展情况。由图 6 可以发现,早期大学物理演示实验关注的焦点主要集中在“物理演示实验”。随时间发展,逐步转向“教学创新”“实验室建设”“创新人才培养”等方面。近年来,“便携式仪器”“虚拟实验”“新工科”等成为关注领域,演示实验的教学在逐步发展,同时演示方法也随着科技水平的发展不断增多,演示仪器也逐步走向便携和创新。

图 7 列出了近十年大学物理演示实验的研究过程中短期反复出现的词。这些短期反复出现的词称为突变词,通过分析突变词生成突变词图谱,可以得到关键词引用量激增的年份,并且显示出该词的流行时间段^[10]。图 7 中突增率最高的词为新工科、多媒体、物理演示实验、科学素质、物理实验、演示仪器、教学内容等,说明这些方面的发展势头较猛,是物理演示实验研究过程中在某一时间段内受到关注最多的领域,即研究重点,具有一定的研究价值。从不同时期来看,早期的突变词为科学素质、教学内容和多媒体。随时间发展,突现词转变为创新、大学物理实验和物理演示实验。近年来,

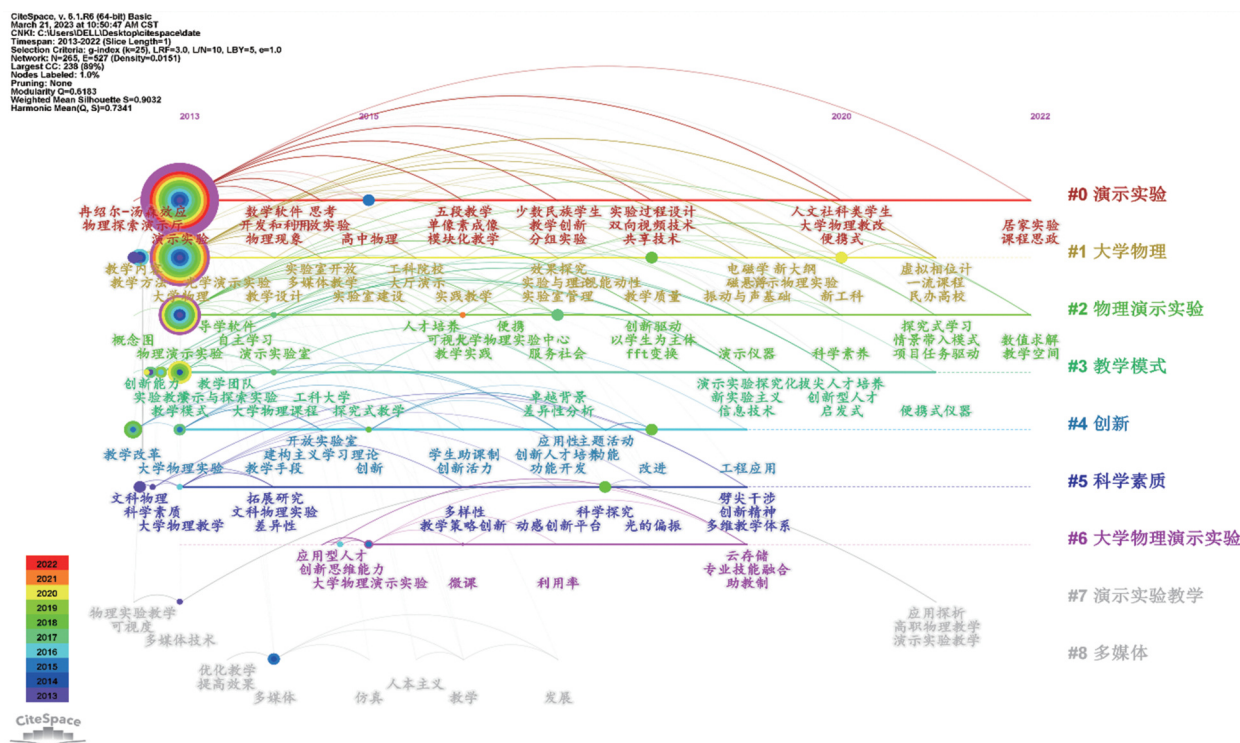


图6 时间线图

Keywords	Year	Strength	Begin	End	2013—2022
科学素质	2013	1.17	2013	2013	
教学内容	2013	1.02	2013	2015	
多媒体	2014	1.67	2014	2015	
创新思维能力	2015	1.28	2015	2016	
创新	2015	0.99	2015	2018	
大学物理实验	2013	0.98	2015	2017	
物理演示实验	2013	1.56	2016	2018	
光的偏振	2018	1	2018	2022	
物理实验	2013	1.16	2019	2020	
演示仪器	2019	1.02	2019	2020	
新工科	2020	2.16	2020	2022	

图7 前十一个突现度最高的关键词信息

光的偏振、演示仪器、新工科成为新的研究热点。

2 近十年国内大学物理演示实验相关研究质性分析

结合近十年国内大学物理演示实验相关研究的量化分析结果,本部分将对国内大学物理演示实验相关研究进行质性的文本分析。具体包括演示实验的作用、物理演示实验的类别、物理演示实验的成效等方面。

2.1 物理演示实验的价值

物理演示实验能够帮助学生理解物理概念,使抽象的物理知识具象化,大多情况下由教师在课堂教学中进行演示,学生在老师的操作下进行观察,从而提升对物理的兴趣,增加探索欲望,达到理解和掌握物理理论知识的目的^[17]。大学物理演示实验和普通物理实验以及近代物理实验并不相同,演示实验的主体一般是老师,老师对物理现象进行演示,学生进行观察和理解。随着教育的改革,演示实验的主体更倾向于学生,更加注重学生的参与性和互动性,注重培养学生的动手能力和主动性。通过与老师的互动和小组合作,往往能培养学生在实验中发现问题的然后解决问题的能力,培养合作意识,增强学习积极性,也使得对深层知识的掌握和对科学真理的探求素养得到提升。以西藏大学为例,引入物理演示实验的区内生源班有更好的大学物理教学效果^[18]。

同时物理演示实验对大学物理实验课程的教学效果也有促进作用,如电子科技大学中山学院通过加强演示实验环节,激发学生发明创造,并且通过教师团队的努力,使大学物理实验仪器进行了改造升级,且对物理实验的内容、教学方法、设备等方面进行了改革,有效地促进了大学物理实

验课程的发展^[19]。

随着对物理演示实验教学重视程度的增加,近几年在演示实验教学相关的教改项目立项逐渐增加。例如,在2022年教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会教学研究立项项目中关于物理演示实验教学的项目有清华大学的《大学物理典型课堂演示实验教学研究》和南开大学的《国际化视野下融合思政元素的大学物理演示实验项目库建设与研究》。2022年教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会大中物理教育衔接工作委员会教学研究课题中增加了要增加了依托物理演示实验教学面向学生和社会公众的物理科学素养和科普教学的研究和实践。其中,南开大学的《基于项目式学习的物理科普教育实践探索》、新疆师范大学的《基于大学物理演示实验开展科普教育的实践研究》和苏州科技大学的《高校科普创新工作体系的探索与实践》获得立项。

2.2 大学物理演示实验的类别

目前,国内许多高校都开设了面向全校学生的大学物理演示实验系列课程,包括北京大学、清华大学、南开大学、复旦大学等。例如,复旦大学开设的《物理演示实验拓展》选修课,在学生明白演示实验的教学目标的基础上自主选择课题,学生需要自拟实验方案,考核方式的评定依据也从以实验结果转变为以学生的投入与收获,教师的作用为讨论和解答疑问,做到了以学生为主体,学生的学习模式由被动转变为主动,很好地培养了学生的创新思维和创新能力,于2014年被评为上海市精品课程^[20]。南开大学为全校学生开设了《物理演示实验》《趣味物理实验与探究》等课程。其中,《物理演示实验》获得了南开大学校级示范精品课程。这些课程的开设,为学生提供了自由发挥的空间,提高了演示仪器的使用率,培养了学生的核心素养和科学知识水平。依据本文的研究,目前大学物理演示实验类型主要包括随堂演示实验、课外演示实验、面向全体公民的科学普及活动等。

2.2.1 随堂演示实验

传统的课堂物理演示实验通常以教师在课堂上进行演示,学生进行观察的形式进行。随堂演示实验的优点是具有良好的时效性,在讲解理论知识的时候直接演示,有助于提高学生注意力和学习兴趣。但也存在一些问题,课堂演示实验实物演示较少,很多高校采用播放演示实验视频来进行演示,导致教学效果差。复旦大学、北京交通

大学在课堂演示方面做得较好,其演示实验室为教师准备了100多种仪器,覆盖了力、热、光、电等学科,还配备了轻便的手推车^[20]。

2.2.2 课外演示实验

课外大学物理演示实验教学形式就更加丰富,学生可以利用课外时间,采用预约登记等形式进行开放性演示实验。开放性物理实验有很多形式,如演示实验展厅、走廊演示和演示实验室等。课外演示实验比起课堂演示实验的优势是可以使用课堂上不方便使用的大型演示仪器、学生可以亲自动手进行实验、学生可以更好地分配时间等。以浙江大学为例,其建立了大学物理演示实验教学空间,一共分为三部分,分别为主题展厅、用来小班教学的偏振3D投影多功能教室和视频展示科学长廊,为学生的课外演示实验提供了很好的教学条件^[21]。

2.2.3 科学普及活动

许多高校依托物理演示实验开展面向学生和社会公众的教学研究和实践。例如,南开大学物理演示实验室近年来随着“双一流”建设的推进,逐渐发展成“服务本科课程,面向大众开放”的特色实验室,先后成为“弱光非线性光子学教育部重点实验室”科普基地、“天津市信息光子材料与技术重点实验室”科普基地以及天津市科普基地。物理演示实验室先后开展了多项丰富多彩且有良好互动性的物理科普活动,这些科普活动充分发挥了物理演示实验的育人功能,提高了实验仪器的使用效率,被多家媒体报道,受到了社会的关注。北京交通大学物理演示与探索实验室形成了一套科普活动模式,为更多高校实验室投身于科普事业,服务社会做出了榜样。近年来其物理演示实验室工作显著,主要有:实验室为学生全年提供演示实验课程8学时,为学生的大学生创新项目和物理竞赛提供平台,指导学生获得国家级奖项和市级奖项。2015年成为北京市首批中学生课外实践基地,2015年至2017年,为2000多名学生提供参加实验室科普送课活动的机会^[7]。苏州科技大学物理科学与技术学院于2022年在B站举办了“物理科普演示实验室开放日”直播科普活动,有2000多人观看。此次科普活动依托江苏省2022年科技活动周暨科普宣传周系列活动,主要面向中小学生和科普爱好者,由物理科学与技术学院的四位老师精心挑选了诸如“静电实验”“辉光球”“无线传输电”等20多件演示仪器进行展示

和讲解,让学生们体会物理的奇妙。苏州科技大学的此次活动为高校开展演示实验实验室科普育人活动提供了新的方案。

2.3 大学物理演示实验的成效

通过近十年来大学物理演示实验相关研究的整理,发现目前物理演示实验取得了一定的成效:

2.3.1 实验教学技术革新

随着国家经济和科学技术的发展,目前的教学采用了很多新的技术。传统的物理演示实验室是一定程度上可以解决课堂演示的不足之处。但在现在的数字化时代,随着网络的大量普及,微课化、碎片化学习更受学生的青睐。例如,黑龙江科技大学基于共享网络空间创建了物理演示实验教学平台,该平台基于“360Cloud+Faisco”,初步实现了物理演示实验数字化视频的共建互享,适应了学生微课化、碎片化的学习趋势^[4]。太原理工大学物理与光电工程学院采用了微课方式来完成演示实验的预习环节,并且有效改善了实验教学课堂以及降低了实验仪器的损坏率,同时采用云储存沟通教师和学生的资料共享,有效提高了演示实验的教学效果^[22]。

2.3.2 自制仪器倍受肯定

和大学物理实验课的实验仪器相比,演示实验仪器有种类丰富、与理论课知识点密切相关、更加方便等特点^[20]。各个高校都在纷纷加入自制演示仪器的队伍,根据高等学校物理演示实验教学研讨会的信息表明,每届会议均能受到100件左右的演示仪器参评,这充分表明了自制演示仪器的重要性。学生在老师的指导下自制物理演示实验仪器,可以培养其解决问题能力和创新能力,在制作演示仪器的过程中,很多时候无法单独依靠个人完成项目,故自制仪器还能锻炼学生的动手能力和团队协作能力。学生创新自制的演示仪器具有灵活性、直观性、适用性和经济性^[23]。制作好的演示仪器能够为演示实验教学实验室提供更丰富的资源^[5]。自制演示仪器彰显了高校教师在实验教学和仪器研发方面的实力和潜力,可以有效推进教学改革、提高学生创新能力。

2.3.3 人才培养效果明显

教育部在《关于一流本科课程建设的实施意见》中指出,要解决好教与学模式创新的问题,通过教学方法创新实现对传统课堂教学的改革,强调以学生为中心,激发课堂生机活力,进一步提升卓越拔尖人才培养能力。目前国家和社会需要更

多的创新型人才,创新型人才应该具有两方面的基本素质:一是善于发现问题,善于学习知识并灵活运用知识解决问题;二是创新型人才应该具有良好的心理品质,如敢于挑战,坚忍不拔,愈挫愈勇等。传统的物理演示实验主要是教师在课堂上操作仪器演示,学生进行观察,这种被动的方式很少能让学生有参与感,不利于培养创新型人才,因此要完善人才培养体系。完善人才培养体系,首先要加强教师队伍建设和教学及科研水平,教师良好的知识储备和能力是完成教学任务必不可少的条件,要重视青年教师培养,采用老教师带动青年教师使用演示实验仪器的方法使青年教师逐步熟悉演示实验教学。其次还应该建设相关的创新人才培养的课程体系,建设创新人才培养的教学条件建设,如扩建演示实验室,维修和购买演示实验仪器,采用最新的教学配套设施等。同时还需要构建创新人才培养教学模式,如吉林大学物理学院的开放的大学生物理演示实验教学,学生可以通过预约随时利用课余时间进入演示实验室进行学习^[24]。以及复旦大学的以学生为主体的物理演示实验教学模式,获得了国家及教学成果奖。其教学模式的革新突破了传统的物理演示实验模式,没有固定内容的实践过程给予了学生充分的自由度,培养了学生发现问题解决问题的能力,让学生独立思考,在失败中获得前进的勇气,形成了人才培养和课程资源建设双赢的模式^[6]。

3 相关研究对大学物理演示实验教学的启示

3.1 国内大学物理演示实验教学的不足

依据本论文的相关研究,目前大学物理演示实验教学在以下方面存在不足:

(1)目前高校课堂中的演示实验教学仍以教师演示为主,很少让学生自主进行实验,学生缺乏主动性。

(2)自制仪器的教具较少,购买的教具多。课堂演示中实物演示较少,多使用多媒体和影像进行演示,缺乏互动性,尚未形成成熟的课堂演示实验体系。

(3)虚拟平台的演示实验教学开始起步,演示实验资源较少。

3.2 国内大学物理演示实验教学的发展方向

3.2.1 加强课程思政教育

“课程思政”是落实立德树人根本任务的重要

举措,这既是新时代的教育使命,也是崭新的教育理念。物理学有着深厚的历史底蕴、实事求是的科学精神、潜移默化的人文价值,也是物理课程丰富多彩的思政教育元素与资源所在^[25]。全国高等学校第十五届物理演示实验教学研究会新增了“基于课程思政的物理演示实验教学研究”的研究主题,说明课程思政在物理演示实验中逐渐受到重视。目前的信息技术已经十分普及,学生可以自主从网络获取相关知识,未来的教学应该从知识传授转向能力培养,再向价值塑造转变。在传授过程中实现能力培养和价值塑造,做到知识传授与人文精神、科学精神培养的有机融合。

3.2.2 建设数值仿真物理演示实验

物理仿真实验是通过建造虚拟的实验环境对实验进行模拟,可以有效避免因为环境、资金、设备、时间等因素带来的不便,实现传统实验达不到的效果。仿真实验可以应用在课堂现场、物理实验课、科技馆、科普展厅等场合。当前国内建设了很多虚拟仿真实验项目,但多数以定量实验为主,并不适合演示物理实验教学需求。因此,基于物理演示实验的虚拟仿真实验资源建设显得十分必要。

3.2.3 加强实验室环境建设

传统的物理演示实验室仅仅提供了实验的场所,不具备育人的功能。随着教育理念的不断更新,研究发现环境对于学生发展与学习经验建构有着重要价值。因此,现代化的教学实验室它不应是传统意义上的纯粹学科实验室,而是更注重提供一种全方位、多元化的育人环境,致力于激发学生对科学探究的好奇心和兴趣,掌握科学探究的思维过程与能力。这种实验室的设计更注重课程设置、教学方法、实验项目等方面的创新和整合,使学生能够在实验室中获得更全面、更系统、更深入的科学知识和科学精神。同时,它也充分考虑了环境对学习的影响,让学生在一个舒适、充满活力的环境中学习和实验,更容易培养学生的兴趣和潜力。因此,这种实验室在促进学生全面发展、提高学生科学素养和培养学生的创新能力等方面具有创新性。

3.2.4 创新教学模式

传统的教学模式下,学生存在学习兴趣和动力不足、自主学习和深度学习能力欠缺以及创新意识和能力薄弱的问题。随着对人才质量的更高要求,传统的教学方式需要同时进行改进。例如 PPBL(Physics problem based learning)模式和 BOP-

PPS(Bridge-In, Objectives, Preassessment, Participatory Learning, Postassessment and Summary)模式等。PPBL 模式在问题引领的过程中培养学生的物理思维、让学生掌握基本理论、提升创新能力。PPBL 相对于传统教学模式有五个转变:教学理念从以教师为中心转变为以学生为中心,教学目的从传授知识转变为发展能力,教学内容从知识体系转变为问题逻辑,教学方式从教师讲授转变为学生探究,学业评价由知识水平转变为运用能力^[26]。

BOPPPS 模式起源于加拿大技能培训工作坊,根据人的注意力只能维持大约 15 分钟的规律,将课堂内容分解为一个一个小单元^[27]。其中 B 指正式开始教学之前的引言环节,用来吸引学生的注意力,培养学生的学习兴趣和学习动力;O 指学习目标和预期效果,是学生明确学习的方向,有利于学生把握重点;第一个 P 指对学生进行摸底测试,了解学生的基础知识并根据学生的状况调整教学思路;第二个 P 指师生参与式学习,通过师生互动完成课程核心内容,要求教师随机应变,鼓励学生主动参与教学环节,增强参与式教学的氛围;第三个 P 指课堂快结束时对学生进行测试,检验学生的学习情况;S 指对本次课堂的总结,教师带领学生总结内容,布置课后作业等。BOPPPS 教学模式在物理演示实验教学方面有很大的应用前景。

3.2.5 研制个性化教学仪器

由于自制仪器通常根据教学需求和学生能力进行定制,学生可以更深入地参与实验过程,积极探索和发现知识,为学生提供更加丰富和有趣的学习体验,同时培养他们的实践能力、问题解决能力。这种个性化学习体验可以激发学生的学习兴趣 and 动力,提高他们的学习效果。每两年举办的全国高等学校物理演示实验教学研究会都会设立物理演示实验教学自制仪器展评环节。通过该环节,教师可以展示使用自制仪器进行实验教学的经验和效果,包括教学效果、学生反馈等。这些评估和反馈可以帮助改进和优化自制仪器的性能和使用方式,提升实验教学的质量和效果。同时,通过与其他教师的交流和互动,可以获取更多的教学灵感和改进意见,不断提升实验教学的创新性和实效性。

4 总结

本文从中国知网搜索近十年关于大学物理演示实验的文献,使用 Citespace 软件对相关文献在

发文量和期刊类型、作者和机构合作情况、关键词共现、关键词聚类和研究演进阶段这五个方面进行量化分析。从发文量来看,2018 年以前发文数量比较平稳,2013 年至 2018 年文献多在二三十篇左右,近几年研究热度有所减少;从期刊分析得知高质量期刊占全部期刊的总量较少;通过对研究机构的分析可知高校是研究大学物理演示实验教学的主阵地;通过对作者的分析发现研究者之间合作比较分散,难以形成大的合作网络;通过关键词共现和聚类分析可以发现主要研究领域包括物理演示实验教学的理论方面、教学技术方面、人才培养模式方面;研究热点包括“便携式仪器”“虚拟实验”“新工科”等。

根据量化分析得到的主要研究领域和研究热点确定了对演示实验的作用、物理演示实验的类别和物理演示实验的成效进行质性分析。演示实验增加了学习物理的兴趣,有助于培养学生的综合能力。物理演示实验的类别包括随堂演示实验、课外演示实验和科学普及活动。物理演示实验的成效包括实验技术革新、自制仪器备受肯定和人才培养效果明显。其中教学技术的革新表现在网络的大量普及,微课化、碎片化学习更受青睐。自制仪器方面,高等学校物理演示实验教学研讨会每届会议均能受到 100 件左右的演示仪器参评,自制演示仪器彰显了高校教师在实验教学,仪器研发方面的实力和潜力,可以有效推进教学改革。人才培养方面,通过建设相关的创新人才培养的课程体系、教学条件建设和构建创新人才培养教学模式等方法培养更多的创新型人才。

对近几年大学物理演示实验教学的成果和不足进行总结分析。不足之处包括学生缺乏主动性,虚拟平台技术的不成熟,自制仪器较少等。根据上述分析,本论文对未来大学物理演示实验教学的发展提出了五点建议:第一,加强课程思政教育的建设;第二,建设数值仿真物理演示实验;第三,加强实验室环境建设;第四,创新教学模式;第五,研制个性化教学仪器。

参 考 文 献

- [1] 陈惠敏,石雁祥,张承据. 大学物理演示实验教学模式的探讨[J]. 大学物理实验, 2007, 20(4):95-99. CHEN H M, SHI Y X, ZHANG C J. The research of modes of the demonstrate experiment on the general physics[J]. Physical Experiment of College, 2007, 20(4):95-99. (in Chinese)
- [2] 韩璐,李延龙. 基于人本主义的大学物理演示实验教学[J]. 吉林省教育学院学报, 2016, 32(9):106-109.
- HAN L, LI Y L. Demonstration experiment teaching in college physics based on humanism[J]. Journal of Jilin Provincial Institute of Education, 2016, 32(9):106-109. (in Chinese)
- [3] 展凯云. 大学物理教学中应用演示实验的教学方法思考与实践[J]. 物理与工程, 2016, 26(S1):202-205. ZHAN K Y. Reflection and practice on the teaching method of applying demonstration experiments in college physics teaching [J]. Physics and Engineering, 2016, 26(S1): 202-205. (in Chinese)
- [4] 李海宝. 基于共享网络空间的物理演示实验教学平台[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(5):177-181. LI H B. Physics demonstration experiment teaching platform based on network sharing space[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2015, 34(5): 177-181. (in Chinese)
- [5] 解校辉,刘鉴锋,王畅,等. 自制物理演示实验仪器与学生综合能力培养的探索[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2016(Z1): 21-22. XIE X H, LIU J F, WANG C, et al. Exploration of self-made physics demonstration experimental instruments and the cultivation of students' comprehensive abilities[J]. Heilongjiang Education (Theory & Practice), 2016(Z1): 21-22. (in Chinese)
- [6] 吕景林,乐永康,冀敏,等. 创新驱动,开启新形势下以学生为主体的物理演示实验教学新模式[J]. 物理实验, 2018, 38(S1): 43-46. LV J L, LE Y K, JI M, et al. Creatively motivated and student-oriented unprecedented model of physics demonstration experiment teaching in a new era[J]. Physics Experimentation, 2018, 38(S1):43-46. (in Chinese)
- [7] 简阳天. 高校实验室发挥社会服务职能的探索与研究——以北京交通大学物理演示与探索实验室为例[J]. 教育现代化, 2018, 5(18):160-161, 175. JIAN Y T. Exploration and research on the social service functions of university laboratories—Taking the physics demonstration and exploration laboratory of Beijing Jiaotong University as an example [J]. Education Modernization, 2018, 5(18):160-161, 175. (in Chinese)
- [8] 侯剑华,胡志刚. CiteSpace 软件应用研究的回顾与展望[J]. 现代情报, 2013, 33(4):99-103. HOU J H, HU Z G. Review on the application of CiteSpace at home and abroad[J]. Journal of Modern Information, 2013, 33(4):99-103. (in Chinese)
- [9] 杨选瑾,熊宏齐. 国内实验教学信息化研究进展——基于 CitesPace 的可视化分析[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(6):218-222, 226. YANG X J, XIONG H Q. Progress of research of domestic experimental teaching informatization—Visual analysis based on CitesPace [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2018, 37(6): 218-222, 226. (in Chinese)
- [10] 林子舰,冯超超,王廷振,等. 知识图谱技术在物理实验教

- 学中的应用探讨[J]. 物理与工程, 2020, 30(4): 88-95.
- LIN Z J, FENG C C, WANG T Z, et al. The exploration of the application of knowledge mapping technique on physics experiment teaching [J]. Physics and Engineering, 2020, 30(4): 88-95. (in Chinese)
- [11] 袁琳, 孙敬姝, 盖学敏. 基于 Citespace 的物理演示实验可视化分析[J]. 物理实验, 2018, 38(1): 33-38.
- YUAN L, SUN J S, GAI X M. Visualization analysis of demonstration experiment based on Citespce[J]. Physics Experimentation, 2018, 38(1): 33-38. (in Chinese)
- [12] 毛乐. 我国教育惩戒的研究热点与趋势——基于 CiteSpace 的可视化分析[J]. 教育理论与实践, 2023, 43(11): 18-22.
- MAO L. Research hotspots and trends of educational punishment in China—Visual analysis based on CiteSpace[J]. Theory and Practice of Education, 2023, 43(11): 18-22. (in Chinese)
- [13] 张永山. 《情报科学》2009 年文献计量学分析[J]. 情报科学, 2010, 28(11): 1661-1665+1692.
- ZHANG Y S. Analysis on bibliometrics of information science in 2009[J]. Information Science, 2010, 28(11): 1661-1665+1692. (in Chinese)
- [14] 褚会敏, 刁娟娟, 潘月丽. 基于 Citespace 的中医药治疗肾病综合征可视化分析[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2022, 24(12): 5017-5025.
- CHU H M, DIAO J J, PAN Y L. Visualization analysis of nephrotic syndrome treated by traditional Chinese medicine based on Citespace[J]. Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica-World Science and Technology, 2022, 24(12): 5017-5025. (in Chinese)
- [15] 耿敬杰, 汪军民. 基于 CiteSpace 的集体建设用地问题研究进展及热点分析[J]. 国土资源科技管理, 2017, 34(5): 47-61.
- GENG J J, WANG J M. The research status and hotspots of collective construction land on Citespace[J]. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 2017, 34(5): 47-61. (in Chinese)
- [16] 许朦, 赵文虎. 我国矿井水处理研究领域的知识图谱分析[J]. 中国矿业, 2023, 32(5): 8-15.
- XU M, ZHAO W H. Knowledge mapping analysis in the research field of mine water treatment in China[J]. China Mining Magazine, 2023, 32(5): 8-15. (in Chinese)
- [17] 洪贤富, 杨秀峰, 张勇. 大学物理演示实验教学资源建设[J]. 西部素质教育, 2017, 3(22): 114+118.
- HONG X F, YANG X F, ZHANG Y. Construction of teaching resources for university physics demonstration experiments [J]. Western China Quality Education, 2017, 3(22): 114+118. (in Chinese)
- [18] 周毅, 周艳霞. 将演示性实验引入大学物理课程的教学方法探究——以西藏大学为例[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(4): 194-196.
- ZHOU Y, ZHOU Y X. Practice of the demonstration physics experiment in college physics teaching—A case study of Tibet University[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2020, 39(4): 194-196. (in Chinese)
- [19] 谭朝阳. 探索大学物理实验教学新思路有效激发学生创新活力[J]. 大学物理实验, 2016, 29(4): 117-119.
- TAN C Y. Stimulating students' creativity via exploring new ideas in physical experiment[J]. Physical Experiment of College, 2016, 29(4): 117-119. (in Chinese)
- [20] 吕景林, 魏心源. 复旦大学物理演示实验教学实践回顾[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(7): 178-181.
- LV J L, WEI X Y. Review of teaching practice of physics demonstration experiments in Fudan University[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2017, 36(7): 178-181. (in Chinese)
- [21] 郑远, 鲍德松, 王业伍. 可视化物理演示实验教学的探索与实践[J]. 物理实验, 2022, 42(6): 26-32.
- ZHEN Y, BAO D S, WANG Y W. Exploration and practice of visual demonstration experiment teaching[J]. Physics Experimentation, 2022, 42(6): 26-32. (in Chinese)
- [22] 韩燕, 薛林. 利用微课和云存储提升大学物理演示实验的探讨[J]. 大学物理实验, 2019, 32(2): 98-100.
- HAN Y, XUE L. Discussion on micro-course and cloud storage for improving the college physics demonstration experiment[J]. Physical Experiment of College, 2019, 32(2): 98-100. (in Chinese)
- [23] 李雪琴, 赵云芳, 唐艳妮, 等. 基于目标分类的物理演示实验教学方法探索与实践[J]. 物理实验, 2018, 38(1): 39-42.
- LI X Q, ZHAO Y F, TANG Y N, et al. Exploration and practice of physics demonstration experiment teaching method based on target classification[J]. Physics Experimentation, 2018, 38(1): 39-42. (in Chinese)
- [24] 张凤琴, 林晓珑, 王道. 创新人才培养下的大学物理实验教学改革研究[J]. 大学物理, 2017, 36(3): 36-39.
- ZHANG F Q, LIN X L, WANG X. Research on the teaching reform of college physics experiment under the cultivation of creative talents[J]. College Physics, 2017, 36(3): 36-39. (in Chinese)
- [25] 王小力. 大学物理课程思政研究与实践[J]. 中国大学教学, 2020, 362(10): 54-57.
- WANG X L. Research and practice on ideological and political education in college physics courses [J]. China University Teaching, 2020, 362(10): 54-57. (in Chinese)
- [26] 吕东燕, 周原. 基于 OBE 理念的大学物理实验 PPBL 教学模式的探究[J]. 科技视界, 2021, 339(9): 31-32.
- LV D Y, ZHOU Y. Exploration of PPBL teaching model for college physics experiments based on OBE concept [J]. Science & Technology Vision, 2021, 339(9): 31-32. (in Chinese)
- [27] 曹丹平, 印兴耀. 加拿大 BOPPPS 教学模式及其对高等教育的启示[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(2): 196-200+249.
- CAO D P, YIN X Y. The BOPPPS teaching mode in Canada and its implications for higher education reform[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2016, 35(2): 196-200+249. (in Chinese)