

指向学科核心素养的高中物理学科实践教学研究^{*}任虎虎^{1,2**} 曹红梅³

(1. 华东师范大学 上海 200062; 2. 江苏省太仓高级中学 江苏太仓 215411)

(3. 徐州市侯集高级中学 江苏徐州 221005)

文章编号: 1002-218X(2023)05-0016-05

中图分类号: G632.0

文献标识码: A

摘 要: 学科实践作为一种重要的学习方式,有助于培育物理学科核心素养,促进学科育人和实践育人,其指向做中学、用中学和创中学。物理学科实践具有学科性、具身性和整合性,是“外部—内部—外部”不断交互迭代的过程。基于认知冲突促进深度关联、基于具身体验促进思维进阶、基于持续评价促进反思建构、基于问题解决促进迁移运用是学科核心素养导向下高中物理学科实践教学的有效策略。以教室场域、校园场域、社会场域三大场域为抓手,整体建构学科实践的学习空间。

关键词: 物理学科核心素养; 学科实践; 深度学习

新课程改革积极倡导育人方式的深度变革,作为人全面发展的培养目标,学科核心素养只回答了“教育培养什么人”的问题,没有回答“教育如何培养人”,如何促进学科核心素养落地成为当前课程与教学改革的重要议题^[1]。《国务院办公厅关于新时代推进普通高中育人方式改革的指导意见》倡导“积极探索基于情境、问题导向的互动式、启发式、探究式、体验式等课堂教学,注重加强课题研究、项目设计、研究性学习等跨学科综合性教学”,其中蕴含着培育物理学科核心素养的路径和实践方向^[2]。

美国2011年公布的《K-12科学教育框架:实践、跨学科概念与核心概念》将科学教育的关键词由“科学探究”更换为“科学实践”,这一重大调整更加凸显了科学探究的实践本质。学科实践不是对学科探究学习的否定和取代,探究也是一种学科实践,学科实践呼唤的是“源于实践、通过实践、为了实践”的真正的学科探究。2022年4月教育部印发的义务教育课程方案和课程标准(2022年版),

强调“以主题、项目或活动组织课程内容,强化学科实践和跨学科实践,驱动教学内容与方式的深层变革。”学科实践已经成为落实基础教育课程与教学改革的一个重要突破口。

一、传统教学面临的挑战

钟启泉教授提出,核心素养的核心是真实性;威金斯和麦克泰格认为,学校教育的目标是使学生在真实世界能得心应手地生活,富兰强调学习应该是“在现实世界创造和应用新知识”^[3]。指向学科核心素养的教学突出真实问题的解决,当学科教学的目标指向提升学生解决实际问题的素养时,师生便进入了实践的境脉,学科育人方式便从传统的学科认识转向学科实践。学科实践是促进深度学习的主轴、主路和主道,也是促进跨学科实践的前提与基础。偏离学科实践的学习方式不利于学生真正理解学科的内涵、本质和精髓。反思传统与当下教学,主要存在以下主要问题。

(一) 学科探究教学僵化

自2001年开始的课程改革提出“自主、合作、

^{*} 基金项目 江苏省教育科学“十四五”重点规划课题“指向深度学习的高中物理单元逆向设计与实施的研究”,立项编号: C-b/2021/02/80。

^{**} 任虎虎(1989—),男,甘肃庆阳人,博士,研究方向:中学物理课程教学。

探究”的教学方式以来,学科探究教学就成为教育界持续关注 and 研究的热点问题,它也确实有力地推动了我国基础教育的改革,扭转了传统教学中价值论上的“控制主义”、本体论上的“唯知主义”、知识论上的“反映主义”和方法论上的“灌输主义”,使得教与学的方式不断发生转变,提升了学生的科学素养。

然而,在教学实践中,一线教师往往缺乏对学科探究的理论认识,大多基于个人的一知半解或他人的经验进行教学,僵化地将学科探究理解为:给学生时间和空间自主或合作学习,固化了学科探究教学的步骤:提出问题、作出假设、制订计划、实施计划、得出结论、表达和交流。这些都极大地阻碍了学科探究教学的育人功能,不能实现新时代“立德树人”的根本任务。

(二)知识与实践分离

当前教学中存在知识与实践分离的现象,一个原因是:在重结果轻过程的错误观念指引下,学生在教师的引导下经过学科探究,只是获得了学科知识或专家结论,或只是机械地记住了探究的结果,而没有全身心参与研究的过程,就无法真正获得专家思维。另一个原因是:虽然很多教师也很重视与学生的生活背景联系,解决生产生活中的实际问题,但是与知识学习过程割裂开来,即先让学生获得知识或结论,再提供一些实际问题让学生解决,作为知识巩固的阶段,并没有将知识学习与问题解决融为一体,让学生在解决问题的过程中自然而然地习得知识与方法。

(三)课堂与社会的分离

课堂是教学的主阵地和主场所,但存在封闭性。一是内容的封闭性,课堂学习内容大多局限于学科知识的范围,缺少跨学科的关联;二是关系的封闭性,课堂上存在的关系主要是学生、教师和教材间的三维关系;三是过程的封闭性,课堂上学生在教师的主导下学习一个又一个知识点,过程是线性的,缺乏学生的调查、访谈和制作等实践过程。课堂需要与社会关联,从封闭走向开放,教育就是让人不断社会化的过程,知识的产生与发展离不开社会,知识的迁移与应用更离不开社会,教学中应注重所学内容与社会议题的关联,发展学生的社会责任感。

二、指向物理学科核心素养的高中物理学科实践教学思考

(一)学科实践对于培育物理学科核心素养的重要意义

崔允邵教授认为:学科实践是指具有学科意蕴的典型实践,即学科专业共同体怀着共同的愿景与价值观,运用该学科的概念、思想与工具,整合心理过程与操控技能,解决真实情境中的问题的一套典型做法^[1]。

学科实践作为一种重要的学习方式,对促进物理学学习方式变革和课堂深度学习的真实发生具有重要意义,有助于思维过程的表现、思维方式的建立和思维品质的提升^[2],有助于物理学科知识转化、物理学科思想活化和物理学科能力升华,进而有效培育物理学科核心素养。

物理观念包括物质观、运动与相互作用观、能量观,是对物理概念与规律的凝练与升华,是解释现象和解决问题的基础,物理观念的建立和应用都需要以事实为基础,经过不断的实验、讨论、反思和总结,这其实就是学科实践的过程。科学思维包括模型建构、科学推理、科学论证和质疑创新,其中模型建构需要抓住主要因素、忽略次要因素,不断抽象概括,本身就是学科实践过程;科学推理、科学论证和质疑创新都离不开学科实践的支撑,学生只有在学科实践的基础上才能基于切身感受和反思进行有效推理、论证和创新。科学探究主要包括问题、证据、解释、交流,学科实践就是将科学探究具体化、学科化和体验化的过程。科学态度与责任包括科学本质、科学态度和社会责任,学生只有在学科实践基础上才能理解学科知识的产生与发展、学科观念的建构与应用、学科思想的凝练与拓展,从而把握科学的本质,形成理性精神和社会责任感。

相对学科探究和学科活动,学科实践是一个更具包容性和概括性的概念,指向做中学、用中学和创中学。学科实践是利用学科的知识、思想与方法,通过学生的具身化实践行动,培养学生问题解决能力的一种学习方式。基于此,“学科实践”具备三个核心要素:基于学科、通过实践、指向问题解决。

基于学科指明了学科实践与综合实践不同,主要是两者解决问题的范畴不同。学科实践根植于

学科,虽然也会用到跨学科的知识与技能,但主要是从学科层面解决问题。综合实践是为了弥补分科教学的不足而设置的一门独立课程,是国家义务教育和普通高中课程方案中规定的必修课程,与物理、化学等学科并列设置。综合实践主要是跨学科整合各科知识、技能,综合性地解决生产生活中的问题。学科实践是综合实践的主要组成部分,但“学科味”更浓。

通过实践指明了学科实践这种学习方式的涉身性、体验性和情境性,它与具身认知理论的理念殊途同归。具身认知指出:心智、大脑、身体是一种嵌入式的关系,即环境、身体、大脑是认知系统的组成部分,共同决定了认知方式身心合一的实践本质。例如,人就不能像蝙蝠那样在环境中依靠回声定位来规避障碍物,也不能像蜜蜂那样依靠香气找路,依靠偏振来导航。可见,认知与身体和环境密切相关,物理观念的获得需要经过涉身性体验、意义性理解和灵活性应用的过程^[6],如图1所示。这种“身学”的方式、过程和结果直接决定着认知的方式、过程和结果。学科实践中,实践主体把自己的身体和各个感官都投放到具体的学习环境中,去想、看、听、闻、触摸、感受,像学科专家一样思考和实践。整合心理过程与操作技能,思考与实践同生共长。

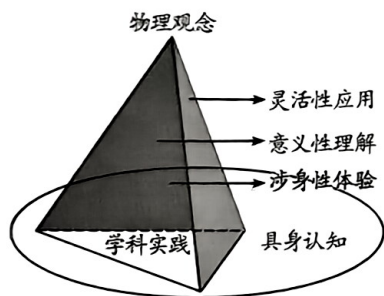


图1

指向问题解决指明了学科实践的“去向”问题,学科实践的最终目的是为了实践,为了实践的进一步改善。一方面,学科知识在基于实践、通过实践、为了实践的过程中得到落实与纠正、提高与深化、建构与创新;另一方面,学科知识又反作用于实践,作为理论的力量引领实践、指导真实情境下的问题解决,推动实践进一步向前发展。

(二)物理学科实践的基本特征

物理学科实践是基于物理学科特点、基于师生的协同作用、基于社会化倾向,通过观察、实验、制作、概括和反思等全身心的实践活动,帮助学生用

物理学的视角观察世界、用物理学的思维思考世界、用物理学的语言表达世界、用物理学的精神服务世界,不断增强创新意识和实践能力。

物理学科实践从形式上划分,可以分为外部实践和内部实践。外部实践的核心是具身体验,主要包括观察、实验、调研、操作、设计、策划、制作和阅读等;内部实践的核心是思维活动,主要包括模型建构、等效转化、分析、综合、抽象概括等,突出反思性思维、批判性思维和创造性思维等高阶思维能力的发展。物理学科实践是“外部—内部—外部”不断交互迭代的过程。物理学科实践具有学科性、具身性和整合性三个基本特征^[7]。

1. 学科性

物理学科实践是突出物理“学科味”的实践过程,基于仔细观察与实验探究,通过分析、类比、抽象概括等思维过程建构物理模型,通过重演物理学家的研究过程,并应用数学等工具对实践的结论进行物理化表达,如楞次定律的学习过程。

2. 具身性

物理学科实践是具身化学习的过程,具身认知强调学习是身体、心智与环境相互作用的结果,突出体验性、实践性和思维性,并在实践体验的过程中不断反思内化形成物理观念,实现公共知识的个人意义化理解,如牛顿第二定律的探究过程。

3. 整合性

物理学科实践以真实问题和物理情境为基础,在实践的基础上从注重学科内纵向关联和跨学科横向关联,通过不断的抽象概括,促进学科知识结构化、学科思想体系化和学科能力表现化,例如,能量守恒观念的建立是多个单元的衔接和跨学科整合的结果。

学科性是学科实践的基础,只有体现出鲜明学科性的实践过程才能帮助学生理解学科本质;具身性是学科实践的过程保障,只有让学生全身心参与学习的过程,才能真正领悟学科知识背后的逻辑、思维、意义和价值;整合性是学科实践的目标,通过关联整合、反思升华形成结构化的知识体系与思想观念,助推学科育人落到实处。

三、指向物理学科核心素养的高中物理学科实践教学策略

结合教学实际,笔者认为,基于认知冲突促进

深度关联、基于具身体验促进思维进阶、基于持续评价促进反思建构、基于问题解决促进迁移运用是学科核心素养导向下学科实践教学的有效策略,下面以“闭合电路欧姆定律”教学为例进行说明。

(一) 基于认知冲突促进深度关联

学科实践教学注重激发认知冲突。认知冲突是已有知识、经验与新知识或现象之间的临时性矛盾或暂时性失衡,它能充分激发学生的学习热情,在寻找新平衡的过程中促使他们进行深度思考,对新旧知识进行关联整合。

在“闭合电路欧姆定律”教学过程中,将四个相同的小灯泡并联,并各自串联一个单刀单掷开关,把它们接在3V的电池两端,如图2所示。先闭合与第一个小灯泡串联的开关,小灯泡 L_1 发光,接下来让学生思考:如果依次闭合后面三个开关,每个小灯泡的亮度将如何变化?

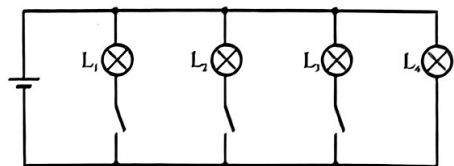


图2

学生根据已有知识,认为电源两端的电压恒定,依次闭合开关,每个灯泡两端的电压都相同,即当闭合后面的开关时前面的灯泡亮度不变化,并且所有灯泡亮度都应该一样。但老师进行演示实验时学生观察到:依次闭合后面每个开关时,前面的灯泡依次变暗;如果倒过来,依次断开开关,剩下的灯泡依次变亮。如何解释这一现象呢?这个现象与学生已有的知识产生了严重的认知冲突。

这就引起了学生的沉浸式思考:既然依次闭合开关时灯泡逐渐变暗,说明灯泡两端的电压依次减小,即电源的路端电压依次减小,由此可以推断电源不是以前所认识的“路端电压不变、内阻为0”。所以,需要重新审视电源的结构和作用,从而研究整个闭合电路。这个过程建立在学生已有认知的基础上,关联到新知识的学习中。

(二) 基于具身体验促进思维进阶

学科实践教学注重学生具身体验的过程和体现学科味的实践,在体验的基础上,通过挑战性,开

放性问题的驱动,通过小组的协作与讨论、通过与社会议题的深度关联,提升学生的思维品质,促进思维有效进阶。

在“闭合电路欧姆定律”学习中,一个难点就是理解电源电动势,这里可以通过自制水循环装置,在学生亲身观察和体验的基础上类比迁移理解电动势的概念。如图3所示,装置中的滴水水管带有阀门,开始时储水罐里面装满水,先不打开水泵,打开滴水水管阀门,水流下来,依靠其动能推动水轮机叶片转动,对外做功,当储水罐里的水流完后,水轮机叶片不再转动,这类似于充满电的电容器放电的过程。如何才能形成持续的水流,让叶片持续转动呢?

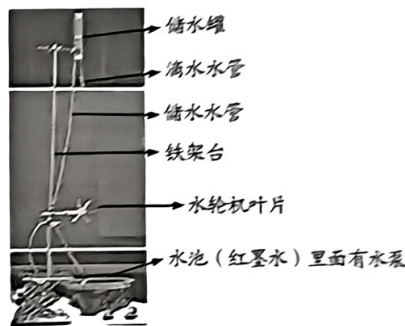


图3

学生提出可以想办法让流到水池中的水返回储水罐中,并且任意相同时间内流入和流出的水量相等就能保证形成持续的水流,这里可以用水泵把水池中的水提升到储水罐中,课堂教学中让学生打开水泵开关,增强体验,学生观察到确实可以让水轮机叶片长时间持续转动。

类比到电路中,水管类似于导线、水流类似于电流、叶片类似于用电器、水池和储水罐类似于电源的两极、重力做功类似于外电路中电场力做功、水泵提升水的过程(非重力做功)类似于电源内部(非静电力做功)工作的过程。水泵通过非重力做功把电能转化为重力势能,类比过来,电源本质上是通过非静电力做功把其他形式的能转化为电势能的装置,为电路提供电动势。

在分析电路时,可以将电源内部称为内电路,电源外部称为外电路,根据电路中能量转化的知识,非静电力做的功应该等于内、外电路中电能转化为其他形式能量的总和,即 $W_{\text{非}} = U_{\text{路}}It + I^2rt$, $W_{\text{非}} = qE$, $q = It$,得到闭合电路的欧姆定律 $E = U_{\text{路}} + Ir$ 。

(三) 基于持续评价促进反思建构

学科实践教学要充分利用好课前的诊断性评价、课中的表现性评价和课后的总结性评价,以持续的评价促进学生的发展,通过诊断性评价反馈确定学生的已有水平、通过表现性评价引导学生积极自我调整促进思维的有效进阶、通过总结性评价促进学生整体反思学习的过程与结果,形成程序性、概念性和元认知知识。

为了评价学生对闭合电路欧姆定律的理解情况,课堂上可以引导学生分析:如图4所示,两个灯泡 L_1 、 L_2 接在电路中,闭合开关,当滑动变阻器的滑片P向上滑动时,灯泡 L_1 和 L_2 的亮度分别如何变化?说明判断的依据。

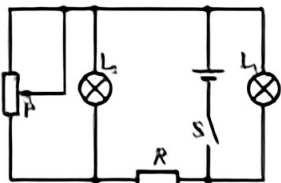


图4

在互动分析的基础上引导学生反思动态电路的一般分析思路：①判断动态部分电阻、全电路总电阻的变化情况；②判断闭合电路中总电流的变化情况；③依据 $U=E-Ir$ 判断路端电压的变化情况；④依据分压、分流原理判断动态部分的物理量的变化情况。即动态电路的分析遵循“局部→整体→局部”的思路。

在“局部→整体→局部”思路的指引下引导学生应用闭合电路欧姆定律解释课堂开始时引发认知冲突的演示实验现象,做到及时评价反馈和前呼后应。

(四) 基于问题解决促进迁移运用

学科实践教学的最终目的不是让学生记住多少知识或体验多少活动,而是促使学生真正理解并灵活迁移运用所学内容跨时空、跨情境地解决实际问题,同时在问题解决过程中实现新知识的学习,促进迭代优化和融会贯通。

勤俭节约是中华民族的传统美德,生活中很多人将旧电池和新电池搭配使用,这种做法科学吗?可以用一个实验进行模拟帮助学生解决这个问题:如图5所示,将一个额定电压为2.5V的小灯泡L接入2节新干电池提供电源的电路中,移动滑动变阻器的滑片,让灯泡L正常发光。此时,断开开关,并保持滑片位置不变,用5节旧干电池和刚才的2节新干电池一起串联提供电源,让学生想

一想:当开关再次闭合时会发生什么现象?

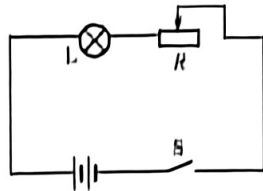


图5

学生都认为开关闭合时电压过大,灯泡会立刻烧坏,但实验发现灯泡不仅没有烧坏还更暗了,引导学生分析为什么会发生这样的现象。灯泡变暗说明电路中的总电流减小,但总电动势增加了,由闭合电路欧姆定律可以推断出电路中的总电阻必然增加,而滑动变阻器和灯泡的电阻不变,说明旧电池的内阻比较大,从而导致路端电压比较小。因此,生活中将新、旧电池混在一起使用的方法是不科学的。

旧电池的内阻大约为多少呢?可以用一节旧的1号干电池进行测量,测量原理是什么?需要测量哪些物理量?具体怎么测?这就拓展到单元内后面一节课(实验:电池电动势和内阻的测量)的学习,实现承上启下的功能。

四、指向学科核心素养的高中物理学科实践教 学场域构建

物理学科实践的场域依赖于物理学习“硬环境”与物理学习文化“软环境”的深度交融,以教室场域、校园场域、社会场域三大场域为抓手,整体建构学科实践的学习空间。

(一) 基于“教室场域”创设多元融合的学习文化 氛围

围绕物理学科核心素养,重组学习内容,改变学习形式,打造实践学习的物理软文化氛围。教室内悬挂标语,如“亲身投入实践,而不是只学习关于实践的二手资料”;设置展板、橱窗,建设学科实践成果展示区等;遵循过程性评价与结果性评价相结合的原则,与学科实践的三个要素“基于学科、通过实践、指向问题解决”相对应的设置课堂评价的三个一级指标“学科意蕴、实践意识、问题解决”。从上述多个角度创设实践学习的物理软文化氛围。

(二) 基于“校园场域”创设主题鲜明的物理学 科环境

现在很多学校已经有了高中物理数字化实验室、物理应用技术专用教室、物理学科实验室、STEM

物理教学中创造性思维的培养

——以“正弦式交变电流的产生”为例

孙 希

(河南省郑州市第四十四高级中学 河南郑州 450052)

文章编号:1002-218X(2023)05-0021-04

中图分类号:G632.41

文献标识码:B

摘 要:交变电流是人教版普通高中课程标准实验教科书《物理》选修3-2中的内容,教材介绍了最普遍、通用的发电方法,即正弦式交变电流的产生。引导学生进行思维拓展与创新,并通过例题的分析与求解,深入探讨了中学阶段可学习的正弦式交变电流的其他几种产生方式,以期培养学生的实践能力和创新精神。

关键词:创造性思维;正弦式交变电流;有效值;焦耳热

创造性思维是一种具有开创意义的思维活动,是以感知、记忆、思考、理解、联想等能力为基础,以综合性、探索性和求新性为特征的高级心理活动,需要人们付出艰苦的脑力劳动。创造性思维能力需要经过长期的知识积累、素质磨砺才能具备^[1]。在物理教学中,笔者鼓励学生大胆想象、勇于创新,保护他们的好奇心和学习热情,为其提供实践与探

索的机会,借助这一系列措施,培养学生的创造性思维和创新性思维,不断提升他们的物理学科核心素养。下面以“交变电流的产生”为例,谈谈如何培养学生的创造性思维。

一、正弦式交变电流的产生基本模型与原理(思维起点)

这是学生分析该问题的思维起点。如图1所

创新实验室、仿真模拟实验室、理科综合实践中心、社团活动室,通过添加各类学科实践所需教学设备,为学生创造学科实践的物型环境。同时,可以建设学科实践成果展示馆,陈列学科实践成果,促使智慧共享与优化。

(三)基于“社会场域”拓宽物理学科实践的有效渠道

充分利用社会教育资源,拓宽学生参加学科实践的路径,学习的发生场地不仅在课堂,还可以利用家庭生活实践资源,利用科普场馆、高等学校、研究院、工厂等社会公共资源,建设校外学科实践基地,让学生亲历“在场”学习,以此扩展学科实践的发生场地,大幅度增加学科实践机会^[8]。

参考文献

- [1] 吕艳坤,唐丽芳.指向学科核心素养的物理概念教学反思与重构[J].天津师范大学学报(基础教育版),2022,23(5):41-46.

- [2] 郭桂周,肖白云,柳晓钰.基于学科核心素养的物理教学目标设计:问题、原理与模式[J].天津师范大学学报(基础教育版),2022,23(5):47-52.
- [3] 刘徽.大概念教学:素养导向的单元整体设计[M].北京:教育科学出版社,2022.
- [4] 崔允漷,张紫红,郭洪瑞.溯源与解读:学科实践即学习方式变革的新方向[J].教育研究,2021(12):55-63.
- [5] 郭元祥.论学科育人的逻辑起点、内在条件与实践诉求[J].教育研究,2020(4):4-14.
- [6] 叶浩生.身体的意义:生成论与学习观的重建[J].教育研究,2022(3):61-65.
- [7] 中华人民共和国教育部.义务教育课程方案(2022年版)[M].北京:人民教育出版社,2022.
- [8] 马亚鹏,杨桦,刘瑞峰.基于核心素养的中学物理教师课程实施能力发展研究[J].天津师范大学学报(基础教育版),2022,23(3):57-63.

(本文编辑:郭晓丹)