基于物理学科关键能力测评的项目式学习实践

——以初中“光学”主题为例

刘佳琪[1]　周洋平[1]　万欣欣[1,2]　刘　畅[3]　李春密[1]

（1. 北京师范大学物理与天文学院　北京　100875；2. 内蒙古师范大学物理与电子信息学院　内蒙古　呼和浩特　010028；
3. 北京教育学院丰台分院　北京　100071）

摘　要：物理学科关键能力是物理核心素养的外在表现，项目式学习是实现培养学生关键能力的新型教学方式. 为提升“教、学、评”一致性，促进学生关键能力培养的有效落地，提出基于物理学科关键能力测评的项目式学习实践路径，并以初中物理光学主题为例开展项目实践，展示实践方法与过程，为一线物理教师开展指向关键能力培养的教学提供参考.

关键词：物理学科关键能力；项目式学习；教学实践；“教、学、评”一致性

中图分类号：G633.7　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1008－4134(2024)18－0023－06

在以核心素养为导向的新课程改革中，科学教育不再是单纯的学科学，而更多的是培养学生创新发展和解决问题的能力[1]. 为落实立德树人根本任务，《义务教育物理课程标准(2022 年版)》突出强调课程的综合性和实践性，重视培养学生发现、分析和解决问题的综合能力以及乐于实践、敢于实践的精神[2]. 物理学科关键能力是学生的物理观念、科学思维、探究能力和创新精神的统一体，是物理核心素养的重要组成部分[3]. 如何有效提升学生的物理学科关键能力一直是中学物理教学的重要议题. “项目式学习”(Project－Based Learning，简称“PBL”)是以建构主义理论为指导，以小组合作方式进行规划和解决项目任务的学习方式和教学方式[4]. 与常规教学相比，项目式学习以更贴近学生生活的真实任务情境推动学生知识学习和技能发展，是发展学生关键能力、促进核心素养培养落地的新型教学方式之一. 然而，在教学实践中，传统的教学设计往往以学习课程内容为基本导向，将知识内容作为评价的唯一标准，忽略对学生关键能力的隐性评价[5]. 教师对于教学活动的设计也多以教师本人的教学经验为基础，不能保证“教、学、评”一致性. 精准的学习诊断能够为教师分析学生学情、制定教学目标、开展教学设计、认识教学成效提供依据. 因此，为了能够在项目式学习实践中有效促进学生物理学科能力的发展，实现“教、学、评”一致性，需要将教育测量与评价的结果与项目式学习实践过程相融合.

本文在北京师范大学物理教育研究团队构建的物理学科关键能力模型的基础上，提出基于物理学科关键能力测评的项目式学习实践路径，并以初中物理“光学”主题为例，呈现指向物理学科关键能力的项目式学习实践的方法和过程，以期在物理教学中发展并促进学生的物理学科关键能力.

1　物理学科关键能力的内涵及要素

物理学科关键能力是指学生顺利进行物理学科的认识活动和问题解决活动所必需的、稳定的心理调节机制[6]. 北京师范大学物理教育研究团队结合物理学科特色，经过理论研究与实证研究，提出物理学科关键能力的理论模型[7](如图 1 所示). 物理学科关键学科能力下具有学习理解 A、应用实践 B、迁移创新 C 三个能力维度和观察记忆 A1、概括论证 A2、关联整合 A3、分析解释 B1、推论预测 B2、综合应用 B3、直觉联想 C1、迁移与质疑 C2、建构新模型 C3 九个能力要素.

基金项目：北师大中国教育创新研究院和北师大学科教育团队联合开展的“指向核心素养的项目学习区域整体推进”(项目编号：240200022)；内蒙古自治区“十四五”教育规划项目“基于项目学习理论下的中学物理教学实践研究”(项目编号：2021JGH043).

作者简介：刘佳琪(2000—)，博士研究生，研究方向：物理课程与教学论；
周洋平(1998—)，博士研究生，研究方向：物理课程与教学论.

通讯作者：李春密(1966—)，博士，教授，博士生导师，研究方向：物理课程与教学论.

中国知网　https://www.cnki.net

这些能力要素共同刻画学生学习物理知识到应用所学知识再到问题解决的知识输入和输出中所需要具备的所有能力品质.其中,A级能力对应学习的输入,是学生在建构知识体系时所具有的能力;B级能力是学习成果的低级输出,是学生调用所学知识解决熟悉情境中的问题时所需要的能力;C级能力是学习成果的高级输出,是学生进行知识迁移,将所学知识迁移到陌生情境下进行创造性活动时所需要的能力.

物理学科关键能力充分关注知识的意义建构、价值应用和核心素养的转化程度,是物理核心素养的外在表现,是诊断学生核心素养发展的关键指标.



图1 物理学科关键能力模型

2 基于物理学科关键能力测评的项目式学习实践路径

为了实现发展学生物理学科关键能力的目标在项目式学习实践过程中充分落地,以物理学科关键能力的发展为目标指向,结合教学设计的基本理论[8]、项目式学习的特征和基本实施路径[9]、学习诊断的路径[10],提出基于物理学科关键能力测评的项目式学习实践路径(如图2所示).在该路径下,促进学生物理学科关键能力培养的项目式学习实践共分为三个主要步骤:基于前测的学情分析、指向物理学科关键能力发展的项目式学习设计与实施、基于后测的教学评估和反思.

2.1 基于前测的学情分析

学情是对学生现有学习水平的客观反映.精准把握学情,实现“以学定教”,是项目式学习设计的重要前提.前测指的是课前的学习诊断性测试,目的是在教学前基于实证数据、教师经验发现和描述学生对所学内容的认知状态.能力发展要以知识建构为载体,因此学情分析应包含学生的能力发展点和前概念与迷思概念两部分.教师要通过开发基于物理学科关键能力的评价工具开展前测,量化学生能力的起始状态,找到学生能力发展的薄弱点.同时对学生的作答情况进行具体分析,挖掘学生的前概念及迷思概念,准确把握学情.

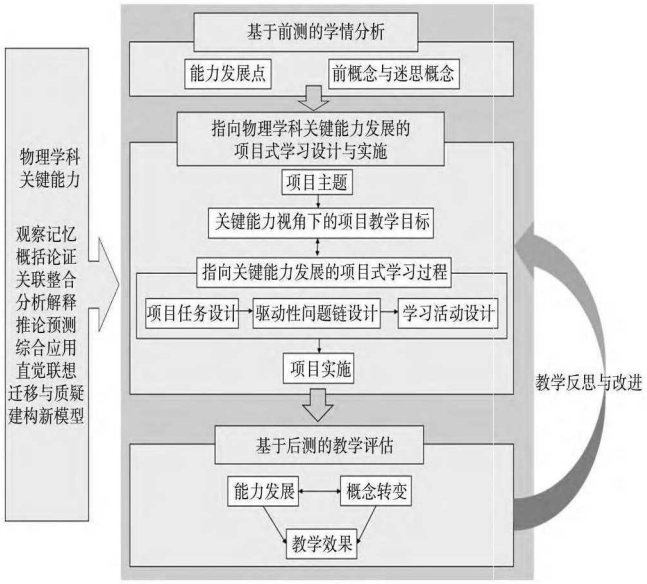


图2 基于物理学科关键能力测评的项目式学习实践路径

2.2 指向物理学科关键能力发展的项目式学习设计与实施

教学目标是教学设计的核心,是教学过程设计的重要依据.教师首先需要在对课程标准、教科书和教学内容分析的基础上,设计围绕项目核心内容、以真实的生活情境为背景的项目主题.随之,结合学业要求和基于前测诊断得出的学情,对标物理核心素养和物理学科关键能力的维度,设计关键能力视角下的项目教学目标,以统领项目式学习的设计过程.对于项目式学习过程的设计可分为项目任务设计、驱动性问题链设计和学生活动设计三个基本环节.其中,项目任务和学生活动是知识学习的载体,驱动性问题链是项目问题解决的推动力.为了保障学生在项目过程中切实实现核心知识的建构,发展自身的关键能力,教师要对照项目教学目标设计具有探究性和挑战性的学生活动,以提高教学的针对性和有效性.最后,按照项目设计实施教学.

2.3 基于后测的教学评估

后测即课后的学习诊断性测试.通过前后测数据的对比,结合学生的作答情况,教师可以评估学生的能力发展情况和概念转变情况,给予学生学习反馈.同时,教师也可以据此进行教学反思,进一步改进教学,促进个人的专业成长.

3 初中“光学”主题的项目式学习实践案例

依据基于物理学科关键能力测评的项目式学习实践路径,结合具体教学主题,在北京市丰台区某学校的初一年级开展初中物理“光学”主题的项目式学

中国知网 https://www.cnki.net

习实践. 接下来按照上述路径呈现具体的实践方法及相应的实践过程.

3.1 基于前测的学情分析

3.1.1 项目反应理论下的初中“光学”主题前测

在核心素养导向下的教学将教育视角从知识、技能转向“人”本身,使教育的关注点从“教给学生什么知识技能”转变为“学生在面对真实情境时应该具有怎样的能力、素质和品格”. 教师在教学过程中要重点关注学生对于学科核心概念的深层次理解和应用知识解决实际问题的能力. 因此,用于前后测诊断的评价工具应以学科知识为载体,通过创设问题情境,考查学生在真实情境中调用知识解决问题的过程,从而诊断学生的物理学科关键能力. 立足于诊断学情的目的和功能,用于前测的评价工具应该在学科关键能力上重点考查 A1、A2、B1、B2 四个不以高关联性的核心知识为基础的低阶能力要素. 这就更需要选择学生熟悉的日常生活情境作为命题素材,以考查学生的已有经验,反映学生对所要学习的物理内容的具体认知状态和物理学科能力水平.

初中“光学”主题的前测共 8 道题目,考查的能力要素为物理学科能力的 A1、A2、B1、B2 和 B3 五个要素,未涉及 A3、C1、C2、C3 能力要素. 2 道以初中光学为主题的前测评价工具的例题如图 3 所示. 其中,例题 1 以学生熟悉的“放大镜的使用”为情境,从知识维度上考查“凸透镜的成像规律及应用”的知识,同时可以探查学生是否具有“放大镜离物体越近,放大效果越明显”的迷思概念;在能力维度上用于诊断 B2(推论预测)能力要素. 例题 2 为一道开放性设计题,选择学生相对熟悉的“视力检查”为情境. 在知识维度上是对“平面镜成像特点”的相关知识的考查. 学生需要基

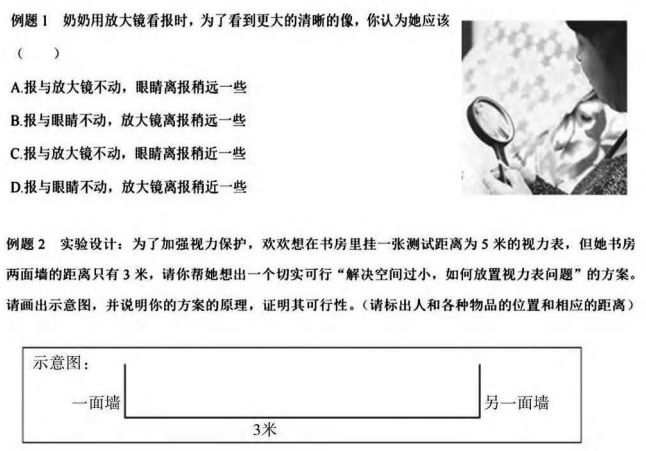


图 3 初中“光学”主题的前测试题举例

于自身在生活中使用平面镜成像的日常经验和形成的认知规律,给出问题解决方案并解释论证,对应考查 B3(综合应用)能力要素.

选取参与项目实践学校的初一年级学生参与前测,共收回有效测试卷 87 份. 为真实反映学生能力,采用项目反应理论的 Rasch 模型进行实证数据的处理与分析,得到前测信度为 0.94.

3.1.2 初中“光学”主题的学情分析

(1)学生能力发展点

在 Rasch 模型中,试卷难度的平均值设为 0.00,将试题难度值与学生能力值的单位等价,规定能力值为 0.00 的学生作答难度值为 0.00 的题目,答对的正确概率为 50%;作答难度值为 -1.00 的题目,答对的正确概率为 73%[11]. 汇总前测题目的 Rasch 模型难度值见表 1,能够反映学生的能力状况. 其中 B1、B2 和 B3 能力要素对应的 Q2、Q7、Q8 题目的难度值远高于零,学生能力值低于试题难度值,说明学生在分析解释、推论预测和综合应用三个应用实践能力下的子能力要素上有较大提升空间. 结合学生具体作答情况发现,大部分学生对于常见光学现象有一定了解,知道一些光学主题的基础物理概念和规律,能够将其与生活中的熟悉情境建立联系,但是不能采用科学语言描述和解释现象,分析、推理和预测的表现不佳. 因此,确定 B1、B2、B3 能力要素为基于前测探查出的学生的能力发展点.

表 1 前测题各项的 Rasch 模型难度

题项	能力要素	Rasch 模型难度值
Q7	B2 推论预测	1.25
Q8	B3 综合应用	1.23
Q2	B1 分析解释	1.19
Q4	A1 观察记忆	0.13
Q5	B1 分析解释	0.02
Q6	B2 推论预测	-0.14
Q3	A2 概括论证	-0.37
Q1	A1 观察记忆	-1.71

(2)学生的前概念与迷思概念

能力培养要以学生的概念建构为基础. 分析学生的前概念与迷思概念可以帮助教师理解学生的起点水平,以设计有针对性的教学策略,是学情分析的重要内容. 基于前测分析,汇总样本学生主要的前概念和迷思概念见表 2. 教师在项目式学习设计中,要基于

中国知网 https://www.cnki.net

学生的前认知设计教学活动,搭建相应的教学脚手架.同时,通过制造认知冲突,帮助学生实现从迷思概念到科学概念的转化,完成概念转变.

表2 样本学生对于初中"光学"主题存在的前概念和迷思概念

前概念	迷思概念
(1)影子是由不透明物体挡住部分光线形成的 (2)平面镜所成的像与物体关于镜面对称 (3)有使用各类透镜(如放大镜)的基本生活经验	(1)光与光源相同,光源移动光才动 (2)光是由人眼发出的 (3)能够看到的像都是实像 (4)人能看到倒影是水下的倒影在发光 (5)生活中的反射镜均为平面镜,平面镜也可以用来扩大视野 (6)介质密度的不同是导致光产生折射的本质原因 (7)放大镜离物体越近,放大效果越明显

3.2 指向物理学科关键能力发展的项目式学习设计与实施

在项目设计与实践时,依据核心概念间的内在联系,将初中物理光学主题的教学内容划分为两个子单元,对应设计两个项目式学习微项目.第一个子单元的核心内容是光的三个传播规律,包括光的直线传播、反射和折射的相关内容,对应设计的项目主题为"设计制作节能房的采光设备".第二个子单元的核心内容是透镜及其应用,承载透镜对光的作用、凸透镜的成像规律及其应用、眼睛和眼镜的知识内容,对应设计的项目主题为"人眼看世界——守护心灵之窗".接下来以"人眼看世界——守护心灵之窗"项目为例,介绍制定项目教学目标和设计项目学习过程的思路.

3.2.1 关键能力视角下的项目教学目标

以素养为导向的教学要求教师跳出知识教学的围栏,围绕核心素养与学科关键能力的培养设计和整合教学目标,以培养学生应对新问题、新挑战的能力和品格.当前多数初中一线物理教师已能够从核心素养的角度制定教学目标,但是对于如何将核心素养目标具体落实到教学行为上仍面临一些困难.聚焦关键能力培养的教学需要在教学前规划出更加具体的学生能力表现期望,明确对学生物理学科关键能力发展状况的要求.在核心素养教学目标的基础之上,利用物理学科关键能力模型可以将内隐的能力外显为具体的行为表现,并与具体的教学内容相连接,提炼出关键能力视角下的教学目标,在育人目标与实际教学行为之间搭建桥梁,使得教学活动设计更加精准有效.

针对初中光学主题的第二个子单元制定的关键能力视角下的项目教学目标框架如图4所示.其中,指向物理核心素养的教学目标规划项目的总体育人方向,是项目式学习设计的目标起点.依据物理学科能力表现框架将核心素养目标具体化,规划出教学行为的能力发展指向,得到指向物理关键学科能力的教学目标.指向物理关键学科能力的教学目标明确教学的具体路径,是项目式学习过程设计的基础和依据.

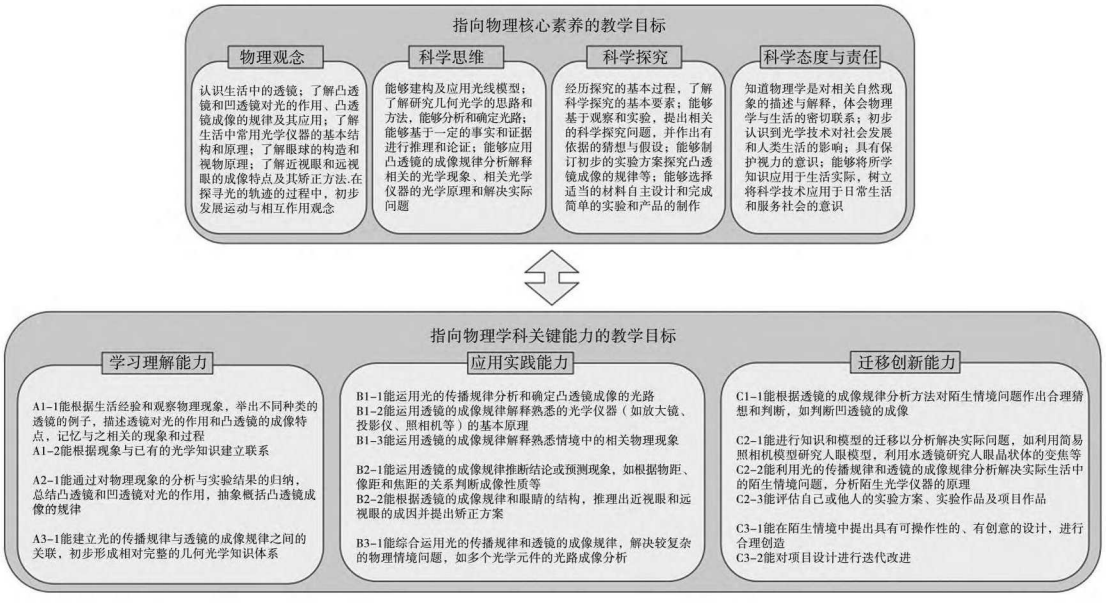


图4 初中"光学"主题第二个子单元的项目教学目标框架

中国知网 https://www.cnki.net

3.2.2　指向学科关键能力发展的项目式学习过程设计

为了科学引导学生的学科关键能力发展，保证学生活动与教学目标的一致性，教师要以物理学科关键能力目标的达成为主线开展项目式学习设计，系统规划课堂教学中学生物理学科能力的发展路径. 在进行项目设计时，教师可以遵循以下思路：围绕项目的核心概念构建具有真实情境、贴近学生生活的项目主题，设计项目核心问题，根据解决问题所需要的核心知识内容拆解项目任务；以问题链驱动教学进程，在问题解决的过程中承载核心概念的建构；参照指向物理学科能力的教学目标设计与之相对应的学生活动，确保每个学生活动与一个或多个教学目标直接相关，将学科关键能力的培养贯穿在项目过程之中.

基于引导青少年提高视力保护意识的教育目的，在宣传全国爱眼日的项目背景下，围绕初中“光学”主题第二个子单元包含的核心内容，设计“人眼看世界——守护心灵之窗”这一贴近学生生活的项目主题. 基于此，提出“如何基于人眼看世界的物理原理保护视力”的核心问题. 项目学习过程设计框架（如图5所示），具体包括该项目下的项目任务序列、驱动性问题链、学生活动线、概念建构线和关键能力发展线. 其中，项目任务与驱动性问题一一对应. 在项目探究过程中，学生活动均有明确的核心概念和关键能力指向，保证物理学科能力的精准培养. 在新授课中，概念建构线承载该项目的核心知识，关键能力发展线囊括教学目标框架中A1至B2能力要素的全部和C级要素的部分教学目标，重点指向学情分析中的学生能力发展点. 在核心问题的驱动下，学生需要自主完成项目拆解，通过观察分析、动手实践、探究实验和模型类比，逐步了解眼睛的结构和成像原理，从物理学视角给出近远视眼的矫正方法，回答四个子问题，最终形成项目作品——“守护心灵之窗”宣传手册，并进行展示与交流.



图5　“人眼看世界——守护心灵之窗”项目式学习过程设计框架

在子任务2中，针对学生存在的“放大镜离物体越近，放大效果越明显”的迷思概念，设计学生活动3. 学生在利用自制透镜中的凸透镜观察物体的过程中能够发现，在调整凸透镜与物体的距离的过程中，透

中国知网　https://www.cnki.net

镜不仅可以成放大的像,也可以成缩小的像.通过这种方式让学生在应用自主设计光学仪器的过程中,主动发现与其原有认知形成冲突的现象,为探究了解凸透镜的成像规律奠定基础.同时,学生可以充分感受到自主探究的乐趣,完成概念转变,并实现A1观察记忆能力要素的同步发展.

总体来看,在如图5所示的项目式学习过程设计框架下,学生能够在经历真实问题解决的过程中,切实实现物理观念的建构和思维能力的提升.

3.3 基于后测的教学评估

为了评估教学效果,在整个"光学"主题的项目学习课堂教学实践后开展诊断性测试.后测评价工具的题项重点考查的能力要素为B1、B2、B3,即基于前测探查出的学生能力发展点.三个学生能力发展点要素的前后测得分率对比图如图6所示.分析可得,学生在分析解释能力、推理预测能力和综合应用能力上均有所提升.其中,综合应用能力的提升相对较大.说明指向物理学科关键能力的项目式学习实践效果显著,学生的关键能力通过项目式学习得到充分发展.对后测试题的作答情况进行分析,发现学生有效地实现了概念的转变:学生能够正确识别光源,区分实像与虚像;能够利用光的不同传播规律和透镜的成像规律对相关生活情境作出正确解释;能够分辨面镜和透镜并了解其生活应用;能够理解介质折射率的不同是导致光产生折射的本质原因等.在项目完成后进行学生访谈,大部分(65%)接受访谈的学生表示他们在项目式学习中知识的应用能力和动手操作能力得以提升,对知识能够更好地理解和掌握.

结果表明,本次项目式学习实践能够促进学生物理学科关键能力的发展,帮助学生形成积极的概念转变,很好地实现教学目标.

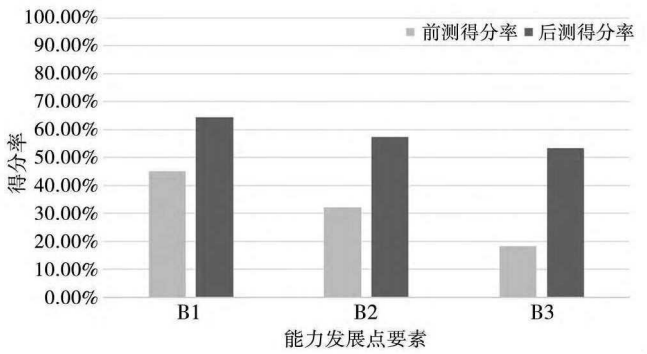


图6 学生能力发展点要素的前后测得分率对比图

4 结语

物理学科关键能力测评对于初中物理项目式学习实践起到积极的作用:前测精准地测量学生的能力现状,有效地探查学生的前概念、迷思概念,为学情分析提供清晰的依据,使得项目式学习具有明确的指向性.项目式学习设计与关键能力视角下的项目教学目标紧密结合,保证教学目标在教学活动中的具体落实.后测直观地反映出学生的能力发展和概念转变情况,为教师进行教学评估和反思提供帮助.实践结果表明,基于物理学科关键能力测评的物理项目式学习实践路径使对学生的物理学科关键能力培养在项目式学习中一以贯之,保证"教、学、评"一致性.该实践路径可以为广大一线物理教师利用教育测量与评价的结果设计和优化教学提供一定的帮助和启示.

参考文献:

[1]李春密,张霄.《义务教育物理课程标准(2022年版)》的变化分析[J].物理教师,2022,43(06):35-44.

[2]中华人民共和国教育部.义务教育物理课程标准(2022年版)[S].北京:北京师范大学出版社,2022.

[3]郭玉英,姚建欣,张玉峰等.基于学生核心素养的物理学科能力研究[M].北京:北京师范大学出版社,2017.

[4]侯肖,胡久华.在常规课堂教学中实施项目式学习——以化学教学为例[J].教育学报,2016,12(04):39-44.

[5]李鸿.指向科学关键能力达成的表现性任务的评价设计——以浙教版"光的反射"教学为例[J].物理教师,2022,43(02):45-49.

[6]郭玉英,张玉峰,姚建欣.物理学科能力及其表现研究[J].教育学报,2016,12(04):57-63.

[7]谢晓雨,陈显灶,罗莹.促进物理学科关键能力发展的初中课堂教学研究——以"密度"教学为例[J].物理教师,2022,43(10):41-45.

[8]李春密.深度学习:走向核心素养(学科教学指南·初中物理)[M].北京:教育科学出版社,2020.

[9]罗莹,谢晓雨,韩思思,等.中学物理教学新模式:基于项目的教学[J].课程·教材·教法,2021,41(06):103-109.

[10]张玉峰.为了物理学科核心素养发展的学习诊断:概念、路径与内容框架[J].中学物理,2020,38(01):2-6.

[11]乔桥,杨志东,罗莹.基于物理学科关键能力测评的教学改进——以牛顿运动定律教学为例[J].中国考试,2020(10):32-38,45.

(收稿日期:2024-05-07)

中国知网 https://www.cnki.net