从学科学习走向学科实践

——以“摩擦力”一课为例

贲可敬
(江阴市夏港中学,江苏 无锡 214442)

摘 要:以往的物理教学是倾向于符号式的知识教学,知识是孤立的,难以与学习、生活产生关联,这样的知识缺少活性,难以迁移、运用.新课程倡导新教学,并推动以学科实践为显著标志的育人方式变革,学科实践是知识向素养转化的载体,是实现实践育人的典型教学方式.从学科学习走向学科实践,这是发展学生物理学科核心素养的时代召唤.

关键词:学习;学科实践;实践育人

学科实践,即学科知识的发明、创造与应用的实践,是学科理解、学科知识与技能、学科探究方法和态度的综合.[1]2022 年义务教育课程方案和课程标准的颁布实施,进一步强调学科育人、实践育人,探索与素养目标和课程内容结构化相匹配的学科典型学习方式,推进以学科实践为标志的育人方式变革.[2]学生不是物理学习的旁观者和静听者,而应该是物理学科实践的参与者和建构者.物理学科实践能有效改变基于间接经验和现成知识的物理学科学习现状,进而使发展学生物理核心素养成为可能.

1 从建立知识体系走向创设情境解决问题

知识体系的建立虽然便于学生形成学科知识框架,但离开真实情境的知识却是孤立的、离散的,不能普遍迁移.新课程方案指出各个学科要坚持素养导向,强化学科实践,推进综合学习,落实因材施教,进一步突显创设以学习者为中心的学习情境.现代心理学也认为,学科实践既依赖于方法和技术,更依赖于所处的氛围、环境和场域.“场”是具有能量的,此为物理学的概念,亦可迁移到学生的学习.“场”具有物理学习与实践的能量,具有引起兴趣、引发思维、引领发展的能量,场也是形成学科实践认知的最直接原因.

1.1 实践情境的营造

物理学习有具身性,物理教学的特点之一是情境性较强,其中学习环境和操作情境对提升学习兴趣、培养实践能力尤为重要.本节课我们提供了大卡车轮胎、小轿车轮胎、绸布、页码较多的书籍,如图 1 所示.这些非常规且生活性很强的物件、器具的出现,为学生营造了良好的物理学习情境,为学生交流合作、动手实践创造了适宜的学科实践情境.



图 1 情境器材

1.2 实践场域的构建

物理学中会涉及电场、磁场、引力场等内容的学习与研究,场会对其中特定的物体或物质产生一定的作用.利用物理学常见的类比研究法,营造合适的场域,对学生以及物理学习形成正面促进作用,是物理学本身的学科优势,也是开展学科实践的基础.摩擦力一课安排在多功能实验室进行,如图 2 所示.现代化、多功能的设备与技术环境(如图 3 所示)为学生构建了联系生产生活、强化实验实践的场域.这种场域能充分激发学生的好奇心和实践欲,为学科实践活动的开展打下坚实的心理基础.

基金项目:本文系江苏省教育科学“十三五”规划 2020 年度课题“初中物理‘进阶展学’的课堂实践研究”(项目编号:E-b/2020/11);江苏省教育科学“十四五”规划 2021 年度课题“指向高阶思维能力培养的初中物理实验教学实践研究”(项目编号:D/2021/02/568)的阶段性成果.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

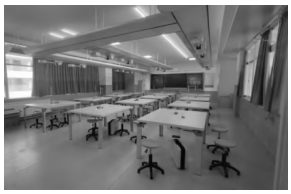


图 2　多功能实验室



图 3　多功能设备

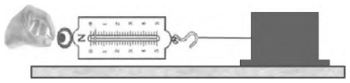
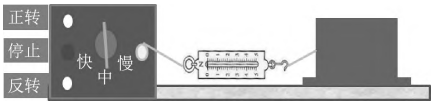
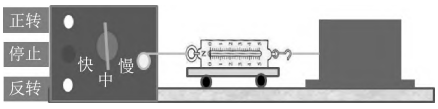
2　从掌握学科事实走向使用工具探寻未知

新课程倡导的新教学，就是要从掌握学科事实向探寻未知、使用事实转变. 在特定情境中工具的使用是不可或缺的因素，人是制造和使用工具的存在，物理实践需要工具支持. 实践活动主体通常需借助特定的工具作用于研究对象，工具、符号、媒介成了活动所必需的方式，它改变着活动的性质、效能，同时又不断被学科实践活动所改造、优化，为创造新的学科事实而做好准备.

2.1　思维工具的形成

思维工具包括学科核心概念的建构、实验方案的优化以及关于思维过程的程序性知识、元认知技能等，包含的内容比较丰富，具有重要的增智赋能作用，是学科实践的重心所在. 学科实践不仅要把这些思维工具作为学习的对象，还要把它们作为活动的重要工具和改造的对象，注重让学生在实践过程中使用并改造，以加深对思维工具的理解，不断提高实践活动的内在质量和实施水平. 问题是思维工具形成的载体，以问题解决作为思维训练的目标，能有效提升学生的思维品质. 如表 1 所示为实验装置优化思维工具形成表.

表 1　实验装置优化思维工具形成表

装置图	问题链	装置缺陷	解决方案
 图 4　测量滑动摩擦力装置图	此为教材提供的测量滑动摩擦力的方案，各组照此方案尝试后，说出操作的不便之处	手提供的拉力不稳定，且很难保证物体在水平面上做匀速直线运动	用机械替代人的手，且提供稳定的输出
 图 5　装置第 1 次改进示意图	用电动小车替代人手拉物体，可以较好地避免原有器材缺陷. 但又带来了哪些新问题？	缺少测量力的工具，无法知道滑动摩擦力的大小	将弹簧测力计固定在绳子上
 图 6　装置第 2 次改进示意图	将弹簧测力计放在电动小车及物体之间，且用绳子连接起来. 但又出现了什么新问题？	由于自身重力，弹簧测力计下垂，绳子不在同一水平直线上	将弹簧测力计垫高，使两边的绳子在同一水平直线上
 图 7　装置第 3 次改进示意图	 图 8　装置第 3 次改进实物图		

2.2　操作工具的使用

学科实践注重通过设计“作为工具的清单”，促进稳固而灵活的理解. 操作工具包括仪器设备、技术手段等，它本质上是人的肢体的延伸、实践智慧的凝聚，实现了众多仅凭人的肢体无法或不易达成的功能，极大地丰富了学科实践活动的方式，提高了学科实践活动的效能. 如本课使用的人字梯、横向支架、手动卷扬器（含直线轴承）、扁担等，如图 9 所示. 大量工具的使用为实验探究和模型建构提供了设计便利和操作基础，学生在选择、使用、改进工具过程中的创新创造意识和工程技术能力得到明显提升.

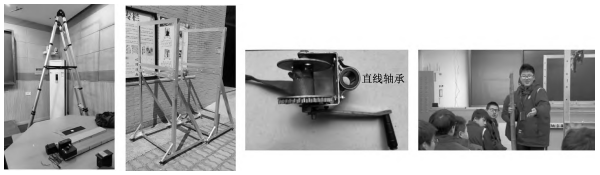


图 9　课堂中使用的仪器

3　从记忆学科知识走向经历实践形成素养

知识的本质是观念，观念的本质是实践. 观念

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

既源于实践，又指导新的实践. 实践连接了知识和素养，是素养得以形成的中介，只有通过学科实践在情境中对学科知识加以应用和创造，才能发展学生的物理核心素养，实现物理学科的育人价值.[3]

3.1 引起兴趣的实践形成学习动力

3.1.1 以学科实践激发学习好奇心

物理学习要通过学科实践将学生置身于学习场域，融入学习氛围，激发学习兴趣. 本课中老师请学生在人字梯横杆拉互插的两本书做引体向上，以意想不到的实践效果让学生感受到摩擦力的存在，从而引出课题. 在教室内借助特殊的单杠，如图 10 所示，进行体育运动——引体向上，如图 11 所示，这无法想象的场景真实地发生在物理课堂，充分激发了学生的学习欲，为学科实践打下了坚实的学习动力基础.



图 10 单杠图



图 11 引体向上图

3.1.2 以学科实践保持持久学习力

物理学科实践中创设的情境、利用的器具、开展的活动要有趣味感、冲击性和震撼力，要足以唤醒学生的学习心理，刺激学生的学习欲望，让学生较长时间地保持良好的学习情绪，以形成持久的学习动力. 例如，让一名学生在教室地面上拉小轮胎向前移动，如图 12 所示，体验摩擦力的存在，感受阻碍作用的大小，引出滑动摩擦力；让一名体重较小的学生坐在轮胎上，同一名学生拉动，感觉拉动轮胎时更加吃力，让学生初步体验压力对滑动摩擦力的影响；让一名体重较大的学生坐在轮胎上，同一名学生拉，却无法拉动，学生都觉得此时轮胎仍然受到摩擦力，但与之前所受的滑动摩擦力有所不同，引出另一种类型——静摩擦力.



图 12 体验摩擦力情境

3.2 引发思维的实践激发课堂活力

3.2.1 以学科实践促进学生合理猜想

学科实践为学生合理猜想提供了充分的依据，力争实现猜想有依、假设有据. 在猜想影响滑动摩擦力大小的因素后，实验探究前，本课设计了序列化实践活动，以引发学生思维的进阶. 小轮胎主要在引入两种类型的摩擦力时发挥了作用，此时展示一只体积更大的轮胎，让学生面临挑战性实践任务——拉动大卡车轮胎. 一名学生拉得气喘吁吁，如何才能拉起来相对容易一些，学生经过讨论提出了诸多方案：将轮胎竖起来拉，可以减小接触面积；在轮胎下涂润滑油，减小接触面的粗糙程度；快一点拉轮胎，加快速度；将轮胎切割掉一部分，减小重力. 猜想不是胡思乱想，而要以生活经验或学科实践提供的信息作为依据，而做出合理的猜想，这样的猜想才是有价值、有意义的.

3.2.2 以学科实践帮助学生寻找证据

科学论证是一种重要的科学思维方式，在科学论证活动中渗透证据意识，[4]在学科实践中培养学生寻找证据、分析论证的能力显得尤为重要. 由于轮胎不同表面的纹路不同，因此平躺与竖立时接触面的粗糙程度不同，接触的面积也不同，这样的操作违背了控制变量的思想；涂润滑油理论上可行，但对地面的污染较大，很难清除，可用相对光滑的绸布垫在轮胎下体验，如图 13 所示；拉动轮胎的难度本来就大，加快速度拉动难度更大，这种方案并不可取. 学生在寻找解决问题的方法过程中，不经意间考虑到了可能影响滑动摩擦力大小的因素，同时学科思维得到较好的发展. 活力课堂之活外显于教学活动之丰富，内隐于学生思维之活跃. 学科实践活动的开展对提升学生思维品质，激发课堂活力具有强大的推动作用.



图 13 实物图

3.3 引领发展的实践提升学生能力

3.3.1 以学科实践破除错误前概念

重力对滑动摩擦力有影响，是学生的前概念，即使在学习摩擦力后，这种想法还是存在于不少学生的脑海中. 学科实践活动若能破除学生前概念，建立科学的物理观念，这是学生素养发展的显著标志. 本课设计了在不改变重力的前提下，改变滑动摩擦力的实践活动，这能让学生更容易理解压力是改变滑动摩擦力大小的因素，而非重力. 增大压力会使滑动摩擦力更大，学生更难拉动轮胎，不易发现压力对滑动摩擦力的影

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

响. 可以反其道而行之，通过减小压力，让拉动轮胎更容易一些来显现压力对滑动摩擦力确有影响. 学生想到向上拉轮胎，因轮胎直径过大，直接向上拉不太方便，事先在轮胎对称位置安装了两根弹簧，两名学生用扁担抬起轮胎向前走，而非在地面上滑动，如图 14 所示. 即使贴着地面滑动，也很难判断两名学生是否直接或间接对轮胎施加了水平向前的拉力.



图 14　学生体验情境

3.3.2　以学科实践推动挑战性任务

如何只产生竖直向上的力，同时不产生水平向前的力？这是挑战性学习的核心所在. 经学生多次讨论交流和教师点拨，最终在组合“工具”的帮助下完成设计方案. 将一个直线轴承与手摇卷扬器固定在一起，将直线轴承套在与其内径相当的实心导轨上，使直线轴承可以在导轨上自由滑动，将导轨的两端固定在两个约 2 m 高的不锈钢支架上，手摇卷扬器通过轴上的绳子缠绕逐步拉起轮胎上的弹簧，如图 15 所示，通过弹簧明显的形变说明对轮胎施加了竖直向上的拉力，也没有人为水平向前的推力，这时同一名学生能非常轻便地拉动轮胎向前滑动，如图 16 所示. 如此，在不改变重力大小的前提下，通过改变轮胎对地面的压力，从而改变了滑动摩擦力的大小. 学科素养的发展，关键在于对重点、难点问题的突破，而实践活动的介入，能有效增强学生体验，提升学生素养.



图 15　学生体验情境



图 16　学生体验情境

4　从关注学业水平走向注重学科表现行为

从注重学生的考试成绩向关注学生学业水平发展的转变是第 8 次课程改革的显著成效之一. 新课程倡导的学习评价是注重学科表现行为的评价，是学生深处学习场域，置于真实情境，完成表现性评价任务时的行为表现，以表现性评价任务为参照确立核心素养发展的具体行为和评价量规，是学科实践导向的学习评价主要载体. 探究影响滑动摩擦力大小的因素的实验是检验前期学科实践效能的重要载体，而设计合理的实验方案则是体现实践能力的基础，其中实验器材的选择、实验方案的设计与实验过程的实施可以作为评判学科实践效能的主要标准.

4.1　自由选择器材

实践性的要求是具有科学探究能力并能应用物理知识解释现象和解决生活中的实际问题. 创设机会，让学生自己选择器材自主设计实验步骤. 《物理课程标准》在教学建议中提出“进行学生实验时，应让学生在理解实验方案的前提下，自己选择实验器材，组合实验装置，自主进行实验”. 在为学生提供相关器材后，如图 17 所示，让学生讨论交流并自行选择器材，组合器材后分类做好后续探究准备. 如选择速度可调的实验器、带轮子的测力计、上下表面积不同的物体、双面木板（镀膜面朝上），可以研究滑动摩擦力与接触面积的关系等.

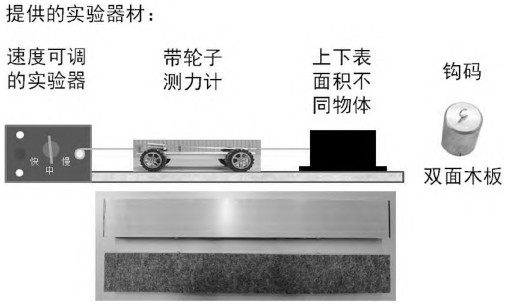


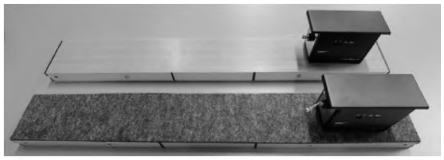
图 17　实验器材

4.2　自行设计方案

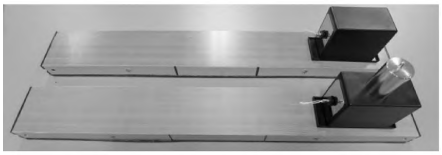
以往实验前都会发给学生一些实验方案，把实验步骤一条条地罗列给学生，并事先设计、绘制好各种记录数据的表格，让学生“按方抓药”、不求甚解地在表格中填入数据，这种菜单式的实验操作模式，固然容易顺利得出教师“预设”的实验结果，但不利于学生实验探究能力的培养. 开放性实验有助于学生科学思维的培养，多样化的设计还能充分激发学习动力和课堂活力.[6] 本节课尝试在某些实验中开放设计思路，事先只明确实验目的及评价指标，其他环节由学生根据选择的器材设计相应的实验方案，教师用图示的方式表达学生的方案，以此来拓宽学生思维，培养学生科学探究素养. 如图 18 所示. 学生在实验过程中能否熟练应用控制变量法并通过数据分析得出初步结

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

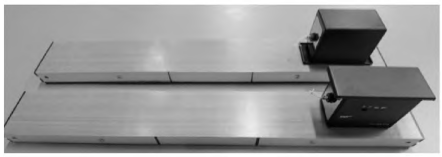
论,也是学科实践效能的重要体现.



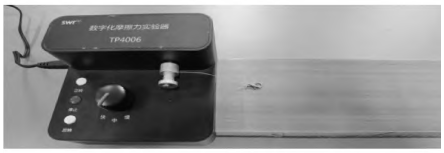
探究滑动摩擦力与接触面粗糙程度关系设计图



探究滑动摩擦力与压力大小关系设计图



探究滑动摩擦力与接触面积关系设计图



探究滑动摩擦力与速度大小关系设计图

图 18

4.3 自主交流评价

评价是一种多元化的综合表现,是对整个教学过程的评估和反思,评价的目的在于促进学生学习和改进教师教学.[5]本课设计的评价主要采用了表现性评价方式,尤其是行为表现中的演示、口头汇报、小组讨论等形式和构答反应中的图表等形式,如表 2 所示的“探究影响滑动摩擦力大小的因素”实验数据记录表.同时设计表现性评价量表来测评学科实践的效能和学生素养提升的程度,如表 3 所示的“探究影响滑动摩擦力大小的因素”学生实验表现性评价表,以检验学科素养的达成度.

表 2 “探究影响滑动摩擦力大小的因素”实验数据记录表

实验序号	接触面的材料	压力大小 $F_{压}$/N	接触面积大小 S/cm^2	速度大小 v/(m·s^{-1})	滑动摩擦力大小 f/N
1	镀膜	3	50	0.05	
2	绒布	3	50	0.05	
3	镀膜	5	50	0.05	
4	镀膜	3	60	0.05	
5	镀膜	3	50	0.1	

表 3 “探究影响滑动摩擦力大小的因素”学生表现性评价表

评价序号	评价要点	等级 A	等级 B	等级 C	等级 D
1	根据实验目的选择实验器材	自主进行多样化选择	交流讨论后合理选择	选择较合理	选择不合理
2	设计实验方案	科学	合理	较合理	不合理
3	设计记录实验数据的表格	科学	合理	较合理	不合理
4	组装实验器材	熟练有序	比较熟练	比较生疏	在教师指导下完成
5	按照实验方案进行实验	操作规范	较有条理	基本完成	无法完成
6	进行数据分析	全面透彻	具体完整	简单分析	思维错乱
7	得出初步结论	准确规范	比较准确	不太准确	错误
8	交流评估	充分高效	简单有效	流于形式	不愿参与
9	整理器材情况	有序	好	较好	一般

学科实践是物理学科特有的教学与学习方式,通过学科实践推动教学方式转型,提升学生素养是义务教育物理课程标准推动育人方式变革的显著特征.为学生学科实践提供合适的场域和必要的工具,需要教师开展形式多样的实践活动,通过实践性、表现性评价检验实践效能.学科实践的宗旨是育人,育人是实践的灵魂,实践是育人的途径和方式.[6]实践育人在学科实践过程中蕴藏着崇高的价值立意和丰厚的理论意蕴.[7]

参考文献:

1 张华.让学生创造着长大——2022 年版义务教育课程方案和课程标准核心概念解析[M].北京:教育科学出版社,2022.
2 崔允漷.学科实践:学科育人方式变革的新方向[J].人民教育,2022(9):31-33.
3 吴刚平,安桂清,周文叶.新方案新课标新征程——义务教育课程方案和课程标准(2022 年版)研读[M].上海:华东师范大学出版社,2022.
4 潘华君.指向证据意识培养的教学设计实践研究——以“库仑定律”教学为例[J].物理教师,2020(2):11-13.
5 贲可敬.立足项目学习 推动知行合一——以“滑轮”教学为例[J].物理教师,2023(2):29-32.
6 贲可敬.单元视域下的任务型教学设计——以“欧姆定律复习”为例[J].物理教师,2022(2):31-33,38.
7 成尚荣.实践育人的理论基础、核心要义与基本形态[J].中国教育学刊,2022(10):58-59.

(收稿日期:2023-08-26)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net