·新课标研究·

基于单元任务驱动的物理跨学科教学实践研究

——以“能量与物质”为例

杨学友[1] 陈红君[1] 魏鑫[2]
(1. 长春师范大学物理学院,吉林 长春 130032; 2. 长春市净月开发区明泽学校,吉林 长春 130032)

摘 要:单元任务驱动教学法以任务的完成结果检验和总结学习过程,使学生主动实践、思考和运用知识.同时,跨学科概念的教学也是强调学生是如何使用该工具,并把它纳入自己的工具库中,而不只是教授一些抽象的概念.因此,本文基于单元任务驱动的教学模式,以人教版九年级(全一册)13 章“内能”部分作为教学单元,以跨学科概念“能量与物质”为例,进行物理跨学科教学实践研究.

关键词:单元任务驱动教学法;跨学科概念;能量和物质;跨学科实践

1 问题提出

跨学科概念于 20 世纪 60 年代开始萌芽,经过半个世纪的发展,在科学教育中的重要价值越来越被认可.国内外关于跨学科概念的研究,重点集中于跨学科概念的内涵、跨学科概念的教育价值以及跨学科概念融入分科教学的思路与方法等方面.研究结果表明跨学科概念具有贯穿各学科领域、整合学科知识、有利于开展跨学科科学实践活动等功能,对有效促进学生核心素养的发展具有重要的教育价值.尤其近几年来,我国的教育研究者一直在寻求能够解决分科教学弊端,又不似综合教学一般繁琐的教育教学方法.跨学科概念的出现为该问题的解决提供了重要线索.[1]

2022 年 4 月,教育部发布的《义务教育科学课程标准(2022 年版)》中,以发展学生核心素养为中心,首次在课程标准层面提出 4 个跨学科概念,与课程标准中的 13 个学科核心概念共同组成科学课程的主要学习内容.[2]但是,2022 年版课程标准并没有给出跨学科概念的内涵与外延,也没有明确给出跨学科概念的学习内容和内容要求.因此,跨学科概念的教学在具体实施过程中存在一定的困难.同时,物质和能量在美国提出的 *A Framework for K-12 Science Education* (*the Framework*)(简称《框架》)中既作为学科核心概念又作为跨学科概念出现,会给一线教师和学生增加理解的困难.[3]

因此,本文以跨学科概念“能量和物质”为例,旨在阐述跨学科概念是什么,它与学科核心概念有什么区别,以及我们如何将跨学科概念应用到跨学科实践的教学研究.

2 跨学科概念“能量与物质”的内涵和特征

2011 年 7 月,美国出版了《框架》,[3]该框架介绍了跨学科概念(Crosscutting Concepts, CCCs),《框架》中对于“跨学科概念”做出了以下定义:能够广泛应用于科学与工程领域的概念,具备解释科学本质的重要价值.因此,他们提供了一种连接各个科学领域核心概念的方法.[2]Helen Quinn 在 *Crosscutting Concepts Strengthening Science and Engineering Learning* 一书前言中指出,CCCs 是概念性的工具,用于研究不熟悉的情况,并找到一种有助于发展理解的方法.每个 CCC 都是看待问题的一个镜头,每个镜头都突出了一个独特的视角,从而引导学生提出基于这个观点产生的在引导和扩展思维方面有用和有效的问题,有助于创造意义和解决问题,因而提高学生综合运用科学知识解决生产生活中实际问题的能力.[4]

物质和能量在不同学科中的概念和表现是不同的,但守恒定律适用于跨学科的广泛现象,这也是它们被称为跨学科概念的原因.在学科核心概念中,能量和物质主要用来解释变化;在跨学科概念中,很

基金项目:本文系吉林省职业教育科研重点课题“基于核心素养培养的高职院校理工科 STEM 教学模式构建研究”(项目编号:2021XHZ044)研究成果.

通信作者:陈红君(1978—),女,吉林东丰人,博士,副教授,硕士生导师,研究方向为物理课程与教学论、科学教育基本理论.电子邮箱:16928504@qq.com.

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

多人误认为是能量和物质的概念交叉，因此 *Cross-cutting Concepts Strengthening Science and Engineering Learning* 对能量和物质采取重新命名的方式去作为区别，能量和物质：流动、循环和守恒. 因而，跨学科概念的内涵是在冒号之后去阐述. 此外，跨学科概念能量和物质主要包括两个方面的特征. 第一，守恒律作为规则去使用. 科学模型、解释、假设和工程设计必须符合守恒定律. 守恒定律的作用是约束系统行为可能性范围的规则. 第二，把追踪物质和能量作为启发式的方法. 无论所考虑的现象或系统多么复杂，物质和能量守恒都可以提出问题，从而阐述现象如何发生以及系统如何运作.

3 跨学科概念的教学模式

现代科学发展到今天，远比初中阶段划分的物理、化学、生物更加详细，某种意义上讲，初中物理本身实际上就兼具跨学科的特点. 同时《框架》强调，无论课程结构如何，无论单一学科还是跨学科，科学总体上都需要以这样一种方式进行教学，即支持学生建立跨学科的相关知识，并在相关时间和地点将来自一个学科的知识用于另一个学科的背景下. 因此，选取初中阶段单一学科或者选取多学科去构建课程架构都是可行的. 此外，目前国外科学教学过程中最常采用的两种方式：一种是基于项目的学习，这类学习往往以当地真实情境为基础来解决实际问题，设计出方案或制作出产品，实施周期较长；另外一种是基于问题的学习，这种学习方式更多的是对虚拟情景进行研究，主要是对某个问题提出解决方案或者观点，不一定与当地实际情况有关，实施周期较短.[5]

由于我国的教育环境和教学计划与国外有所不同，同时跨学科概念强调学生通过真实情景，解决实际问题，把跨学科概念作为工具去使用，从而形成有用的知识. 为了克服项目学习周期较长，以及问题学习和实际联系较弱的缺点，基于项目学习的方式，将项目拆解成连续的任务单元，形成单元任务驱动的教学方法. 基于单元任务驱动的教与学的方法，在教学周期较短的情况下，也能够为学生提供体验实践的情境和感悟问题的情境，使学生围绕任务展开学习，以任务的完成结果检验和总结学习过程，同时可改变学生的学习状态，提高学生学习的积极性，使学生主动建构探究、实践、思考、运用、解决的高智慧学习体系.[6] 因此，本文选取人教版九年级（全一册）13 章“内能”部分作为教学内容，采用单元任务驱动教学方式来进行能量和物质跨学科概念运用的教学实践.

4 “能量和物质”跨学科概念实践课例设计，实施与评价

4.1 课例设计分析

“人造草坪 vs 天然草坪”课例开展依托于九年级（全一册）13 章“内能”部分. 在“能量和物质”跨学科概念实践的课例中，学生将参与感受真实的情境，小组讨论现实问题，为自己的学校运动场选择合适的草坪给出自己合理的建议. 在这个任务中，要求学生运用能量和物质跨学科概念内容：系统中能量和物质的变化可以用能量和物质流入、流出该系统来描述. 通过批判性地阅读科学文献，分析数据，建构模型对系统中物质和能量的流动进行定性描述和定量分析，从而解释为什么人造草坪比天然草坪更热，对运动员来说更危险. 最后利用能量流动的相关知识解决现实问题，该课例具有应用跨学科概念整合、解决真实问题、通过小组合作来发展学生分析和解决问题的综合能力，动手操作的实践能力. 综合以上，“人造草坪 VS 天然草坪”满足跨学科实践课例的要求.

4.2 课例设计

（1）情境引入.

（a）人造草坪上的高温引发安全问题.

许多学校选择用人造草坪代替天然草地，这样球员们在运动的时候脚下可以更稳，而且人造草坪也可以在天气较差的时候使用. 很多教练和球员都喜欢人造草地，因为它们不会因为阴雨天气导致场地泥泞而取消比赛，同时也不需要杀虫剂或水来维护. 但是，当天气晴朗炎热时，人们越来越担心人造草坪赛场上的极端的高温.

几年前，广州大学气候研究人员分析了广州市卫星地图生成的热图像，这是“热岛”效应的第一个证据. 他们想弄清楚城市树木如何帮助社区降温，当研究人员注意到地图上的一堆热点时，他以为它们是屋顶. 同时，他们也想知道热点到底是什么？所以挑选了其中五六个热点进行实地考察，结果发现其中两个是人造草坪的地面.

（b）温度检测.

为了弄清楚人造草坪地面到底有多热，研究人员来到了广州大学的足球场. 当他们处在外围阴凉的地方时，温度显示 30 ℃，但是在人造草坪足球场的中央，太阳直射头顶，他们把温度计放在腰部一样高的位置时，温度计读数为 71 ℃. 研究人员很惊讶，“它比我想象的要高得多”. 当教练们每 15 min 左右进行一次休息时，一群 8 岁和 9 岁的孩子站在那里，汗流浃背. “天气很热”，其中一个孩子说道. 由于橡胶屑草坪吸收并保留热量，国际足联的报告称，热量是与在球场上比赛相关的

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

主要健康问题，并且当人们处于高于 45 ℃的环境中可能会遭受脱水、中暑和热灼伤.

(2) 任务设计.

任务 1：利用上述文章中的科学证据和概念，系统之间的能量流动，以及你对物质之间能量转移的认识，来解释为什么人造草坪比天然草坪的表面更热.(解释必须直接引用文章中的文本或者数据)

任务 2：使用图 1 中的数据，使用方程 $Q=cm\Delta T$，计算人造草坪和天然草坪的比热(1 kg 的人造草坪或天然草坪样本产生 36.48 kJ 的热量).然后通过数学计算、图表和比热概念等信息来解释为什么人造草坪比天然草坪更热.

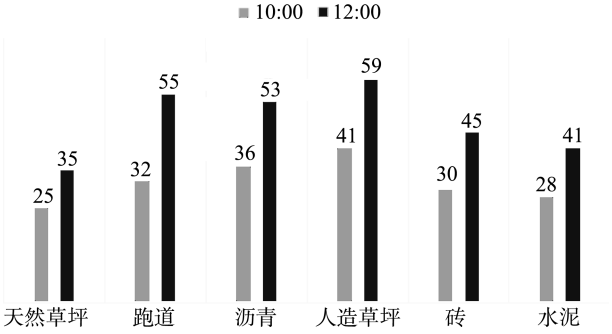

图 1 不同表面的温度/℃

任务 3：许多运动员在人造草坪上比在草地上更容易脱水和抽筋，用如图 2 中粒子图来匹配图 3 中的模型图，以显示热传递是如何发生的.使用传热知识和完整的系统模型，解释为什么运动员在天然草坪上运动会容易脱水.

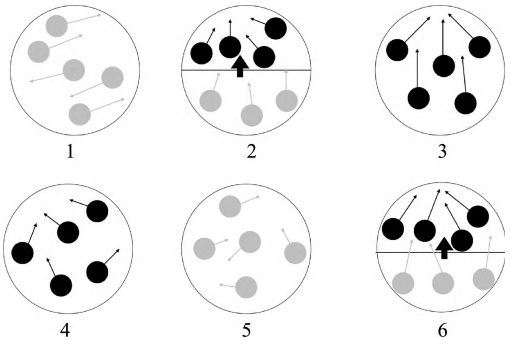

图 2 粒子示意图

a. 灰点代表草坪或草地微粒.

b. 黑点代表运动员体内的微粒.

c. 宽箭头表示人造草坪/天然草坪与运动员之间的能量传递.

d. 灰色和黑色箭头代表微粒的运动；箭头越长，微粒运动越剧烈.

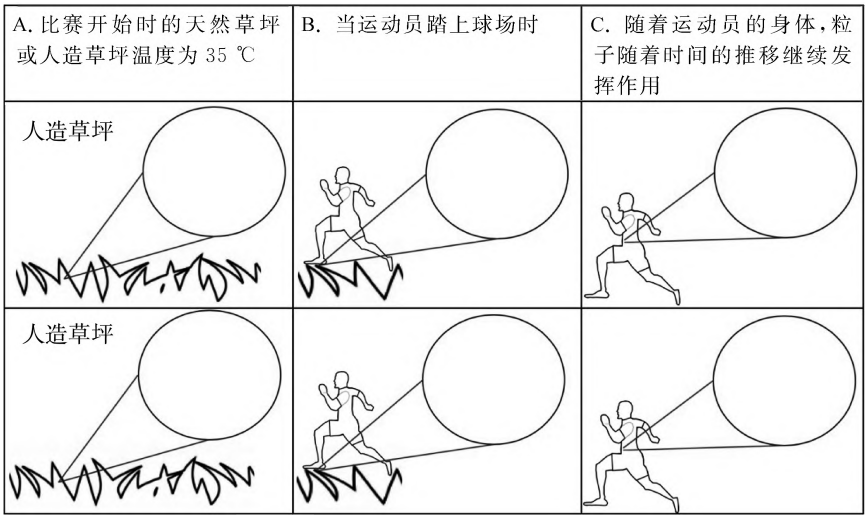

图 3 模型示意图

实践任务：你的学校如果正在决定是否安装人造草坪来取代天然草坪.可以采用以下 2 种有说服力的演示文稿来帮助校方选择哪种表面。

选项 1. 有说服力的广告：你将以 30～60 s 的商业广告的形式创建一个口头辩论，广告应该根据科学声明哪个领域最适合你的学校，声明必须基于数据，并得到文本/文章、图表、计算、模型和先验知识的证据的支持.你还必须确定一种表面超过另一种表面的优势和原因.由于该广告将向大量观众播放，因此需要通过视频呈现，并以吸引公众注意力的方式呈现.这项任务将在三四个人的小组中完成.

选项 2. 说服信：你将以说服信的形式向您所在地区的负责人、校长和足球主教练创建书面论点.你的信应该提出一个基于科学的声明，即哪个表面最适合你的学校.你的声明必须基于数据，并得到文本/文章、图表、计算、模型等证据的支持.你还必须确定一种表面超过另一种表面的优势和

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

原因. 你必须使用专业的写作风格,因为这封信是写给学校管理人员的. 这项任务将在三四个人的小组中完成.

(3) 设计意图与预期表现评价(如表 1).

表 1 设计意图与预期表现评价

教学环节	设计意图	预期表现	评分指导
任务 1	系统中能量与物质的变化可以用能量和物质流入、流出该系统来描述	比热 导体/绝缘体 获得/失去热量 热能/动能 传热更快/更慢 温度	3 分:使用 5～6 个预期表现中的概念回答问题. 2 分:使用 3～4 个预期表现中的概念回答问题. 1 分:使用 1～2 个预期表现中的概念回答问题
任务 2	通过数学计算对系统中能量和物质流入、流出进行定量描述	1. 通过计算确定两个表面的比热容. 2. 通过比较计算结果,说明人造草坪比热容低于天然草坪. 3. 陈述具有较低的比热容的物质将比具有较高比热容的物质更快地吸收/放出热量	3 分:满足上述 3 个预期表现. 2 分:满足上述 2 个预期表现. 1 分:满足上述 1 个预期表现
任务 3	开发或使用模型来描述系统中能量和物质的流入和流出	1. 图 3 中的“A”框中,学生应将图 2 粒子示意图中 ♯1 与顶部图形匹配,♯5 与底部图形匹配. 在方框“B”中,学生应将 ♯6 与顶部图形匹配,♯2 与底部图形匹配,在框“C”中,学生应将 ♯3 与顶部图形匹配,♯4 与底部图形匹配. 2. 人造草坪的热容量较低(增加 1 g 物质 1 ℃所需的能量更少),因此在能量和质量相同的情况下,人造草坪的温度升高速率将比天然草坪快(更高的热容). 3. 热量通过传导和辐射传递给运动员. 4. 汗水蒸发是一个散热过程,因为热量会离开系统,因为汗水蒸发后,它会吸收运动员的热量并将其传递到周围环境(空气)	3 分:满足上述 3～4 个预期表现. 2 分:满足上述 1～2 个预期表现. 1 分:满足上述 1 个预期表现
实践任务	根据数据和证据构建、使用和/或提出口头和书面论点或反论点	预期表现: 1. 声明选择人造草坪和天然草坪作为比赛场地. 2. 将比赛场地表面的温度与比热联系起来. 3. 使用该图表比较人造草坪和天然草坪的温度. 4. 正确识别人造草坪和天然草坪的比热,并根据比热解释/比较人造草坪和天然草坪的温度变化. 5. 解释从比赛场地到球员的热传递,并比较人造草坪和天然草坪的传热情况	3 分:满足上述 4～5 个预期表现. 2 分:满足上述 2～3 个预期表现. 1 分:满足上述 1 个预期表现

5 结束语

本文以跨学科概念“能量和物质”切入点,以“人造草坪 VS 天然草坪”任务为例,运用单元任务驱动的教学方法进行跨学科实践的初步探索,通过真实情境引入层层递进的任务设计,最终让学生解决实际问题. 这一系列的实践,旨在通过跨学科概念的实践去培养学生的跨学科实践能力以及工程实践能力,进而提升学生解决问题的能力. 同时开创性地运用预期表现对学生的跨学科实践能力进行评估,为跨学科实践的量化带来一定启发.

参考文献:

1 秦航. 核心素养视角下化学课程中跨学科概念的课堂教学研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨师范大学,2022.

2 中华人民共和国教育部. 义务教育科学课程标准(2022 年版)[S]. 北京:北京师范大学出版集团,2022.

3 National Research Council. A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas[M]. National Academies Press, 2012.

(下转第 36 页)

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

应用知识的方法，属于强认知方法，体现学科特点，可迁移性弱；思维方法包括逻辑思维方法和非逻辑思维方法，属于弱认知方法，贯穿各门学科，可迁移性强.[9]

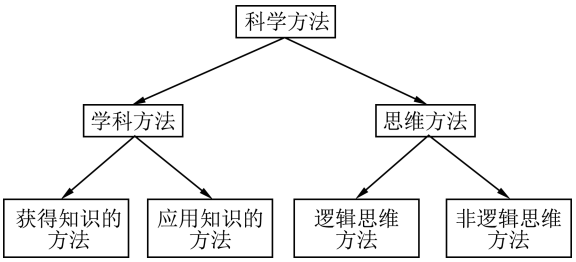

图 10　科学方法分类

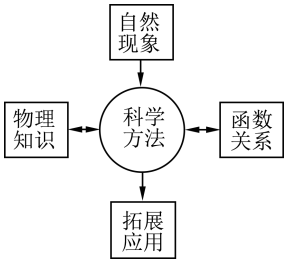

图 11　科学方法中心化

显性化是指明确呈现，即明确指出教学方法，如为了简化计算，图 7 实验过程，采用控制变量法，让小车 A 的质量保持不变和小车 B 碰撞之前保持不动. 中心化是指处于中心位置，如图 11 所示，自然现象通过科学方法得到物理知识，物理知识通过科学方法得到函数关系，函数关系通过科学方法得到拓展应用，科学方法把自然现象、科学知识、函数关系、拓展应用联结起来.[10] 科学方法是科学现象通达科学知识的必经之路，学生只有掌握了科学方法，才能快捷地获取科学知识，如图 7，学生通过实验探究法，寻找到碰撞过程中隐藏着不变量：两个物体碰撞前后，质量与速度的乘积之和不变.

4　结束语

“大单元教学”是新课程方案中明确提出的教学建议，目前已经成为中学一线教师的实践热点. 广州市黄埔区中学物理学科教师，积极主动探究“大单元教学”，在黄埔区中学物理教研员的引领下，已经推动 1 年，先后上了 12 节研讨课，包括 4 节物理概念课、4 节物理规律课、4 节物理专题课，既促进了教师专业成长，也促进了学生素养发展. 本文是对 12 节研讨课的总结与提炼，希望可以为探索“大单元教学”提供有益支持，为基础教育改革发展贡献绵薄力量.

参考文献：

1　阎金铎，郭玉英. 中学物理教学概论[M]. 北京：高等教育出版社，2019.
2　中华人民共和国教育部. 义务教育课程方案(2022 年版)[M]. 北京：北京师范大学出版社，2022.
3　人民教育出版社，课程教材研究所. 物理选择性必修第 1 册[M]. 北京：人民教育出版社，2020.
4　崔允漷. 如何开展指向学科核心素养的大单元设计[J]. 北京教育(普教版)，2019(2)：11－15.
5　顾明远. 再论教师的主导作用和学生的主体作用的辩证关系[J]. 华东师范大学学报(教育科学版)，1991(2)：69－73.
6　刘晟，刘恩山. 学习进阶：关注学生认知发展和生活经验[J]. 教育学报，2012，8(2)：81－87.
7　董友军. 基于“课程思政”理念的高中物理教学设计与反思[J]. 教学月刊(中学版)，2021(12)：17－21.
8　张静. 论青少年对思想道德教育的逆反心理[J]. 广州：青年探索，2006(1)：54－56.
9　邢红军. 物理教学论 1 版[M]. 北京：北京大学出版社，2015.
10　董友军，李碧武. 学习进阶理论指导下的高中物理概念教学[J]. 中学物理教学参考，2023(13)：6－11.
11　邓治国，董友军. 基于科学思维水平进阶的问题情境设计[J]. 物理教师，2023，44(7)：21－24，30.
12　董友军，马北河，翟春城. 赏析“加速度”测法 反思“高效性”教学以“8 省联考”力学实验题为例[J]. 物理教师，2021，42(6)：76－81.
13　董友军，马北河，朱建平. 落实“物理核心素养”的教学策略[J]. 物理教师，2019，40(3)：30－32.

(收稿日期：2023－08－10)

(上接第 30 页)

4　Nordine，Jeffrey，L Okhee. Crosscutting concepts：Strengthening science and engineering learning[M]. National Science Teaching Association，2021.
5　陈巍，肖化. 基于 STEM 教育理念的初中物理教学设计——以“平面镜成像”为例[J]. 物理通报，2022(S1)：76－79，83.
6　张卓财. 任务驱动教学法在初中数学课堂中的应用[J]. 考试周刊，2021(36)：87－88.
7　李治，谢丽. STEM 教育融入我国中学物理教育研究的现状——基于 5 种中学物理教育专业期刊的分析[J]. 物理教师，2023，44(3)：2－5.
8　杨杰，郭晨跃，冯秀梅. 跨学科实践中驱动问题的设计方法与实施策略[J]. 物理教师，2023，44(3)：44－48，52.
9　许瀚匀，吴锡理，姚建欣. 项目式教学视角下的跨学科实践教学设计——以初中物理光学单元为例[J]. 物理教师，2023，44(9)：34－37，48.

(收稿日期：2023－10－25)

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