高阶思维视域下的物理跨学科实践教学

——以“瓶管简易取水补水装置设计”为例

王红燕
(浙江安吉县安城中学,浙江 湖州 313300)

摘 要:高阶思维包括分析、综合、评价和创造.跨学科实践活动是综合学习的一种方式,通过问题情境、思维冲突和设计成果展评过程,促使学生建立知识与知识、生活、自我间的联结,最终达成发展学生高阶思维能力的目的.

关键词:高阶思维;跨学科实践;联结;取水补水装置

高阶思维是指发生在较高认知水平层次上的心智活动或较高层次的认知能力,主要由问题解决、决策、批判性思维、创造性思维这些能力构成.它在教学目标分类中表现为分析、综合、评价和创造.跨学科实践旨在发展学生跨学科运用知识的能力、分析和解决问题的综合能力、动手操作的实践能力,培养学生积极认真的学习态度和乐于实践、敢于创新的精神.学生必须要有高阶思维能力,才能围绕真实情境中的问题、任务或项目,整合不同学科的知识、方法与思维方式,富有创造性地完成任务、重构学习经验.才能分析、运用和创造,对事物展开证据推理和质疑创新.但目前跨学科实践存在着重实践操作、重结果呈现,而轻视学习过程中知识的整合、迁移和运用,学生的活动往往是讨论好方案给定了实验器材后的制作,不利于发展学生的高阶思维.所以,基于高阶思维发展的跨学科实践教学既是学生将多维度知识和经验等进行联结、实现深度学习的需要,也是发展学生高阶思维能力的重要途径.

“简易取水和补水装置的设计”主要运用的是大气压的相关知识,与我们的生活紧密相关,也包含了“能量与物质”“系统与模型”“结构与功能”“稳定与变化”等跨学科概念.不仅能让学生将学到的知识用于解释和解决生活中的实际问题,而且在知识应用和迁移中发展分析、评价和创造等高阶思维能力.

1 创设问题情境,培养学生分析和综合思维

教师要充分结合学生的生活经验,有目的地创设生动具体的情境,引导学生从经验中概括、提炼事物的共同属性,抽象事物的本质特征,实现从经验常识向物理概念转变.跨学科实践主要体现物理知识与生活、工程实践与社会发展等方面的联系,要求学生能够识别自然界或者社会生活中的真实情境,能对相关信息进行初步筛选,并将有效信息与学科知识建立联系.学生在进行跨学科实践时,主动分析和理解知识,综合多方面的因素,明确知识间的关联,进而主动建构知识.

设计 1.从桶中自动取水方案设计.

【问题情境】在“简易取水和补水装置”的设计中,可以通过取水情境的创设,让学生利用所学的知识提取有效信息解决实际问题,并将知识进行梳理归纳,进行思维建模.在课堂引入过程中,利用生活中的饮用水的桶质量很大不易搬动,但口很小,通常需要自动出水机来取水.如果没有取水机,但又要从桶中取出水来,利用一个瓶子一根管子(如图 1),让学生思考取水方案,并进行理论论证.



图 1 一瓶一管从桶中取水装置

【设计引导】学生的第一反应就是挤压瓶子,然后将管子插入桶中再松手,水就会进入瓶内.这是学生的生活常识,但学生很少会将这一举动和科学知识原理结合起来并加以解释,或者仅仅简单地解释为大气压压上来的.此时引导学生对问

基金项目:本文系浙江省 2023 年教研课题“素养导向下科学探究实践活动的综合实施研究”(课题批准号:省 GZ023133)的阶段性成果.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

题进行分析：

问题 1：为什么此时大气压可以把水压上来？

问题 2：你是通过什么方法改变内部气压的？

进一步让学生将知识与经验建立联结. 引导学生进一步分析：挤压瓶子后将管子一端放入桶内的水中，矿泉水瓶内形成一个封闭系统. 当手松开瓶子后，体积变大，瓶内气压变小，外界大气压大于瓶内气压，水就进入瓶内. 在此分析基础上逐步建构初步的思维模型如图 2.

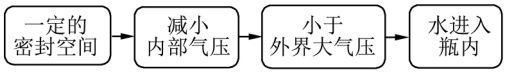


图 2 取水入瓶的初步思维模型

问题 3：还有什么方法可以让水进入瓶内？

学生想到给瓶子降温或将瓶子加热后立刻盖上塞子，然后将导管插入桶内的水中. 学生动手实验后教师再次追问.

问题 4：你们刚才所用的两种方法利用了什么原理来减小瓶内气压？

【思维发展】引导学生将运用的方法与科学原理建立联系，瓶子降温可以使气体分子无规则运动减弱，气体对瓶壁的压力减弱，气压减小；给瓶子加热后，瓶内气体跑出后立刻盖上塞子是减小了瓶内气体的质量，从而使瓶内气压减小. 学生利用已有的思维模型进行思考，再一次将知识与生活经验进行联系，并将思维模型迁移运用. 最后建构出利用内外压强差实现效果的比较完善的思维模型，如图 3. 在此过程中，不仅有效地实现了知识与生活经验，知识与知识之间的联结，培养了学生模型建构的思维能力，学生的分析推理以及解决问题能力也得到提升.

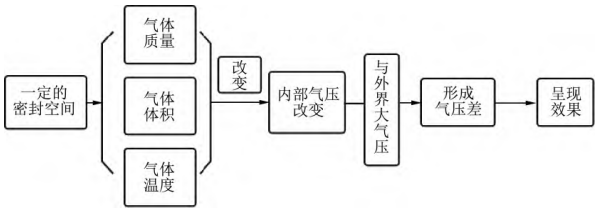


图 3 利用气压差实现效果的完整思维模型

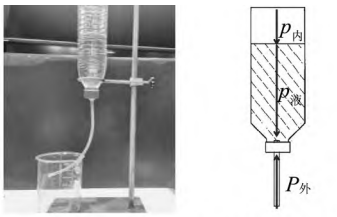
以上教学过程中，教师有意识地创设问题情境，引导学生发现问题、提出问题，学生的分析思考是其高阶思维能力训练的过程. 紧紧围绕着学生已有的知识、经验，将其与生活情境进行有效联结，修复了知识与生活之间的割裂，形成了系统与模型等跨学科概念，发展了学生的高阶思维.

2 关注认知冲突，培养学生质疑与论证思维

以新奇的现象激发学生的兴趣，通过认知冲突引发学生深入思考，进而引导学生从生活走向物理、从自然走向物理. 质疑和论证能力是指学生利用所学知识分析或推断问题以及批判或质疑证据和结论的可靠性，要求学生具有一定的批判性思维. 随着问题的逐步深入，形成对学生的持续追问，学生在逐步解决各个问题时，其思维活动会逐渐深化.

设计 2. 使瓶中持续出水的方案设计.

【问题情境】在自动取水补水装置教学中，进一步创设问题情境：如果将已经装有水的矿泉水瓶倒置（如图 4 甲），瓶子里的水会流出来吗？学生运用已有的知识进行推理，很多学生认为水不会流下来，因为大气压很大，可以托起十多米的水柱. 这是学生基于已有知识经验的推理. 此时教师演示，将矿泉水瓶倒置，发现水会流出一些，但很快就会停止. 这一现象与学生原有的认知不同，不仅成为学生所呈现的观点是否正确的一个直接证据，还极大地激发了学生的兴趣.



甲：倒置的矿泉水瓶　　乙：倒置瓶子模型

图 4

【设计引导】借此契机引导学生质疑和分析，从理论上进一步论证实验结果. 学生通过自我反思，对照瓶子模型（如图 4 乙）进行分析：当 $p_{内}+p_{液}>p_{外}$ 时，滴水；当 $p_{内}+p_{液}=p_{外}$ 时，停止滴水. 在此基础上，教师提出问题：如何让水继续流出来？

【思维发展】学生会结合已经建构的图 3 和图 4 乙模型思考分析，将知识与知识之间联结起来. 要让水流出，必须要让 $p_{内}+p_{液}>p_{外}$，所以可以增大内部气压. 而增大内部气压的方法有增大气体质量、减小气体体积和升高气体温度 3 种方法. 所以可以采用瓶子空气部分捂热、挤压和钻孔补气的方式. 接着让学生分别尝试、观察，寻找事实证据.

当学生用热毛巾覆盖在瓶子上面之后，发现瓶子并不是一直往外滴水的. 学生已有的认知又一次被打破，再一次质疑，分析结果跟理论存在偏

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

差的原因. 教师在学生观察思考的基础上引导学生发现问题原因，毛巾的温度不是一直升高，最后会回到常温，瓶内水量减少，气体体积增大，瓶内总压强减小，平衡再次被打破，所以会进入气体. 从而得出规律：当 $p_{内}+p_{液}<p_{外}$ 时，会进气. 综合以上分析，将规律进行梳理归纳，让学生联系生活实际思考这样的装置在生活中的用途，并能解释生活中的自动浇花装置的原理（如图 5）. 在以上分析论证和实践过程中，学生尝试运用理论知识解释现象，解决实际问题.

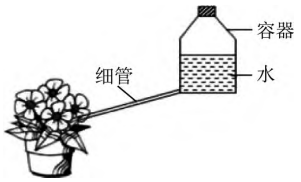


图 5　自动浇花机模型

能在跨学科实践中尝试找出影响活动成效的主要因素，能运用简单模型解决问题；能利用归纳或演绎的方法对跨学科问题进行推理，获得结论.[2] 当学生将已有的知识经验应用于解决实际问题的过程中，将知识有效输出，把间接的知识经验内化为自身的知识积累. 培养了学生的推理论证和批判性思维能力，学生的分析、创造和综合能力得到了发展. 并在此过程中渗透了稳定与变化，结构与功能等跨学科概念.

3　展评设计成果，培养学生评价和创新思维

教师要努力通过活动帮助学生学习和运用知识，提升学生的操作技能与探究能力. 评价和创新思维要求学生运用思维逻辑和整合能力将学习成果进行创造性地输出和展示，并根据结论或者模型来解释和审视事物的原因或机制.

设计 3. 家用补水装置的设计.

【问题情境】在学生已经能对图 5 自动浇花机模型进行解释之后，教师再一次展示新任务：家里有一些喜水植物，若我们外出一段时间，可以如何解决补水问题？

【设计引导】要及时补充水分，必须要了解植物的一些生活习性，此时学生还需要运用生物学科的知识，如这些植物的需水特性、放置区域、温度条件等因素. 了解到该植物（如图 6）需要水位保持一定高度的特点后，还要考虑取材方便、环保等因素.


图 6　生活中的水养植物

【思维发展】学生要将已经建构的知识和经验加以迁移并运用，是具有挑战性的. 学生利用管子和瓶子开始设计水位降低时能自动补水的装置. 这一设计在生活中很实用，部分学生设计如图 7. 这一设计要求学生具有发散性思维和创造性思维，能对自己和他人的设计进行审辨和评价.

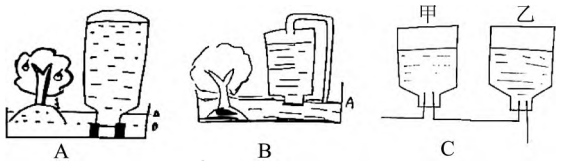


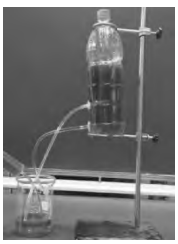
图 7　学生设计的部分自动补水装置图

在设计之前，教师布置任务：请设计一张评价量表，对学生展示的自动补水装置方案进行评价. 学生通过讨论，审视设计产品的关键要素，逐步建构了如表 1 所示的评价量表. 之后，将学生设计的作品进行展示（如图 7、图 8），让学生协作交流和评价. 如图 7 中的 A 方案，学生根据评价量表，认为该设计虽然在水位下降时可以补水，但水位高度只能满足瓶口所在位置对应高度，且在瓶内水用完后，必须取出瓶子倒置加水，操作上不是很方便，稳定性也受瓶口处支架的影响等等，在总分 35 分中给出了 27 分. 设计者根据同学们的评价建议，对装置进行了进一步优化设计.

表 1　自动补水装置评价量表

评价要素	评价标准	得分				改进
		优	良	合格	不合格	
准确性	有合理的控制水位	5	4	3	0	
	能自动补水	5	4	3	0	
合理性	方便加水	5	4	3	0	
	容量合理	5	4	3	0	
稳定性	装置放置稳定	5	4	3	0	
	在进水出水过程中不晃动	5	4	3	0	
其他	取材方便、制作简单、环保、美观	5	4	3	0	

学生经历对自己设计图的解说、对他人设计的评价，并在此基础上修正完善设计. 这一过程都需要学生将已有学习成果进行整合、创新，并逻辑清晰地分析和表达. 同样，结果不能仅仅停留在设计层面，要将知识与实践相联结，要求学生将设计方案进行落地，在实践操作过程中


图 8　学生设计制作的自动补水装置

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

促进认知发展的阿基米德原理探究教学

郭浩佳
(衢州风华学校,浙江 衢州 324000)

摘 要:科学探究教学应以促进学生的科学认知为核心,而实际教学中存在机械探究的现状.本文以“阿基米德原理”的探究教学为例,融合“等效替换法”和“认知发展模式”形成探究路径,通过构建整体框架、激活细化环节和撬动思维发展,呈现整体架构到焦点突破的教学设计,以期在探究教学中促进学生认知发展.

关键词:认知发展;阿基米德原理;探究教学

国际科学教育的研究与实践表明,探究教学已不再简单地强调学生的探究体验,而是更加注重学生的认知建构,关注学生心智模型的发展,促进学生对科学本质的理解.义务教育科学新课标将“激发学习动机,加强探究实践”作为课程理念之一,倡导创设良好的学习情境,设计适宜的探究问题,引发学生认知冲突,激发积极思维.由此,科学探究教学应以促进学生的科学认知为核心,以发展学生的核心素养为目标.

1 “阿基米德原理”的探究教学现状

1.1 机械探究导致学生认知误区

“阿基米德原理”的探究教学通常存在以下问题:(1) 问题提出缺乏情境,显得突兀,难以激发学生的参与热情;(2) 猜想并不是学生的真实想法,容易受到结论的指向性引导,无法暴露学生的前概念;(3) 方案设计流于表面,未能充分挖掘,难以发展学生的批判性思维;(4) 没有直面实验操作的困难,甚至为了迎合结论而人为操纵数据.这些问题会导致学生的认知误区,不仅无法实现原理建构和迁移应用,甚至还会歪曲科学本质观念.

1.2 机械探究暴露教师能力短板

上述误区暴露出教师实施探究教学的能力缺陷:(1) 缺乏清晰的探究目标,把握探究重难点的意识和能力欠缺;(2) 缺少探究教学的整体设计,难以将科学方法和思维方法的训练有机融入探究环节中;[1](3) 忽视学生的认知发展状况,无法使学生的学习效果达成理解、应用和洞察等深层目标.

进一步循证,以此发展学生自我反思能力和实践创新能力,实现知识与学生自我之间的联结.图 8 为学生完成的作品之一.

学生解决具体问题需要有一定的知识储备和方法技巧,也需要具有正确的思维,其分析问题、解决问题的过程正是其复杂思维训练的过程.在此过程中,思维的发散性、逻辑性和灵活性都会提高,最终形成创新思维.

结语:在物理跨学科实践教学中,对于分析、评价、创造等高阶思维的培养,每一个环节的设计,并不是单一培养学生某一方面的思维能力,而是紧密关联,始终融合在一起的.如在制作简易补水装置时,首先要对其工作原理进行分析,然后设计方案、动手操作,再对其作品开展评价,不断完善改进,整个过程都融合着分析、综合、评价和创新思维.为此,基于一瓶一管的简易取水补水装置设计的跨学科实践教学,不仅能丰富初中物理课程教学资源,还能加深学生对物理概念的理解,加强课程与学生经验、社会生活的联系,培养学生在真实情境中综合运用知识解决问题的能力,从而发展高阶思维.

参考文献:

1 钟志贤.如何发展学习者的高阶思维能力[J].远程教育杂志,2005 (4):78.
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 李金梅.基于学生高阶思维能力培养的跨学科课程整合设计[J].教育理论与实践,2021 (20) :45-48.
4 钟启泉.基于“跨学科素养”的教学设计——以 STEAM 与“综合学习”为例[J].全球教育展望,2022(1): 3-22.
5 沈伟云.基于高阶思维培养的初中物理拓展教学[J].物理教师,2022(9):53-55.
6 陈刚.基于项目学习的初中物理综合实践活动的案例分析——以“自制简易望远镜”为例[J].物理教师,2022(5):43-47.
7 张惠钰.高中物理项目式学习设计策略探讨[J].物理教师,2017(9):26-28.
8 沈伟云.基于高阶思维培养的初中物理拓展教学[J].物理教师,2022(9):53-55.

(收稿日期:2023-02-19)

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net