

基于双重搜索模型的科学推理 教学模式构建与实践

——以人教版“升华和凝华”为例

童 形 梁文懿 钟 仪 皮飞鹏 周子明

【摘要】为落实物理学科核心素养,加强对初中生科学推理能力的培养,在优化双重搜索模型的基础上,构建由“明确问题空间、搜索假设空间、搜索实验空间、证据评估、总结评价”五个环节组成的教学模式,并以人教版初中物理教材中“升华和凝华”为例展示该模式的教学设计。教学实践结果表明,该教学模式能够促进初中生科学推理能力的发展,特别是在控制变量推理、相关推理和假设演绎推理等维度效果比较显著。

【关键词】科学推理;双重搜索模型;教学模式;升华和凝华

《义务教育物理课程标准(2022年版)》(以下简称“新课标”)对初中生科学思维的培养提出明确的要求^[1]。科学推理是科学思维的重要组成部分,探索培养科学推理能力的有效途径是一项具有理论和实践意义的课题。目前,物理教学中存在学生科学推理能力薄弱和推理教学策略缺失等问题^[2]。因此,本文旨在通过优化双重搜索模型,构建基于双重搜索模型的科学推理教学模式,为学生科学推理能力的培养提供参考。

一、优化双重搜索模型

科学推理的核心包括“假设”“实验”“证据”三个关键要素^[3],科学推理过程是指学生基于假设在实验中有意义地进行证据探索的过程。Klahr和Dunbar则基于对科学活动认知过程的研究提出科学发现的双重搜索模型(Scientific Discovery as Dual Search, SDDS),其基本假设是:科学发现是对两个问题空间的双重搜索^[4]。该模型中的两个问题空间分别是“假设空间”“实验空间”,其中假设空间由学习者根据已有知识及经验,对要验证的知识点提出的各种假设所构成;实验空间由学习者依据已有实验经验及可获得的实验材料,为验证不同假设而设计的所有可能实验所构成。学习者在对双重空间进行反复搜索的过程中会经历搜索假设空间、搜索实验空间和证据评估这三个相关过程,其科学推理能力在这个过程中得到锻炼及发展。因此,将双重搜索模型融入初中物理课堂教学,从理论上有助于学习者亲身参与科学发现的过程,从而有效提升科学推理能力。

然而,若直接将双重搜索模型应用于课堂教学中,可能存在以下问题:(1)双重搜索模型原是描述科研人员从事科研活动的思维过程,若机械地将该模型应用于初中物理教学,可能会出现不符合我国初中生思维特点和学习习惯的情况;(2)双重搜索模型中的“三个过程”并未完整涵盖学生的科学推理全过程,前后分别缺少学习者对两个问题空间的明确以及对整个过程的评价和反思。鉴于此,本文尝试将双重搜索模型进行调整及优化,增加“明确问题空间”“总结评价”的内容,形成基于双重搜索模型的科学推理教学模式。

二、基于双重搜索模型的科学推理教学模式构建

基于双重搜索模型的科学推理教学模式贯穿学生的“课前”“课中”“课后”三个阶段,包括“明确问题空间、搜索假设空间、搜索实验空间、证据评估、总结评价”五个环节,在搜索实验空间环节中包括“设计实验、预测结果、进行实验”三个子环节,具体教学流程如下页图1所示。

明确问题空间,指学生在搜索双重空间之前,通过前置作业或导学案清晰界定学习内容范围,了解问题的初始状态,从而选择恰当的学习方式并有效地借鉴以往学习经验,初步形成假设空间及实验空间。

搜索假设空间,指学生在假设空间形成后,根据先前知识储备以及已有实践经验,对所提出假设的合理程度进行初步评价,挑选出合理程度较高的若干假设作为课堂所要验证的假设。

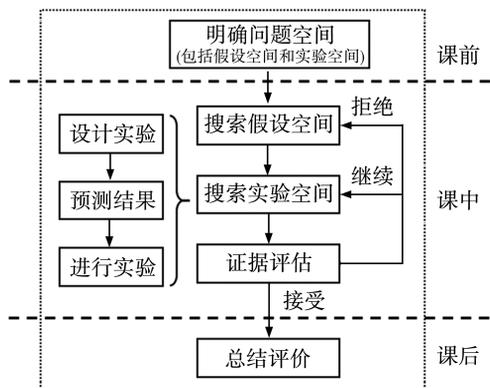


图1 基于双重搜索模型的科学推理教学模式

搜索实验空间,由设计实验、预测结果、进行实验三个子环节所构成,指学生根据假设设计实验,预测实验的可能结果,进而开展实验并记录实验结果作为支持或反对当前假设的证据。因此学生所设计的实验应当具有理论可行性和实践可操作性两大特性。

证据评估,指学生对“假设空间的合理性”“实验空间的可操作性”“实验预测结果的可靠性”进行评估,其结果包括“拒绝”“继续”“接受”。如果拒绝当前假设,则回到搜索假设空间重新生成假设;如果当前实验结果没有确定性的结论,则回到搜索实验空间重新考虑当前假设,设计新的实验方案^[5];如果接受当前假设,则进入下一环节,完成双重空间搜索。

总结评价,指学生在双重空间搜索结束后,通过课后习题等形式自我评估在运用双重搜索模型进行推理时学习目标的达成情况,总结自身知识掌握情况。

三、基于双重搜索模型的科学推理教学案例设计

下面以“升华和凝华”为例,将其与基于双重搜索模型的科学推理教学模式相融合,展示促进学生科学推理能力发展的教学过程。

(一) 课前——明确问题空间

在课前,学生通过完成前置作业或导学案,了解本节课的学习主题——升华与凝华,明确自己即将学习的知识点;随后通过作业所涉及的问题,学生调动已有的学习经验和知识储备,提出对升华与凝华现象的原理假设;根据先前的实验经验,构思用以检验假设的相关实验。同时,前置作业为教师提供探查学生相关前概念(特别是错误前概念)的机会,例如,学生可能会错误地认为如果要想物质从固态转化为气态,必须经过从固态转化为液态,再从液态转化为气态的过程。

设计意图:通过让学生明确自己即将要学习的内容范围以及思考采取什么方式进行学习,使学生从已有学习经验中寻找类似的学习路径,初步构建假设空间和实验空间,为下个步骤进行科学推理和论证奠定基础。同时,教师可以预估学生的学习情

况,有利于设计具有针对性的课堂教学。

(二) 课中——物质升华教学环节设计

在课堂教学环节中包括搜索假设空间、搜索实验空间、证据评估三个环节,搜索实验空间中包括设计实验、预测结果、进行实验三个子环节。在该环节中学生会假设空间和实验空间进行多次搜索,不断修正自己的想法,让学生在推理过程中对升华和凝华现象的理解更深刻、全面和系统。

1. 搜索假设空间

活动1:教师以问题导入课堂,引导学生回顾知识,同时思考物质是否能直接从固态变成气态。冰块吸热后融化成水,再继续吸热就变成水蒸气,物质吸热后能否直接从固态变成气态呢?反过来,气态能否直接变为固态呢?

活动2:教师讲解碘单质的物理性质后提问“碘单质从固态变成气态是吸热还是放热”?此时需要引导学生回顾固体转化为液体以及液体转化为气体的吸放热情况,并形成猜想:因为固体转化为液体需要吸热,液体转化为气体也需要吸热,所以碘单质从固态转化成气态需要吸收热量。

活动3:教师通过提问引导学生思考,碘单质吸收热量后是否能直接从固态转化成气态?——能或不能,暂时不对学生的答案进行评价,而是作为一个待解决的问题留给后续探索,继续组织学生组织学生对碘单质吸热后的实验现象形成假设,总结假设:碘单质吸热后先会变成液态碘,继续吸热再从液态碘变成气态碘;碘单质吸热后会直接变成气态碘。

设计意图:从学生原有的知识经验出发,促使学生巩固熔化、汽化等知识点,更重要的是让学生以此为起点思考固体和气体相互转化的可行性。在新、旧知识经验之间的双向作用的基础上,有效锻炼学生科学推理能力,实现知识与思维的双重提升。

2. 搜索实验空间

(1) 设计实验

活动4:教师提供相应的实验材料——碘单质、碘锤、玻璃烧杯、铁架台、酒精灯、温度计、水等,组织学生根据推理及已有实验经验,充分利用现有材料进行实验设计。教师随后组织学生小组对不同的实验方案展开讨论,整合出最合理的实验方案以验证假设。

设计意图:通过设计实验引领科学推理过程,促使学生对实验方案中的各环节进行严谨的思考,确保实验方案能够有效地验证假设。在讨论过程中,教师应引导学生分析不同方案的优缺点,思考如何改进才能整合出最合理的实验方案。

(2) 预测结果

活动5:教师在正式开始实验之前先组织学生猜想“碘单质升华”实验的预期结果,重点是引导学生

分析什么实验结果能够支持当前假设,什么实验结果会否定当前的假设,初步明确能够验证假设的实验现象。

设计意图:从假设出发进行逻辑推导,明确符合假设的实验现象,有助于学生对所设计的实验形成清晰的理解,在确保实验方案可行性的同时,达到检验双重空间构建合理性的效果,实现逻辑推理能力的有效提升。

(3) 进行实验

活动6:教师组织学生小组进行实验,实验装置如图2所示,引导学生在观察和记录碘单质的物态变化过程中思考以下问题:碘单质在吸热过程中,碘锤内的碘单质是否有变化?有什么样的变化?这样的变化说明了什么?学生小组随后对实验现象及问题进行归纳和讨论(如图2所示)。



图2 碘单质升华实验装置

设计意图:通过问题设置促使学生对实验现象进行深度思考和理解,以实验观察为起点,经过逻辑分析,最终在实验证据的基础上得出“碘单质升华是由固态直接变为气态的过程”,以此引入升华现象。

(4) 证据评估

活动7:教师在实验完成后组织学生“假设空间的合理性、实验空间的可操作性以及实验预测结果的可靠性”进行评估,若累积的证据支持当前假设即可进入下一环节。

①通过提问帮助学生对假设和结果之间的关系进行评估,实验中哪个实验操作证明升华现象需要吸收热量?碘单质加热后变成液态碘还是气态碘?碘单质加热后变成气态碘的过程中是否有液态碘的产生?

②组织学生判断实验设计是否具有可操作性,例如,实验材料与实验的相适性、实验步骤的合理性、实验结果的可观察性等,依据评估结果改进实验方案。

③组织学生审视自身实验过程并思考影响实验结果可靠性的因素,例如,实验操作是否规范、实验现象记录是否准确等。

设计意图:学生在证据评估的过程中判断自己的推理和实验设计是否正确,建立观点、结论和证据

之间的逻辑关系,架起思辨和实证的桥梁。

(三) 课中——物质凝华教学环节设计

学生在碘单质升华实验中完成对双重空间的搜索,初步熟悉该模式的教学流程。在“碘蒸气凝华”实验中将再次对双重空间进行搜索,通过逆向思考锻炼学生科学推理能力。

1. 搜索假设空间

活动1:教师引导学生根据碘单质升华实验继续思考碘蒸气降温后的实验现象,固态碘可以加热升华为气态碘,气态碘在冷却条件下会发生什么变化呢?组织学生小组讨论,总结假设:碘蒸气冷却后会先变成液态碘,再由液态碘变成固态碘;碘蒸气冷却后会直接变成固态碘。

设计意图:凝华是升华的逆过程,让学生根据物质升华现象进行反向推理,得出凝华现象,强化新旧知识间的衔接^[6]。

2. 搜索实验空间

设计实验:教师组织学生小组依据碘单质升华实验中获得的经验设计实验,鼓励小组代表分享自己小组的实验方案。

预测结果:教师组织学生对碘蒸气凝华实验可能产生的结果进行猜想,引导学生分析什么结果能够支持当前假设,什么结果会否定当前的假设,明确能够验证假设的实验现象。

进行实验:学生直接把碘锤从热水中拿出静置,观察并记录碘锤内的物态变化,同时思考并讨论以下问题:碘蒸气在放热过程中,碘锤内的碘蒸气是否有变化?有什么样的变化?这样的变化说明了什么?

设计意图:此时学生已经经历过搜索实验空间的过程,在碘蒸气凝华实验中可以更顺利地完成任务,设计实验、预测结果、进行实验三个子环节,使得推理过程更加流畅、高效,并由学生自己得出“碘蒸气凝华是固态直接变为气态的过程”这一结论,由此引入凝华现象。

3. 证据评估

活动2:教师组织学生自行对碘蒸气凝华实验的“假设空间的合理性、实验空间的可操作性以及实验预测结果的可靠性”进行评估。另外,通过提问引导学生反思,在碘单质升华实验中所出现的不足之处是否得到改进和提升?随后帮助学生整合证据评估结果,判断是否能够结束实验。

设计意图:此时学生可结合碘单质升华实验中的评估过程及结果,自行对碘蒸气凝华实验进行分析,有助于学生更深入地理解实验,同时能引导学生经历归纳、分析等思维过程。

(四) 课后——总结评价

评估与反思环节是任何教学过程中都必不可少

的部分,既能让学生了解学习情况,也有助于教师了解教学现状^[7]。学生对自己在运用双重搜索模型进行科学推理时是否达成学习目标进行评价,总结自身知识掌握情况,并通过完成课后习题等形式反馈学习收获。教师则针对课前、课中、课后三部分的总体情况进行综合评价,将评价结果反馈给学生,并根据实际情况调整教学方案。

四、教学实践过程与效果检验

选取广州市番禺区某初级中学八年级两个总体情况差异不大的平行班分别作为实验班和对照班进行教学实践(准教育实验),实验班采用本文中指向科学推理能力培养的优化双重搜索模型教学模式,对照班采用常规教学模式,教学实践时长约为两个月,教学内容为人教版八年级上册第二章(声现象)、第三章(物态变化)和第四章(光现象),涉及的科学推理类型有:比例推理、相关推理、控制变量推理和假设演绎推理等。

为检验教学效果,对 LCTSR(the Lawson's Classroom Test of Science Reasoning)进行适当改编后作为科学推理能力测试卷,在教学实践结束后对实验班和对照班学生进行科学推理能力测试。发放测试卷90份,有效测试卷86份,有效率95.6%。测试卷的克隆巴赫系数 α 为0.785,测试卷信度较好。各个维度的难度系数在0.3~0.7之间,测试卷难度适中。

对测试成绩进行独立样本T检验的结果(见表1),表明实验班在推理能力各个维度的平均值都高于对照班。其中,控制变量推理能力、相关推理能力和假设演绎推理能力存在显著差异,而守恒推理能力、比例推理能力和概率推理能力等维度的差异未达到显著性水平。

表1 实验班与对照班科学推理能力测试结果

	守恒推理	比例推理	控制变量推理	概率推理	相关推理	假设演绎推理
总分值	4	2	4	2	2	2
实验班均值	2.70	1.21	2.16	1.46	1.02	0.98
对照班均值	2.13	1.02	2.05	1.39	0.50	0.77
Sig.(双尾)	0.420	0.166	0.001	0.070	0.008	0.013

对于上述结果,可以理解为:其一,实验班采用基于双重搜索模型的教学模式,学生在构建和搜索双重空间时多次应用控制变量法进行实验验证,并将实验结果与假设基于生活经验进行关联,很大程度促进初中生控制变量推理、相关推理和假设演绎

推理三个维度能力的发展;其二,笔者选取的教材内容并未全面涉及科学推理六个维度,例如守恒推理、概率推理未涉及,本次教学实践对科学推理能力的培养不够全面。总体而言,实践结果表明基于双重搜索模型的科学推理教学模式在一定程度上能够促进初中生科学推理能力的发展,特别是在控制变量推理、相关推理和假设演绎推理方面取得显著成效。

五、结语

为促进初中生科学推理能力的发展,落实物理学科核心素养的培养,本文构建基于双重搜索模型的科学推理教学模式,并以人教版初中物理教材中“升华和凝华”为例探讨具体的实施路径。应用该模式的教学实践结果也表明,基于双重搜索模型的科学推理教学模式能够促进初中生科学推理能力的发展。需要注意的是,由于科学推理与科学探究活动之间紧密相关,该教学模式的使用更适用于实验性、活动性较强的课堂。因此,为达到预期的教学效果,教师需要将其应用于适当的教學情境,根据实施过程中存在的问题有针对性地进行调整,在继承中前行,使其真正成为学生科学推理能力发展的阶梯。

参考文献:

- [1]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.
- [2]葛元钟,徐天明.思维可视化:真实情境下初中科学推理能力的培养策略[J].中学物理,2022,40(14):13-16.
- [3]张静,丁林,姚建欣.国外科学推理研究综述及其对素养评价的启示[J].上海教育科研,2019(7):20-24,29.
- [4]Klahr D,Dunbar K.Dual Space Search During Scientific Reasoning[J].Cognitive Science,1988(12):1-48.
- [5]严文法,胡卫平.国外青少年科学推理能力研究综述[J].外国中小学教育,2009(5):23-28.
- [6]张蓉.设计“神形兼备”优质课的四点建议——以“升华和凝华”教学为例[J].中学物理,2023,41(8):22-25.
- [7]赵柳,李春密.基于情境认知促进高中生科学推理能力提升的教学模式研究[J].物理教学,2020,42(2):13-14,21.

【作者简介】童彤(2001-),广州大学物理与材料科学学院硕士研究生,研究方向:中学物理学科教学;梁文懿(1998-),广州大学物理与材料科学学院,研究方向:中学物理学科教学;皮飞鹏(通讯作者)(1965-),广州大学物理与材料科学学院副教授,研究方向:物理课程与物理学科教学(广东 广州 510006);周子明,广东番禺中学附属学校(广东 广州 511489)。

【原文出处】《中学物理》(哈尔滨),2024.20. 34~37