

# 项目式学习中驱动性问题的设计与实施策略

## ——以“电离与离子反应”为例

何 鹏<sup>1,2\*</sup>

(1. 东北师范大学化学教育研究所 吉林长春 130024; 2. 密歇根州立大学教育学院 密歇根东兰辛 48864)

**摘要** 项目式学习是落实“素养为本”的化学课堂教学的重要途径之一。驱动性问题设计是确保项目式学习高效运行的关键。驱动性问题能够驱动和组织整个项目式学习,促进学生“提出问题”能力的形成,驱动学生项目参与,引导学生进行真实问题解决。本研究结合“电离与离子反应”专题为例,对驱动性问题的类别与功能、设计原则、具体设计与实施等3个方面进行阐述,并对如何在项目式学习中进行高质量驱动性问题的设计以及如何开展基于驱动性问题的课堂教学等2个方面进行深入探讨,以期对当前基于学科核心素养的化学课堂教学有所启示。

**关键词** 驱动性问题 项目式学习 驱动性问题的类别与功能 设计原则 电离与离子反应

**DOI:** 10.13884/j.1003-3807hxjy.2021030064

近年来,项目式学习(Project-based Learning, 缩写为PBL)成为我国化学教学论研究者和一线教师探索基于化学学科核心素养课堂教学的重要途径之一<sup>[1-3]</sup>。项目式学习是以驱动性问题为核心,对基于真实问题情境所生成的一系列问题进行有效设计与组织,使学生持续、连贯地进行有意义的探究性学习过程的教学方式<sup>[4-5]</sup>。作为项目式学习的主体,学生在驱动性问题的引领下主动参与项目活动,开展合作进行探究,并能够基于证据进行建模、论证和解释等实践活动,从而达成对真实情境中的问题解决<sup>[6]</sup>。

项目式学习的关键在于驱动性问题设计,驱动性问题在项目式教学与学习中具有重要的驱动和组织作用,驱动性问题质量直接决定项目式学习效果。美国著名科学教育学者约瑟夫·科瑞柴克认为,驱动性问题能够开启项目式学习,并能够驱动、承载和贯穿整个项目式学习中各个阶段的实践活动,为学生理解科学提供有意义、有价值的真实问题情境<sup>[5]</sup>。好的驱动性问题不仅可以深入、持续地激发学生思考、探究,也可以帮助教师有效组织教学,及时诊断与评价学生的学习,有效达成教学目标。因此,探讨如何在项目式学习中,进行高质量驱动性问题的设计?如何开展基于驱动性问题的课堂教学?对当前持续、连贯、深度地发展学生化学学科核心素养具有一定的现实意义。本文将结合具体教学案例从项目式学习中驱动性问题的类别与

功能、设计原则、具体设计与实施等3个方面对上述2个问题进行探讨,以期对当前基于学科核心素养的化学课堂教学有所启示。

### 1 项目式学习中驱动性问题的类别与功能

项目式学习中的“两环”——“项目环”和“驱动性问题环”是项目式学习设计的关键,如图1所示。作为项目式学习的“外显环”,“项目环”中的总项目可以拆分为数个子项目,数个子项目整合可以实现总项目学习目标;“驱动性问题环”是项目式学习的“内核环”,由驱动总项目的项目整体驱动性问题和数个驱动子项目的项目环节驱动性问题组成,承载着驱动整个项目式学习运转的功能。驱动性问题一般来源于学生熟悉或日常生活中真实的情境,旨在创设问题解决导向的、深度学习的实践活动,驱动学生在持续不断地探求问题的答案及寻找解决问题的办法的过程中,获得有用的知识(Knowledge-in-use)<sup>[7]</sup>。项目整体驱动性问题可以指导和驱动整个项目的各个环节,将项目的各个部分有效统整为有机的整体。项目环节驱动性问题往往能够反映整体驱动性问题的某些关键方面,能够驱动整体项目中具体环节的深度探究与实践,组织各个环节的有效开展。在项目式学习中,项目环节驱动性问题和子项目之间存在着——对应关系,是驱动孩子项目开展的引擎。而孩子项目中的所有学习活动都是在回答该环节驱动性问题。项目整体驱动性问题是生成项目环节驱动性问题的来

\* 通信联系人, E-mail: hep905@nenu.edu.cn

源,项目环节驱动性问题是回答项目整体驱动性问题的的重要组成部分,多个项目环节性驱动性问题有机整合将解决项目整体驱动性问题,如图1所示。

在进行项目式教学设计的过程中,项目整体驱动性问题的生成是项目的关键,其生成和选择依据将会在第2部分中进行具体讨论。

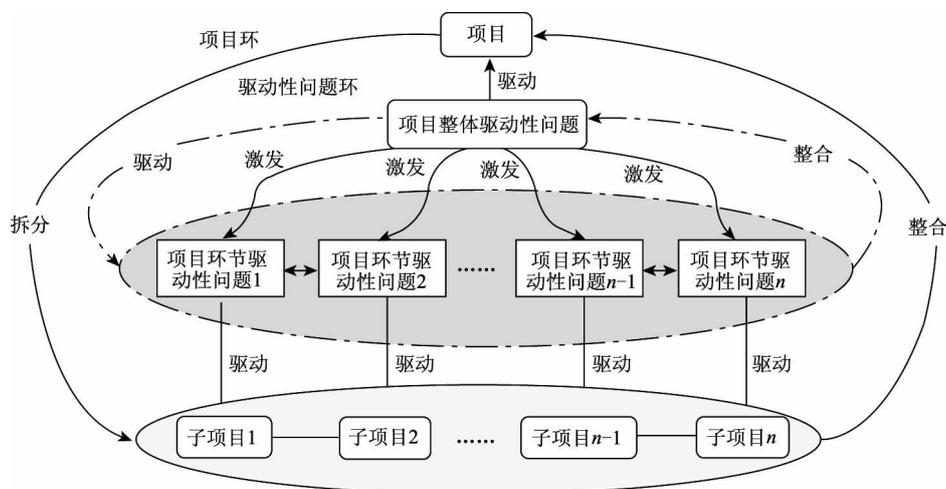


Fig. 1 Project cycle and driving question cycle in PBL

图1 项目式学习中的“项目环”和“驱动性问题环”

驱动性问题从功能上可以分为探究型驱动性问题和解释型驱动性问题。探究型驱动性问题往往是对某科学现象中变量以及变量之间关系进行定性或量化探究。探究型驱动性问题依托具体探究情境,驱动学生通过实验设计与实施以及数据分析与解读等实践活动进行证据收集和分析。常见的提问方式为“是什么”和“怎么样”。比如在“固体氯化钠溶于水后不见了”这一真实情境中,学生很自然会问“溶于水后的氯化钠哪儿去了?”这是一个探究型驱动型问题。回答该问题需对其进行观察、测量等实践活动,在获得证据基础上对所探查的变量以及变量之间关系进行描述、比较和因果分析。

探究型驱动性问题一般分为3类:描述性问题、关联性问题 and 因果关系问题<sup>[5]</sup>。例如,回答“氯化钠固体是否可以无限溶解在水中?”学生可以开展实验探究,向一定量的水中不断加入氯化钠固体,观察和记录氯化钠固体的溶解状况,并对其描述。这种旨在对所观察到的现象进行特征描述的问题,为描述性问题。除此之外,有些问题也要求学生对所观察到不同现象的特征之间进行比较和建立关联,这种问题属于关联性问题。比如“哪些物质像氯化钠固体一样,溶于水能导电?”学生可以选取碳酸钠固体溶于水的导电性实验,对2者现象进行比较分析,从而得到溶于水可以导电的物质所具有的共性特征。还有一类问题属于因果关系问题,是探查自变量对因变量的影响。比如上述问题

中“溶液的导电性受哪些因素影响?”可以进一步具体化到“氯化钠溶液的浓度如何影响其导电性?”在该问题中,自变量是“氯化钠溶液的浓度”,因变量是“导电性的大小”。在控制其他变量前提下,通过实验探究不同浓度下的氯化钠溶液的导电性大小的变化,从而为得出结论提供充分的实证依据。这3类探究型驱动性问题针对探究活动的不同方面,3者取向不同,相互补充,均能有效促进学生的深度探究。在项目式学习设计的过程中,应该注重3类不同问题的合理组合与架构,促进学生的最优化学习。

有别于探究型驱动性问题,解释型驱动性问题是根据科学理论或者原理对在探究过程中所获取证据进行合理推理,从而揭示所探查科学现象背后的运行机制。常见的提问方式是“为什么”,比如“为什么氯化钠固体溶于水会导电?”。为了回答该问题,学生一般在“氯化钠固体会不会导电?”“水本身会不会导电?”等探究型驱动性问题的驱动下进行探究实践活动,从而获得相应的证据,并结合“电离”等科学理论进行合理推理,对氯化钠固体溶于水导电现象所产生的原因进行解释。在项目式学习中,解释型驱动性问题旨在驱动学生基于证据进行推理活动,能够通过解释、论证以及建模等一系列实践活动对所解释科学现象或者科学问题进行理解。

## 2 项目式学习中驱动性问题的设计原则

作为驱动和贯穿整个项目式学习的引擎和脉

络,驱动性问题的质量直接决定着项目式学习的成败。项目式学习中驱动性问题的设计应考虑高质量驱动性问题的一般特征,这也是驱动性问题设计的基本原则。本文融合有关项目式学习的已有研究<sup>[5]</sup>,认为高质量的驱动性问题一般应具备以下6个主要特征。

(1) 激趣与激疑功能。在进行项目式学习设计时,应思考驱动性问题是否能够营造良好的氛围,激发学生好奇心和求知欲,能够激发学生主动生成自己的问题。这种氛围需要真实问题情境,以学生感兴趣、欲探究的科学现象为支撑。(2) 可探究性。应思考是否具备回答驱动性问题的探究所需要的资源和条件,是否能够进行探究方案的设计与实施。(3) 包容性。在设计项目整体驱动性问题时,应思考该问题能否涵盖所有将要学习的学科核心概念,能否进一步进行拆分成具体的项目环节驱动性问题,从而指引学生的深度参与实践。学生开展项目式学习,在一定程度上也在反映着科学家开展科学研究工作,因此,驱动性问题的设计也需要考虑到与真实科学研究的相似程度。(4) 情境真实性。驱动性问题的真实性与否将直接决定着学生是否真正愿意参与到项目式学习活动。因此,驱动性问题应是真实世界所关注的相关问题,能够对真实世界产生影响,与学生的日常生活、现实与文化等息息相关。问题的真实情境性能唤起学生已有的生活经验与认知冲突,从而引发学生进行深度思考与实践;而在对真实情境的问题进行解决的同时,能够对学生的日常生活带来影响和作用,这无疑将转变学生对科学的认识和理解。(5) 探究持续性。项目式学习不是“一锤子买卖”,而是学生对驱动性问题的解决需要经历比较持久、深度地实践参与。因此,驱动性问题不是封闭性的,应该具备一定的复

杂性和综合性,能够进行有意义地延伸和拓展,从而为学生持续且深度参与提供机会。(6) 伦理性。长久以来,科学的伦理问题在科学界是一直所争论的议题。与科学研究工作相一致的项目式学习,也存在着伦理问题,尤其是解决驱动性问题所进行的实践活动中应避免有危及生命体或者环境的可能性。这一点也符合“2017年版课程标准”中“素养5 科学态度与社会责任”中的具体要求<sup>[8]</sup>。

### 3 项目式学习中驱动性问题的具体设计

以高中必修阶段“主题2:常见的无机物及其应用”中“2.3 电离与离子反应”为例,对项目式学习中驱动性问题的设计进行具体阐述。课程标准对该主题的内容要求是:认识酸、碱、盐等电解质在水溶液中或熔融状态下能发生电离。通过实验事实认识离子反应及其发生的条件,了解常见离子的检验方法<sup>[8]</sup>。在进行项目式学习设计时,首先应研读课标,对项目式学习单元所要达成的学习目标进行解构。基于此,思考可以促进学生深度学习的基本真实问题情境,从而为驱动性问题的生成提供情境支撑。真实问题情境的选择所遵循的基本原则与驱动性问题设计的基本原则相类似,同时还应思考情境对“电离与离子反应”相关核心内容目标要求的包容性,也就是情境应该能够承载课程标准中对该主题内容的基本要求。基于此,本文选择“氯化钠固体溶于水形成的溶液能导电”作为项目基本真实问题情境。基于该情境,根据驱动性问题的基本特征,确定项目整体驱动性问题——“如何调节导电装置中小灯泡亮度?”。之后,根据“电离与离子反应”的相关内容的具体拆分,以项目整体驱动性问题为核心,生成项目环节驱动性问题,并根据项目环节驱动性问题和项目基本问题情境思考并生成子项目情境。具体设计模型如图2所示。

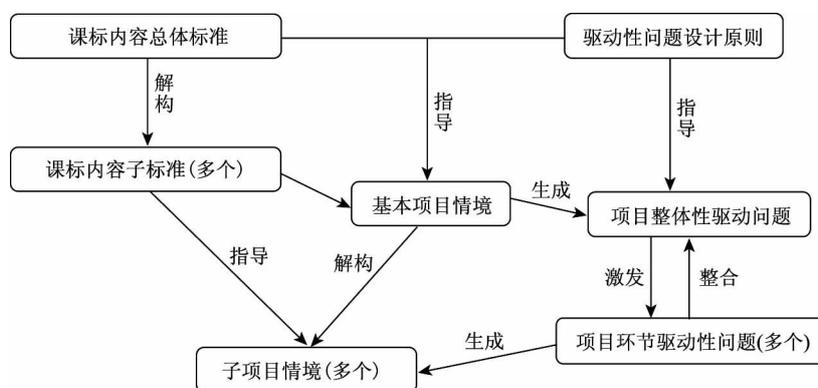


Fig 2 Design model of driving questions in PBL

图2 项目式学习中驱动性问题的设计模型

图3所呈现的是“电离与离子反应”项目式学习中的驱动性问题整体设计。该项目式学习单元围绕项目整体驱动性问题“如何调节溶液导电装置中小灯泡亮度?”展开,对其进行分解得到4个具体项目环节驱动性问题,依次对“物质在溶液中或在熔融状态下的电离”“酸、碱、盐等电解质”“溶液导电性大小”以及“离子反应”等学科概念进行实践和探索,从而逐渐发展学生问题解决的关键能力以及化学学科所特有的思维方式和品质。此外,在进行具体项目环节驱动性问题设计时需要考虑课程标准中的内容要求的目标层次。比如,课程标准中有关“了解常见离子的检验方法”这一内容要求并没有

在环节驱动性问题上进行显性化呈现,而是纳入了环节驱动性问题4中的子问题“2种溶液混合后,溶液中的物质如何变化?”。因为课程标准对其的要求是“了解常见离子的检验方法”,而不是更高层次的“认识”或者“理解”等目标。回答该问题,需要学生了解对溶液中常见离子进行检验的方法,从而确定混合后的微粒种类。各个项目环节驱动性问题下的子问题是在学生探究过程中可以用于支撑学生进行深度探究的问题,也可以是学生可能针对具体现象所提出的问题。这些问题多为解释型驱动性问题或探究型驱动性问题。

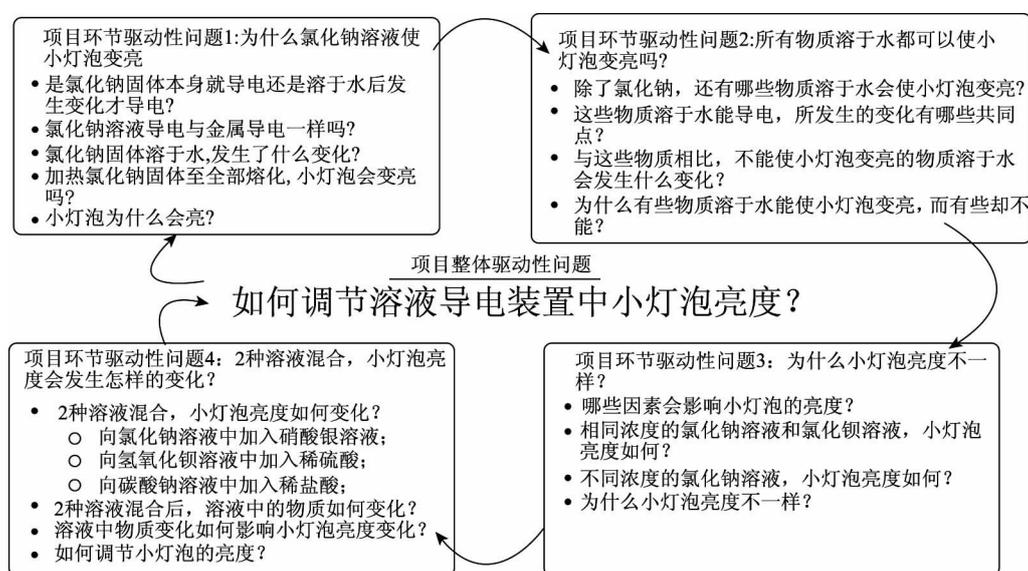


Fig. 3 Holistic design of driving questions in the ionization and ionic reaction unit

图3 “电离与离子反应”单元项目式学习中的驱动性问题整体设计

#### 4 项目式学习中驱动性问题的实施策略

课堂教学中的驱动性问题具有单元项目式学习的开启功能,主要任务是开启整个项目,以及对其进行拆解。驱动性问题的课堂教学往往需要经历以下4个主要环节,分别是项目整体驱动性问题的情境引入,学生就情境现象提出自己的问题,并对问题进行分类与组织,以及驱动性问题的整体设计与再组织。通常情况下,学生所提出的问题并不能包含教师所预设的环节驱动性问题,也可能超出本专题所要求的内容。比如在环节2中学生能够提出诸如为什么氯化钠溶液可以使小灯泡变亮?所有物质溶于水都可以使小灯泡变亮?向氯化钠溶液中加入水,小灯泡亮度会如何?但学生很难提出“如果向氯化钠溶液中加入其他溶液,小灯泡亮度又会如何?”等问题。图4中所呈现的是教师的项目式学习驱动性问题的整体设计,是教师的预设,确保覆

盖该专题的核心内容。当出现上述情况时,教师应该做到接受学生的所有问题。在具体环节教学中对整个项目的情境进行关联,引导学生思考和进一步探究溶液两两混合后对小灯泡亮度的影响。当项目结束时,教师需要给学生提供机会,回顾哪些问题已经解决,哪些仍有待解决。那些超出本专题的学生问题,又会是下一个项目的起点,从而确保学生持久性探究和深度学习。值得关注的是,在具体教学过程中,教师和学生往往借助教学白板(或黑板)制作“驱动性问题板”来呈现和组织驱动性问题<sup>[5]</sup>。驱动性问题板可以作为师生共同完成的作品,同时贯穿着整个单元课堂教学,指引着学生整个项目式学习历程。下面仍以“电离和离子反应”的项目式教学为例,探讨驱动性问题在各个环节的具体实施过程及其策略,如表1所示。

表1 驱动性问题的课堂实施与策略  
Table 1 Classroom practices and strategies for driving questions

环节	课堂实施	设计意图与策略
环节1: 项目整体驱动性问题的情境引入	<p>[问题情境引入] 教师向全班展示一个简易的小灯泡发光装置, 发现小灯泡发出微弱的光。介绍该发光装置中溶液是由氯化钠固体溶于水形成的氯化钠溶液。</p> <p>[单元驱动性问题] 展示完毕, 教师向学生介绍单元驱动性问题: 如何调节溶液导电装置中小灯泡的亮度?</p> <p>[驱动性问题板布置] 教师在教学白板(或黑板)的中间书写该单元驱动性问题</p>	<p>该环节旨在为学生的项目式学习开启提供一个真实问题情境。学生通过认真观察现象, 对单元驱动性问题进行理解的同时, 也能够激发其提出与其相关的一系列问题。在实施过程中, 教师应注意引导学生结合所观察到的现象来思考单元驱动性问题</p>
环节2: 问题的提出与讨论	<p>[引导学生提问] 教师指引学生根据上述现象, 认真思考并尽可能多地提出与单元驱动性问题相关的问题。</p> <p>[学生问题的生成] 学生同桌两人一组进行讨论, 结合已有认知经验, 尽可能多地提出自己的问题, 并把问题写在便签纸上。</p> <p>学生问题示例:</p> <p>(1) 为什么氯化钠溶液可以使小灯泡变亮?</p> <p>(2) 所有物质溶于水都可以使小灯泡变亮?</p> <p>(3) 向氯化钠溶液中加入水, 小灯泡亮度会如何</p>	<p>该环节旨在为学生“提出问题”能力的培养提供实践平台, 能够对已有现象和问题进行批判性思考, 独立、自主地提出自己所关心的问题。</p> <p>在实施过程中, 教师应多鼓励学生, 对学生所提出的问题全盘接受, 不作负面评价。对有困难的学生, 予以适当提醒和引导</p>
环节3: 问题的分类与组织	<p>[引导学生对问题分类] 教师指引学生以小组为单位进行讨论, 对相似问题进行归类, 并给出归纳的原因。</p> <p>[学生问题的分类讨论] 学生以4~5人为小组, 对所提出的问题进行了类别划分, 以及尝试给出类别划分的理由。</p> <p>学生问题类别:</p> <p>(1) 有关“电解质种类”的问题</p> <p>(2) 有关“电解质溶液浓度”的问题</p> <p>(3) 有关“电解质发生化学反应”的问题</p> <p>(4) 有关“导电原理”的问题</p> <p>[引导学生汇报和交流] 教师指引小组派代表介绍该组的问题, 其他小组进行问题补充和类别修正。并把问题便签贴在教学白板上, 并用马克笔写下问题的类别。</p> <p>[学生汇报和交流] 学生在教师的组织下, 以小组为单位进行汇报, 其他小组对上一小组的问题及其类别进行补充和修正。</p> <p>[学生共同建构驱动性问题板] 通过讨论, 对驱动性问题板不断地进行补充和完善, 最终确定共同的驱动性问题板框架</p>	<p>该环节旨在为学生提供一个合作学习的平台。在主动思考、讨论交流的过程中, 主动建构和呈现对该单元的主要学习目标的认识。</p> <p>在实施过程中, 教师应作为倾听者和组织者, 确保该环节有条不紊地进行。学生分类意见有分歧时, 应组织学生进行讨论, 由学生自己达成一致意见, 即便最终结果仍不完善, 也尊重和接纳学生的成果</p>
环节4: 驱动性问题的整体设计与再组织	<p>[驱动性问题的整体设计介绍] 教师在学生共同建构驱动性问题板后, 展示该单元所有驱动性问题在各个课时的分布和顺序组织。</p> <p>[学生共建驱动性问题板和整体设计的比较] 学生在教师的指引下, 对自己生成的问题与整体设计中的问题进行比较, 建立起关联, 从而对即将要进行的单元项目式学习过程有整体认识。</p> <p>[整体设计的再组织] 教师吸纳学生所提出的问题及其类别, 对已有的整体设计进行调整和再组织, 与学生所构建的驱动性问题板保持一致, 并对未纳入的学生问题进行说明</p>	<p>该环节旨在支撑学生对所要开展项目式学习过程进行组织和整体认识, 也能够唤醒学生的主人翁意识, 主动参与实践去解决自己所提出的问题。</p> <p>在实施过程中, 教师不是强制学生接受已有的整体设计, 而是对学生所共同建构驱动性问题板进行整合, 有必要也可以对已有设计进行修正和调整</p>

## 5 结论与启示

### 5.1 应注重基于标准的驱动性问题设计及其教学实施

驱动性问题设计与实施的根本目的是服务于项目式学习, 是为了促进学生的化学学科核心素养的发展。因此, 项目式学习中的整体以及各个环节的

驱动性问题均应该能够反映课程标准中的内容标准、学业要求以及现阶段的学科核心素养水平。在驱动性问题的设计与教学实施过程中, 需要教师做好充分预案, 对所纳入到项目式学习环节中的驱动性问题进行甄选和组织。唯有如此, 才能确保整个项目式学习是基于课程标准的设计与实施。

## 5.2 应注重驱动性问题在整个项目式学习中的驱动性和一致性

项目式学习要求学生能够主动参与到课堂实践活动中,并持续进行主动建构对科学的认识。因此,如何确保学生愿意长时间参与课堂活动是项目式学习能够有效开展的前提。需要所选择的整体驱动性问题能够具有驱动性,能够统摄整个单元教学过程。各个环节的驱动性问题应该来自于整体驱动性问题,是其延伸,确保整体和各环节项目式学习之间的一致性和连贯性,为学生能够持久且深度地参与提供了保障。

## 5.3 应注重驱动性问题对学科核心概念进行关联和整合

在项目式学习中,随着学习进程的不断推进,所需要的学科概念及其关联也将不断加深,也将增加学生持续、深度参与课堂的困难程度。因此,驱动性问题将承载着对学科核心概念之间、学科核心概念与具体概念以及具体概念之间的关联和整合。通过各个环节的驱动性问题对学科概念进行关联和整合,从而驱动着学生在实践过程中不断地建立起属于自己的知识体系,并能够在实践中运用和完善该知识体系。

## 5.4 应注重驱动性问题对学生“提问能力”的培养

驱动性问题不仅能够驱动探究活动的展开,也

可以为学生“提出问题”实践活动的实施进行有效支撑,促进学生“提出问题”能力的发展。驱动性问题的课堂教学的开放性给予了学生主动权和自由度,充分发挥学生的主观能动性。因此,教师应鼓励学生大胆地表达想法,并敢于提出自己感兴趣的问题。教师应充分尊重学生的问题,关注学生的思维过程,并在此基础上引导学生深入思考。

### 参 考 文 献

- [1] 王磊. 教育, 2019 (48): 4-6
- [2] 李晓倩, 刘翠, 王磊, 等. 化学教育(中英文), 2020, 41 (17): 43-48
- [3] 宋立栋, 刘翠, 王磊, 等. 化学教育(中英文), 2019, 40 (19): 37-40
- [4] Blumenfeld P C, Soloway E, Marx R W, et al. Educational Psychologist, 1991, 26 (3/4): 369-398
- [5] Krajcik J C, Charlene M C. Teaching science in elementary and middle school: A project-based approach. New York and London: Routledge, 2018: 6, 64-65
- [6] Schneider B, Krajcik J, Lavonen J, et al. Learning Science—the Value of Crafting Engagement in Science Environments. New Haven and London: Yale University Press, 2020: 8
- [7] National Research Council. Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century. Washington, D. C.: The National Academies Press, 2012: 119
- [8] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017年版). 北京: 人民教育出版社, 2018: 4

## Design and Practical Strategies of Driving Questions in Project-Based Learning of “Ionization and Ionic Reaction”

HE Peng<sup>1,2\*</sup>

- (1. Institute of Chemical Education, Northeast Normal University, Changchun 130024, China;
2. College of Education, Michigan State University, East Lansing 48864, America)

**Abstract** Project-based learning is one of the effective approaches for competence-based chemistry classroom teaching. The design of driving questions is a fundamental vehicle for supporting the effective implementation of PBL instruction. Driving questions could drive and organize an entire project that could foster students' development of asking questions, drive students engaging in project, and guide students solving real-world problems. Using “ionization and ionic reaction” as a case, this study illustrates the categories and function, design principle and design process and practice of driving question. This study brings new insights for chemistry teachers and researchers on how to design high-quality driving questions in PBL instruction and on how to implement driving questions in classroom teaching.

**Keywords** driving question; project-based learning; categories and functions of driving questions; design principle; ionization and ionic reaction