

基于学科理解的高中化学教材研究^{*}

——以电解质溶液主题为例

赖 婷, 邢颖誉, 刘晓玲^{**}

(江西师范大学化学化工学院, 江西南昌 330022)

摘要:教师学科理解水平的高低是学科核心素养能否切实深入课堂的关键影响因素。在素养导向教学时代背景下,开展基于深化学科理解的教材研究,对于教师深度把握教材内容、进一步理解化学学科本质、开展素养为本的教学具有重要意义。以电解质溶液主题为例,立足教师视角探索基于学科理解的教材研究路径,挖掘内隐的认识视角与思路,构建电解质溶液认知模型与学科能力进阶模型,从而有效实现素养落地。

关键词:化学学科理解;电解质溶液;科学思维;教材对比;学科能力进阶

文章编号: 1005-6629(2024)03-0008-08 **中图分类号:** G633.8 **文献标识码:** B

2017 年国家教育部颁布的《普通高中化学课程标准(2017 年版 2020 年修订)》(下称“新课标”)强调发展和培养学生的核心素养,同时强调教师要有更高的专业素养,要注重依托各种途径提升其化学学科理解能力^[1]。教师学科理解水平是实现素养落地的基础,其往往制约着化学教学活动的设计与实施。化学科学经验的传递理论认为,作为化学科学经验传递者的化学教师需要站在课程标准、学科体系的高度上进行学科理解,最终实现化学科学经验由课程化、教师化到学生化的转变^[2]。而当前多数教师化学学科理解停留于概念知识的认识层面,故有必要植根学科理解的起点,深挖基于学科理解的教材研究路径。电解质溶液主题横跨必修和选择性必修(下称“选必”)教材,其抽象程度和逻辑形式水平比较高,化学学科特质明显,是发展核心素养的重要载体。本文基于学科理解展开对电解质溶液主题的教材研究,以期深化教师学科理解水平,并为教师深度把握教材提供可行路径。

1 化学学科理解的内涵

化学学科理解的直接目的是要求化学教师提升自身的学科理解水平,从而提高化学学科教学水平。作

为一种输入性的学习活动,其主体是化学教师,是教师对化学学科知识及思维方式、方法的一种本原性和结构性的认识^[3]。其学科功能总体包含两个层面:“理解什么”与“怎样理解”,具体体现为“本原性问题”“认识思路与视角”和“概念层级结构”这三个学科理解结果^[4]。其中,本原性问题制约着教师理解的深广度,其涵盖对于主题的学科功能特质的理解。而认识思路及视角为核心要素,是学科理解水平最直接的体现,其涵盖了内隐于知识体系中的学科思维方法^[5]。概念层级结构则反映了学科知识的广度。依据各概念的学科价值与功能可将各个概念关联整合为有组织的概念体系,故其涵盖了特定主题的学科知识结构。

从教师学科理解的原始样态来看,大多呈现出浅层次的理解样态,即将学科理解窄化为学科知识理解,而忽视学科知识载体背后的学科特性、知识结构与思维方式^[6]。实然,化学学科理解是教师对化学学科本质、学科知识与思维方法及学科发展价值的理性认知,故教师需整体理解特定主题的学科特征、内容及价值,以提升自身的学科理解水平,最终实现素养落地。

^{*} 江西省教育厅研究生创新基金项目(YC2023-S293)。

^{**} 通讯联系人, E-mail: 1084449545@qq.com。

2 基于学科理解的教材分析路径

化学教育活动中必然伴随着科学经验的传递。而依据化学科学经验传递机制理论^[7],教师化学学科理解范围应涵盖以下过程(见图1)。其中,深化对于教材、课标的学科理解是实现科学经验传递的基石。因

此,化学教师需要从化学科学专业领域中去挖掘化学学科独有的学科本质及功能价值,深入理解课标与教材的编写意图,抽提并整合化学学科知识和思维方式、方法。

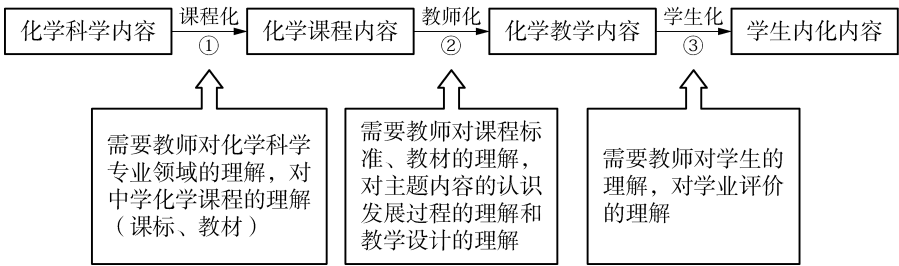


图1 教师化学学科理解的整体范围

不同学科的学科本质及价值受制于研究对象和范式的不同而有所差异,这也就直接影响了教材的研究结果。因此,理解学科本质及价值是深化学科理解的教材研究的前提。而学科本质内隐于学科形成与发展的历史进程中,并伴随学科发展而被赋予更新的价值^[8]。对此,教师首先要深入挖掘化学史中更高层次、更抽象的关于方法论、认识论等方面的隐性知识,以此建立宏观层面的学科认知。宏观层面学科认知的建立能够引领教材分析路径,促进微观层面学科认知的建立。其次,理解课程标准是深化学科理解的教材研究的关键。教师需剖析课程标准中对特定主题的架构和呈现,审视其隐含的核心素养发展进阶,从而指引后续教材内容的研究。而对于具体教材内容的分析,则需站在认识论的视角,关注教材内容中蕴藏的不同层次水平的认识视角与思路,从而建立微观层面的学科认知。

基于以上,可以构建表1中的教材分析思路。

表1 基于学科理解的教材分析路径

学科认知	教材研究对象	具体分析内容	学科理解结果
宏观层面	化学学科本质	挖掘化学史中蕴藏的方法论、认识论等方面的隐性知识,抽提出本原性问题	本原性问题
	化学学科价值	立足化学史挖掘思想内核;剖析课标中特定主题的架构与认知发展要求,基于课标要求探索育人价值与认识发展进阶	

续表

学科认知	教材研究对象	具体分析内容	学科理解结果
微观层面	学科知识结构及思维方式	厘清教材中知识体系和编排布局,形成对教材表层结构的理解;站在认识论视角,挖掘不同版本教材中内隐的认识视角与思路,形成对教材深层结构的理解	概念层级结构、认识视角与思路

3 电解质溶液主题化学史

化学史是教师理解化学学科的重要语境素材,其对完整、系统地认识化学学科本体和社会功能价值有着必要的基础性作用。梳理与剖析科学事件的发生、解决直至理论的提出与争议,有助于我们挖掘内在的思维要素,理解学科本质与价值。通过电解质溶液主题相关历史的梳理^[9],可归纳概括为两个核心争议问题:(1)电解质在通电前是否会解离?(2)电解质溶液中的微粒发生哪些相互作用以及进行到什么程度?在两个问题的解决中形成了不同的认识视角:宏微结合视角以及化学平衡视角。

化学的研究对象是物质,而微粒是人类用来理解物质成分时创造的概念,故建立微粒观是研究物质在水溶液中行为的关键。微粒视角是认识“电离及离子反应”的独特视角。历史上对于电解质溶液的研究往往是从宏观的现象或性质中提出质疑,以此不断深挖溶液中的微观本质并提出相关理论,再进一步通过科学探究寻找宏观事实以证实理论(见图2)。在此过程

中,人们的认识发展水平由宏观进阶为微观。

化学平衡视角是认识“水溶液中的离子平衡”的独特视角。化学平衡理论的提出实际上为电解质溶液中平衡体系的探索奠定了坚实基础(见图3)。历史上,平衡观念的建立蕴藏了定性到定量的认识发展进阶。前

期的科学家们受制于化学热力学研究不成熟的因素,更多是从定性角度研究化学反应的方向。直至热力学定律的提出,人们才逐渐从定量视角认识化学平衡。

立足学科历史体系,电解质溶液主题研究的基本问题实际上是“物质在水溶液中的存在形式及转化”。

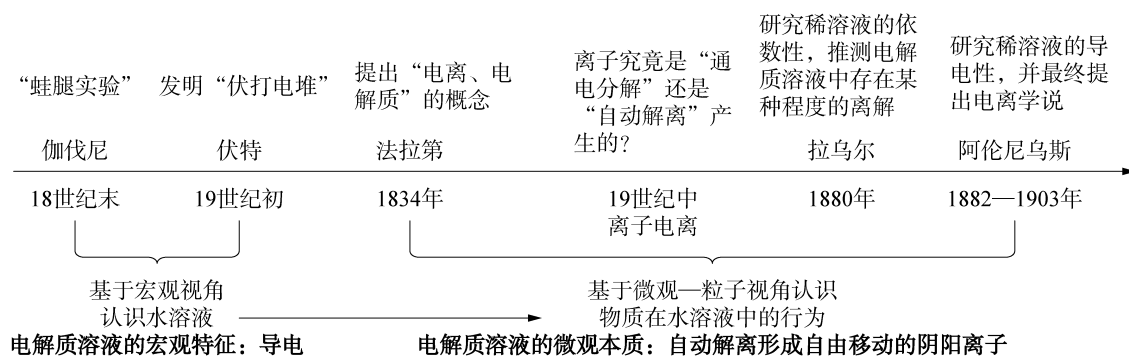


图2 电解质概念发展历史图

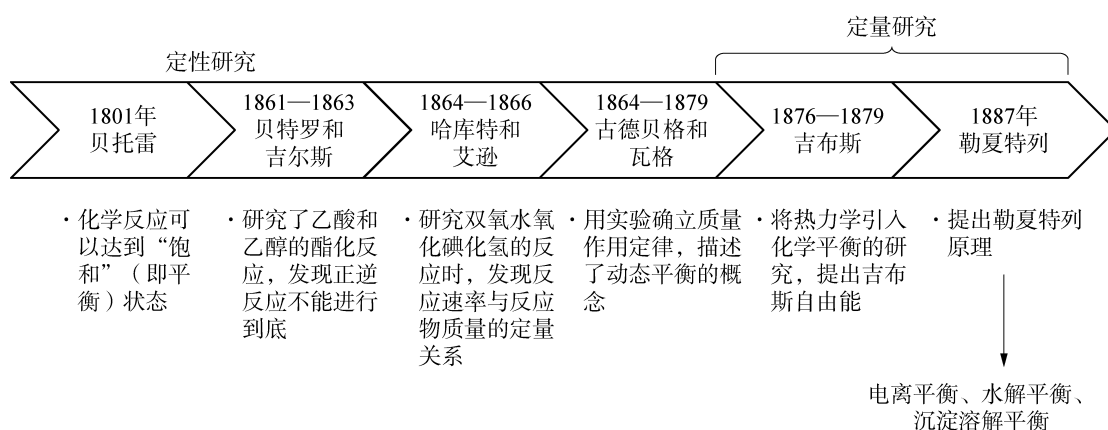


图3 化学平衡概念发展历史图

4 基于学科理解的电解质溶液主题教材分析

4.1 基于新课标要求建立宏观层面认知

电解质溶液主题在必修和选必模块均有涉及,通过比较课标中相应内容的要求(见表2),可以抽提出认识发展进阶。必修模块强调从定性和微观视角认识物质在水溶液中的状态和变化,注重微粒观、变化观的建立。而选必模块注重从定量、微观、系统和化学平衡的视角认识物质在水溶液中的变化,了解离子反应是有一定的限度的,注重微粒观、平衡观以及变化观的建立。从必修到选必阶段,学生认知发展从定性到定量、从孤立到系统、从单一到多角度逐渐螺旋式上升(见图4)。

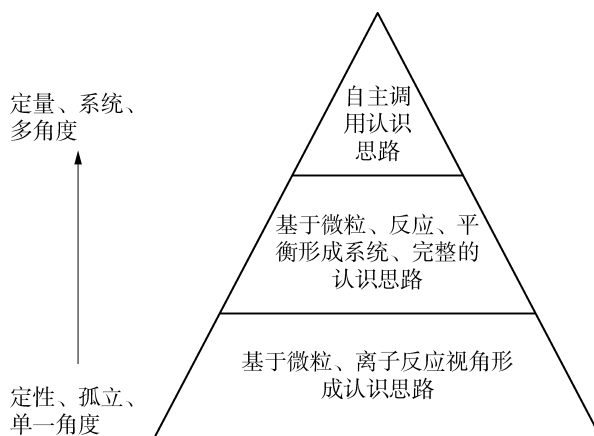


图4 电解质溶液主题认识发展进阶图

表 2 课标中不同模块内容比较

模块	核心概念	认识角度及思路	课标要求	学业质量水平
必修	电离与离子反应	认识角度:微观粒子种类及相互作用(离子反应); 认识思路:从微粒相互作用角度分析电解质溶液问题。	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; 了解常见离子检验方法。	水平一:能认识离子反应本质,能结合实例书写离子方程式。能从物质的组成、构成微粒、主要性质等方面解释或说明化学变化的本质特征。 水平二:认识化学变化的多样性与复杂性,能说明化学变化的本质特征。
选必	强弱电解质,电离平衡,水解平衡,沉淀溶解平衡,离子反应与平衡的应用	认识角度:粒子种类与数量,离子反应与平衡; 认识思路:自主运用离子反应与平衡思想解决复杂电解质溶液问题,形成系统认识思路。	能用化学用语正确表述水溶液中的离子反应与平衡; 能通过实验证明水溶液中存在的离子平衡; 能从电离、离子反应、化学平衡角度分析溶液的性质; 能简单计算溶液 pH 并调控溶液酸碱性; 能综合运用离子反应、化学平衡原理,分析和解决生产、生活中有关电解质溶液的实际问题。	水平三:能从多个角度对化学反应进行分类,认识化学反应的本质,能运用宏微符等方式描述、说明物质转化的本质与规律。能运用化学原理和方法解释和解决生产生活的实际问题。 水平四:能从不同角度对物质及其变化进行分析和推断,能运用化学原理和方法对解决生产和生活中的热点问题提出创造性建议。

4.2 基于不同版本教材建立微观层面认知

布鲁纳主张从表层结构与深层结构两个层次理解学科基本结构。其中,厘清教材中特定主题的内容编排与核心概念体系是形成表层结构的关键。而对教材内容深层结构的理解,是基于学科本质及内隐于教材表层结构的思维方式的认知。以新人教版和新鲁科版为研究对象,挖掘学科知识结构与思维方式,建立微观层面学科认知。

4.2.1 电解质溶液主题教材内容编排

两版教材在该主题上的内容编排存在差异(见表3)。在必修模块,两版教材均将“导电、自由移动离子以及电流”等基本概念作为脚手架,以此建构“电离”及“电解质”等化学核心概念。然而,关于电离及电解质这两个核心概念的编排顺序却有所不同。2019 年鲁科版以“电离”作为“电解质”的先行组织者,从认识发展的难度来看,这种编排能够有效降低“电解质”的认识难度^[10]。在选必模块,两版教材的内容编排均呈现出“单相体系—多相体系—复杂体系”的特点。不同的是,2019 年人教版以“溶质—溶剂—溶质—溶剂相互作用”的顺序建构核心概念,符合电解质溶液科学史发展顺序。而鲁科版以“溶剂—溶质—溶质—溶剂相互作用”为顺序,更凸显学生由简单溶液到复杂溶液的认识发展进阶。此外,前三节通过多种学科理解活动建立电离、水解以及沉淀溶解平衡等核心概念,而第四节“离子反应”作为近迁移应用实践活动,有效整合了离子反应与离子平衡认识角度,最后通过【微项目】中的远迁移活动,促使学生实现认识思路和角度的自主调

用。可见,鲁科版教材的内容编排侧重从核心概念的建立、应用到系统化的进阶。

表 3 不同版本教材内容编排比较

版本		2019 年人教版	2019 年鲁科版
内容编排	必修阶段	电解质—电离—离子反应	电离—电解质—离子反应
	选必阶段	第三章 水溶液中的离子平衡与反应 第一节 电离平衡 第二节 水的电离和溶液的 pH 第三节 盐类的水解 第四节 沉淀溶解平衡	第三章 物质在水溶液中的行为 第一节 水与水溶液 第二节 弱电质的电离 盐类的水解 第三节 沉淀溶解平衡 第四节 离子反应

4.2.2 必修模块教材内容深层结构分析

必修阶段注重建立“微粒观、变化观”等核心观念,强调形成微观粒子种类及相互作用的认识视角。从教材具体内容来看,2019 年人教版以宏观的导电现象为切入点,借助 NaCl 的微观图示逐渐深入微观本质。【实验】栏目则通过“分析 Na₂SO₄ 与 BaCl₂ 溶液反应前后水溶液中的微粒种类”活动有效外显了核心认识角度。【思考与讨论】栏目以“离子方程式的书写”引导学生关联微粒种类及离子反应的认识角度。而教材正文部分简要提及了离子反应在物质制备与分离等方面的应用,其是建立认识思路的有效路径,教师可以据此设计有层次的学习活动任务,引导学生建立认识思路。与人教版不同的是,2019 年鲁科版注重通过多种可视化工具建立认识视角。【观察·思考】栏目利用稀

H_2SO_4 与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液反应过程的电导率图像,引导学生从离子种类和变化角度认识化学反应。再通过离子的检验与物质除杂和分离等关联核心认识角度,并构建认识模型,以【活动探究】中“食盐的精制”的高水平探究活动将认知模型转化为具体的问题解决模型,

此过程隐藏了“实践—认识—再实践”的情境暗线。【方法导引】【概括·整合】栏目均外显了电解质溶液体系的认识思路。可见,相对于人教版,鲁科版更加凸显实践与应用的逻辑关联,注重将认识模型转化为问题解决模型,促进学生自主调用认识思路(见图5)。

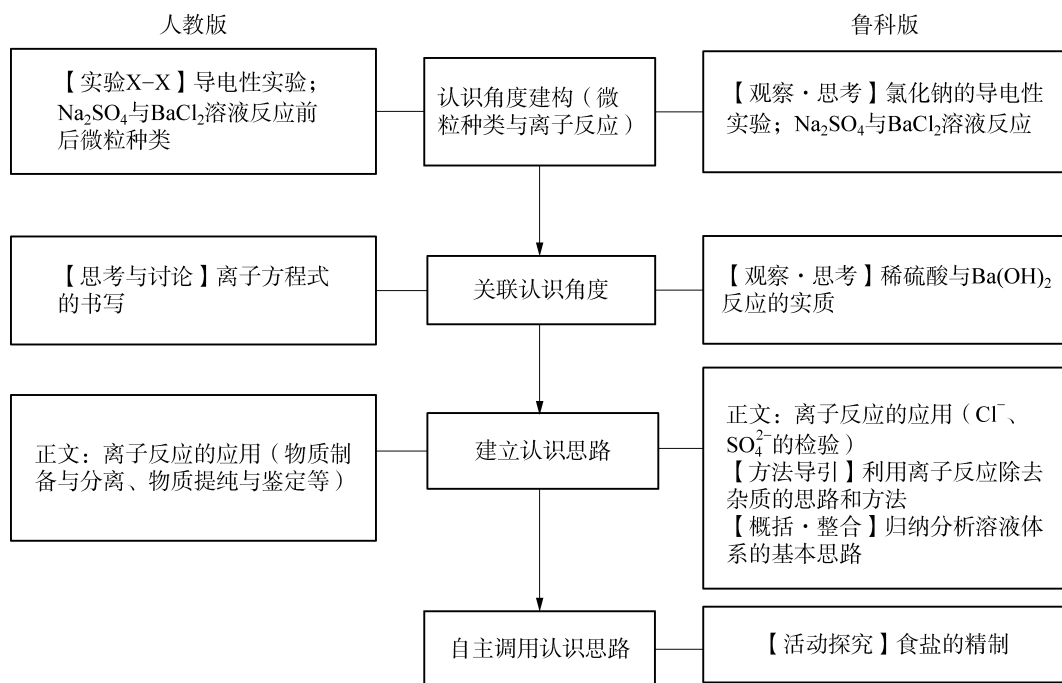


图5 必修模块认识过程

4.2.3 选必模块教材内容深层结构分析

选必阶段注重多种认识角度的整合,尤其凸显平衡思想在电解质溶液体系中的应用。2019年人教版注重凸显平衡及其应用,在正文中强调了 $K-Q$ 关系与水溶液中平衡状态的关系。同时核心概念建构过程中均蕴含着“物质在水溶液中的存在形式—微粒种类—微粒相互作用—作用结果—宏观现象”的电解质溶液认识思路。以“盐类的水解”为例,人教版首先通过【探究】中“盐溶液的酸碱性”的活动,引导学生从宏观现象感知盐溶液的酸碱性。之后通过【思考与讨论】外显核心认识角度(微粒及反应),引导学生从微粒种类、数量及相互作用角度分析原因,在此过程中暴露学生的前概念并建立“盐类的水解”核心概念。而【思考与讨论】中“溶液的酸碱性 with pH 关系探究”活动则引导学生逆向应用认识思路,并丰富核心认识角度(化学平衡)。【实验活动】的设置,则力求通过设置高水平探究活动,引导学生自主灵活调用多种认识角度,建立认识思路。

【研究与实践】中“了解水处理过程中的化学原理”活动则促使学生应用认识模型解决真实复杂的实际问题,将认识模型转化为解决问题模型。而【整理与提升】实现了电解质溶液的认识思路的外显。可见,人教版注重认识思路的外显以及认识发展的进阶,也注重通过多样化栏目的设置建构多种认识角度(微粒、反应、平衡)。

2019年鲁科版更加注重整合必修与选必内容,实现认识角度的系统化。同时鲁科版栏目较人教版更加丰富,且注重认识思路的外显(见图6)。例如【活动探究】中“利用盐类水解制备胶体、净水和除水”的活动要求学生自主设计实验方案,该过程能够促使学生建立认识角度间的逻辑关联,内化认识思路,再通过【方法导引】外显复杂电解质溶液体系分析的一般思路。而【交流·研讨】中“泡沫灭火器工作原理”“溶洞及珊瑚虫形成原因”以及【身边的化学】中“定量计算有效除去 Ba^{2+} 所需的 Na_2SO_4 的量”等均暗含“找到平衡——用 K

定量表达——依据 $K-Q$ 关系分析平衡移动——推断平衡移动结果”的离子平衡认识思路,并从生活中真实问题入手,引导学生从定性与定量结合的视角,基于动态平衡观认识离子反应。与新人教版不同的是,鲁科版在问题的设置中注重引导学生有效表达认识思路,例如“你认为应用盐类水解知识解决实际问题的思路

是什么?”等问题的设置。同时【本章自我评价】引导学生对建构的电解质溶液认识思路及角度进行自我评价和及时监控。总体来看,鲁科版针对“引导学生自主调用电解质溶液认识角度和思路”设置了丰富多样的实践活动,注重让学生经历元认知过程,提升迁移应用能力。

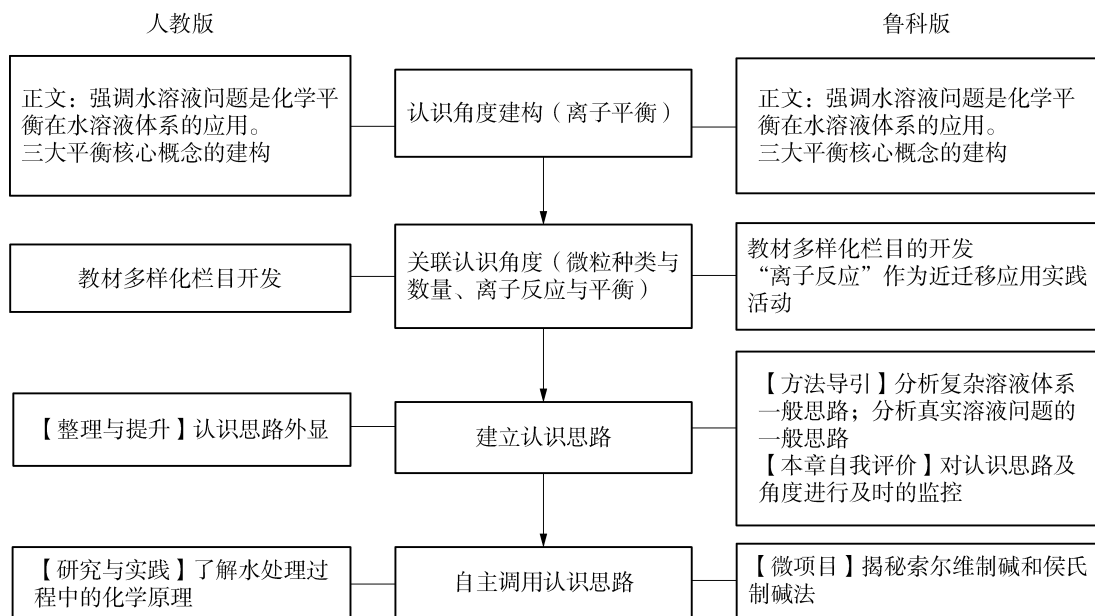


图6 选必模块认识过程

5 电解质溶液主题的教材研究结果

基于学科理解开展教材研究能够深化自身对教科书中相关知识、思维方式及方法的理解。在此基础上构建相应的认知模型以及学科能力进阶模型。该模型有助于教师把控深广度,灵活调整电解质溶液问题的思维容量,构建化学思维课堂,开展“素养为本”的教学。

5.1 电解质溶液认识模型的凝练

开展基于深化学科理解的教材研究,可以抽提出核心认识视角和思路为“物质在水溶液中的存在形式—微粒种类—微粒相互作用—作用结果—宏观现象”。微粒相互作用包含有两种认识视角,一是离子反应,其认识思路为“分析物质在水溶液中行为(电离、溶解等)—判断微粒种类—依据微粒性质分析相互作用”。二是离子平衡,其认识思路为“找到平衡—定量表示平衡—依据给定信息或宏观现象确定平衡主次关

系—依据 $K-Q$ 关系判断平衡移动—推断平衡移动结果”。

从科学本质角度,我们可以将该主题学科大概概念凝练为“物质在水溶液中的行为表现及转化程度”,该概念具有统摄和迁移作用,涵盖了微粒观、变化观和平衡观等化学观念,体现了定性和定量的思维方法。基于以上,绘制了电解质溶液主题认识模型(见图7)。

5.2 电解质溶液学科能力进阶模型

要实现知识到素养的转变,关键是要完成知识经验到认识方式的外部定向、独立操作和自觉内化。而这往往需要经过学习理解、应用实践以及迁移创新等学科能力活动。学科能力是一种稳定的心理调节机制,并且是在个体顺利完成特定的认识活动和解决问题的过程中所逐渐形成,而其核心的机制是学科认识方式(包括认识角度、认识思路以及学科思想等)^[11]。基于学科理解研究课标和教材,可以发现其中蕴藏了丰

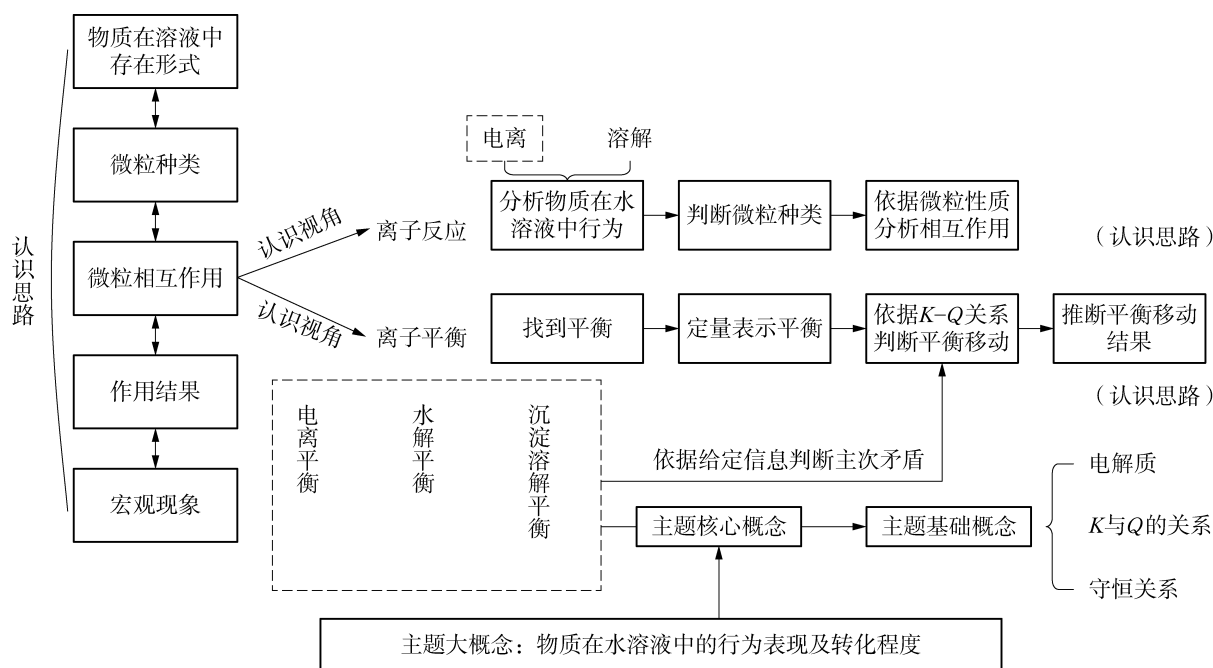


图7 电解质溶液主题认识模型

富的认知方式。学生的认识发展逐渐由单一溶液到复杂溶液,认识视角也经历“离子反应—离子平衡—多平衡”的进阶,并在此过程中微粒观、变化观与平衡观等化学核心观念逐渐实现内化。基于以上分析,我们可以建构出电解质溶液主题学科能力进阶模型(见图8)。

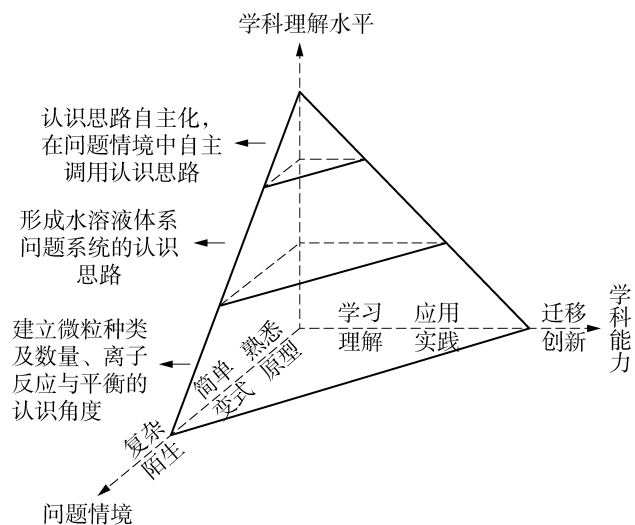


图8 电解质溶液主题学科能力进阶模型

6 研究启示与展望

6.1 基于学科理解研读教材,实现素养落地

当前新教材凸显内隐于知识结构的思维方式、方

法,一定程度上推动我们站在更高的认识论、方法论层面上,开展基于学科理解的教材研究。同时基于学科理解的教材研究往往需首先立于宏观视角,从化学史及课标中挖掘学科本质及价值,再从微观视角,从表层结构和深层结构两个层次挖掘教材中认识过程的思维方式和方法,抽提出具有迁移性的认识视角与思路。最终,从学科理解的三个结果要素出发,可以构建电解质溶液认识模型,而该模型有利于教师开展基于学科理解的教学。例如,在必修阶段“离子反应”的教学时,教师习惯将重点放在“电解质的辨析”上,而新教材凸显从微粒和反应视角认识物质在水溶液中的行为。这需要教师着重引导学生理解“电离”与“电解质”的关系,形成微粒和反应的认识视角,再通过问题情境的设置与探究,最终有效实现知识向素养能力的进阶。

6.2 基于学科能力进阶模型,把控教学深度

认识模型具有一定的稳定性与较强的迁移性,为学生核心素养的发展提供了有效路径。而机械地教授认识模型实则遏制了学生认识视角与思路的自主建构,其本质上脱离了“素养为本”的教学理念。应将认识模型贯穿于学生的整个学习过程,依托不同的问题

(下转第21页)

[9] 杨丽琴. 基于认知冲突的高中地理概念教学研究[D]. 长春:东北师范大学硕士学位论文, 2011.

[11] 马志强. 问题解决学习活动中知识建构的过程与规律研究[J]. 电化教育研究, 2013, 34(01): 26~31+40.

[12] Cheng S C. Effects of Socio-cognitive Conflicts on Group Cognition and Group Performance [D]. Cambridge: Harvard University, 2014.

[13] Matuk C, Linn M C. Examining the real and perceived impacts of a public idea repository on literacy and science inquiry [C]. In: CSCL' 15: Proceedings of the 11th International Conference for Computer Supported Collaborative Learning. Gothenburg: International Society of the Learning Sciences, 2015.

[14] Lee G, Kwon J. What Do We Know about Students' Cognitive Conflict in Science Classroom: A Theoretical Model of Cognitive Conflict Process [J]. Cognitive Development, 2001, (3): 1~19.

[15] Oetzel J G, Ting-Toomey S. Face Concerns in Interpersonal Conflict A Cross-Cultural Empirical Test of the Face Negotiation Theory [J]. Communication Research, 2003, 30(6): 599~624.

[16] Quinn H, Schweingruber H, Keller T. A Framework for K12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas [J]. Science Scope, 2012, (36): 400.

[17] Gijlers H, Saab N, Joolingen W R V, et al. Interaction between tool and talk: How instruction and tools support consensus building in collaborative learning environments [J]. Journal of Computer Assisted Learning, 2009, 25(3): 252~267.

[18] 符吉霞. 基于课堂话语分析的初中 STEM 小组合作学习中的协同知识建构研究[D]. 上海:华东师范大学硕士学位论文, 2021.

[19] 杨笑. 科学与工程实践中小组循证推理与教师话语的关系研究[D]. 上海:华东师范大学硕士学位论文, 2023.

(上接第 14 页)

情境,引导学生完成多种学科能力活动,在不同的学科能力活动中最终实现认识思路与角度的自主化。教师要充分利用教材内容,把握必修与选必阶段教材内容的衔接与进阶,同时依托不同版本教材创造性开发教学内容。教学过程中要基于认识发展程度设置不同复杂程度的问题情境,发展学生的学科能力,最终实现学生由学习理解到应用实践再到迁移创新的学科能力进阶。

参考文献:

[1][3] 中华人民共和国教育部制定. 普通高中化学课程标准(2017年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018.

[2][7] 郑长龙, 李艳梅. 论化学科学经验的传递机制——兼论化学课堂教学的最基本功能[J]. 化学教育,

2007, (9): 11~14+30.

[4] 单媛媛, 郑长龙. 基于化学学科理解的主题素养功能研究: 内涵与路径[J]. 课程·教材·教法, 2021, 41(11): 123~129.

[5] 王伟. 高中化学教师学科理解水平评价研究[D]. 武汉:华中师范大学硕士学位论文, 2020.

[6][8] 刘艳. 教师学科理解的内涵、层次及其深化[J]. 当代教育科学, 2023, (1): 73~79.

[9] 徐建中, 马海云. 化学简史[M]. 北京:科学出版社, 2019.

[10] 安静, 闫春更, 姬乐, 张晖英, 周青. 新旧 3 版高中化学教材中“离子反应”内容比较研究[J]. 化学教育(中英文), 2020, 41(23): 1~5.

[11] 王磊. 学科能力构成及其表现研究——基于学习理解、应用实践与迁移创新导向的多维整合模型[J]. 教育研究, 2016, 37(9): 83~92, 125.