

大概念统领的化学教学内容结构化设计与实践研究^{*}

——以高中化学“离子反应”教学为例

王光宇¹ 王钦忠²

1. 北京师范大学良乡附属中学 北京 102488 2. 北京教育学院数学与科学教育学院 北京 101499

摘要:基于大概念进行教学内容结构化设计是发展学生化学学科素养的有效途径之一。本文以高中化学“离子反应”教学为例,探讨了大概念统领的化学教学内容结构化设计与实践。基于《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》和鲁科版高中化学必修第一册构建了基于大概念的知识结构图,基于知识结构图分析了学生的认识发展过程,秉承“教、学、评”一体化的理念进行了教学设计和教学实施,取得了较好的实践效果。这为基于大概念的化学教学提供了实践参考。

关键词:大概念;教学内容结构化;离子反应;教学设计

文章编号:1008-0546(2024)12-0030-05

中图分类号:G632.41

文献标识码:B

“教什么”是“怎么教”的前提。《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》(以下简称《新课标》)在教学与评价建议中指出,化学教学内容的组织,应利于促进学生从化学学科知识向化学学科核心素养的转化,而内容的结构化则是实现这一转化的关键。^[1]结构化,意味着联系、关联。^[2]内容结构化的形式有基于知识关联的结构化、基于认识思路的结构化和基于核心观念的结构化。学科大概念是学科知识的精华所在,是有价值的知识,是最能转化为素养的知识。^[3]基于大概念进行教学内容结构化设计有助于提升教师指导学生“学什么”“怎么学”的水平。

在实际教学过程中,部分教师对教学内容的整合缺乏处理,未能基于大概念建立单元或课时知识内容之间的内在联系,导致大概念与具体知识脱节。因此,难以发挥结构化知识对促进学生认识发展的重要作用。为了解决上述问题,本文以高中化学“离子反应”教学为例,探讨了基于大概念进行教学内容结构化的方法以及将结构化教学内容应用于教学设计的具体方案。

一、教学背景分析

1. 教学思路分析

在初中阶段,学生学习了四大基本反应类型,已经能从宏观物质角度认识化学变化。在高中必修阶段,学生学习“离子反应”的目的是从微观粒子角度认识水溶液中离子间的相互作用,进一步丰富对化学变化的认识视角,是对“物质的化学变化(变化观)”大概念的进阶学习。

“离子反应”教学内容包括离子反应概念的认识、离子方程式的书写和离子反应的应用。本部分内容是初高中化学的纽带和桥梁,对发展学生的学科素养并引导其有效地进行高中化学学习具有重要的承前启后的作用。“离子反应”教学兼顾了对初中知识的复习和高中新知识的构建,为整个高中“溶液”化学的学习奠定了重要的基础,是整个高中化学的教学重点之一。初中化学比较侧重从宏观角度认识物质及其反应,与之相比较,高中阶段“离子反应”教学尝试从微观角度揭示一类反应的本质。从宏观到微观的视角转化是认知层次的提升,需要学生具有一定的想象力和推理能力,需要重新认识已有的知识,学会并使用新的“语言”来表示新类型的反应。

* 基金项目:本文系北京市教育科学规划课题2022年度一般课题“中小学科学类学科教学内容结构化设计策略的实践研究”(CDDB22159)的阶段性研究成果。

因此,在设计本节课时,笔者注重以学生为主体进行探究式和启发式教学。具体的教学思路设计如下:围绕学科大概念组织教学内容,帮助学生形成科学的化学变化观;创设真实的问题情境,引起学生兴趣和激发学生思考;采用“引导—发现式”这一教学方法,关注学生的最近发展区,开展教与学活动;以实验探究和理论分析为手段,认识水溶液中离子间的相互作用,发展学生的微粒观、转化观以及学科核心素养。

2. 教学内容结构化设计

教学内容结构化的主要方式就是构建基于大概念的知识结构。为了帮助学生达成学习目标,笔者基于“物质的化学变化(变化观)”这一大概念,从学科基本理解、学科基本概念和学科代表性事实等层面^[4]构建了本节课的知识结构(见图1),将相关散点知识内容结构化,以明确“教什么”。

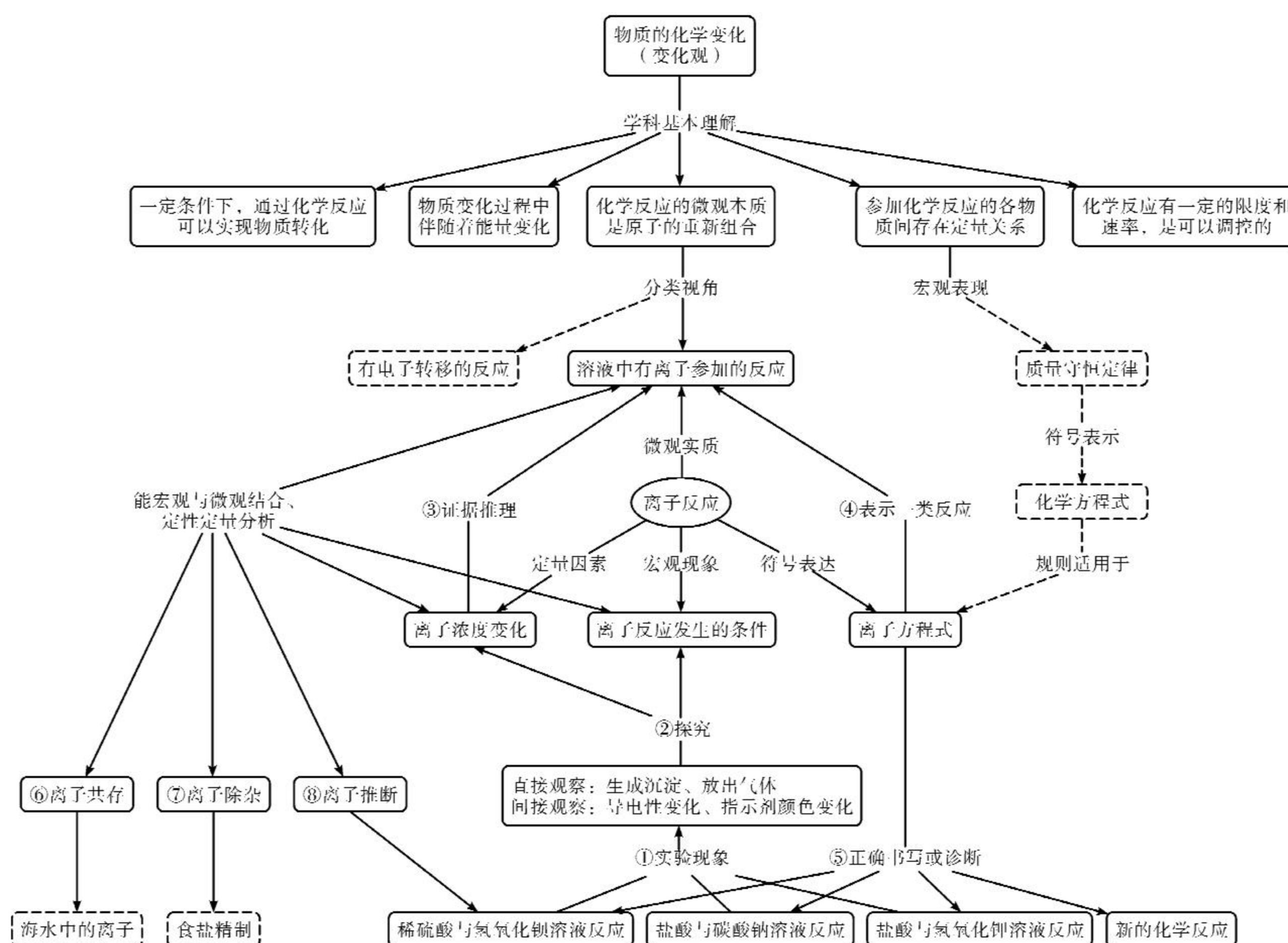


图1 基于大概念的“离子反应”知识结构示意图

从整个基础教育阶段化学学习内容来看,学生对核心概念“物质的化学变化(变化观)”的认识有以下五个方面的学科基本理解:①一定条件下,通过化学反应可以实现物质转化。②物质变化过程中伴随着能量变化。③化学反应的微观本质是原子的重新组合。④参加化学反应的各物质间存在定量关系。⑤化学反应有一定的限度和速率,是可以调控的。其中,本节课主要涉及“化学反应的微观本质是原子的重新组合”。本设计共两个课时,核心内容是从宏观现象(反应条件)、定量分析(离子浓度变化)、微观实质(溶液中是否有离子参加反应)、符号表达(离子方程式)四个角度建构离子反应的概念。最终,从微观视角将本节课的核心内容与大概念体系、学科关键事实以及化学方程式相关知识建立起了有机联

系,形成了既体现学生知识形成过程,又体现学生知识迁移应用过程的结构化教学内容。同时,该知识结构具有较强的开放性和关联性,可以整合学生已经学习的和即将学习的化学反应知识,有利于学生形成合理的知识结构。

3. 学生认识过程分析

将知识内容认识过程化,是教学活动进入实操性设计的关键环节,能够帮助教师更好地设计教学目标和教学活动,提高教学的流畅性、科学性和实效性。依据《新课标》,结合学情,从知识结构图中可以看出,学生对“离子反应”的学习将经历“认识离子反应”“理解离子反应”“表达离子反应”“应用离子反应”四个阶段。

对于学生来说“离子反应”是一个新的角度,也

是一个新的高度,学生在认识过程中会遇到一定的困难:因未建立从微观角度解释物质性质的意识及未形成宏观与微观结合观念,尚不能从微观本质角度认识酸、碱、盐的概念;尚不能认识复分解反应的实质;尚不能将物质的宏观性质或化学反应宏观现象与微观粒子的种类和数目相关联。

总体来看,学生通过本节课的学习能够利用离子反应的概念对常见的反应进行分类和分析说明,能用离子方程式正确表示典型物质的主要化学性质,能利用典型代表物的性质和反应,设计常见物质的制备、分离、提纯、检验等简单任务的方案。

二、教学目标

教学目标是对学生学习表现的预期,其明确了在有限的时间内“学什么”和学到何种程度,为教师的教和学生的学提供了基准。依据《新课标》中学业质量评价标准,结合知识结构和认识过程将本节课的教学目标设计为以下几点。

(1)能从电离和离子间相互作用的角度解释常见物质反应的相关现象,认识水溶液中电解质间的反应是离子反应。

(2)通过建立常见离子反应的宏观现象与微观粒子相互作用之间的关联,能够从宏观和微观角度理解离子反应发生的条件。

(3)能够基于物质在水溶液中实际存在的形式,说明并论证离子反应与离子方程式的关联、离子方程式与化学方程式的关系。

(4)通过分析解释氯离子检验方案,设计硫酸根离子、碳酸根离子检验方案,梳理思考离子检验问题的思路和方法,体会离子反应在离子检验中的应用。

(5)通过设计、完善、实施“除去粗食盐水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} ”实验方案,建立用离子反应除杂、分离的基本思路和方法。

三、教学实施过程及效果分析

通过对电解质概念的学习,学生已经能从电离角度认识酸和碱,知道强酸溶液和强碱溶液中的主要离子,初步建立了从微观视角认识离子反应。为了把脉教学效果、评估学生现有水平,教师设计了课前测试问题“列举你知道的酸和碱,你认为酸与碱之间能发生中和反应的原因是什么”。大多数学生对课前测试问题的回答是“因为生成了盐和水”,基本上是从宏观物质变化角度进行归因。在后续的引导

下,部分学生会回答“酸能电离出氢离子,碱能电离出氢氧根离子”,在被追问“为什么电离出氢离子的酸溶液与电离出氢氧根离子的碱溶液能反应”时,学生便没有思路了。

1. 环节一 认识离子反应

[教师]溶液中不同电解质离子之间是否能够共存?两组离子间能发生怎样的反应?

[学生活动1]学生书写电离方程式,指出各反应物溶液中反应前的离子种类及相对多少,预测混合后离子间发生反应的情况。

[学生活动2]学生观察氢氧化钡 $[\text{Ba}(\text{OH})_2]$ 溶液与稀硫酸反应的导电性演示实验的现象(反应过程中溶液颜色的变化情况、沉淀的生成情况、全程溶液电导率变化情况)并从溶液中离子相互作用的角度对实验现象进行归因分析以认识此反应的实质。 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液与稀硫酸反应的导电性实验装置如图2所示, $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液与稀硫酸反应过程中电导率变化情况如图3所示。

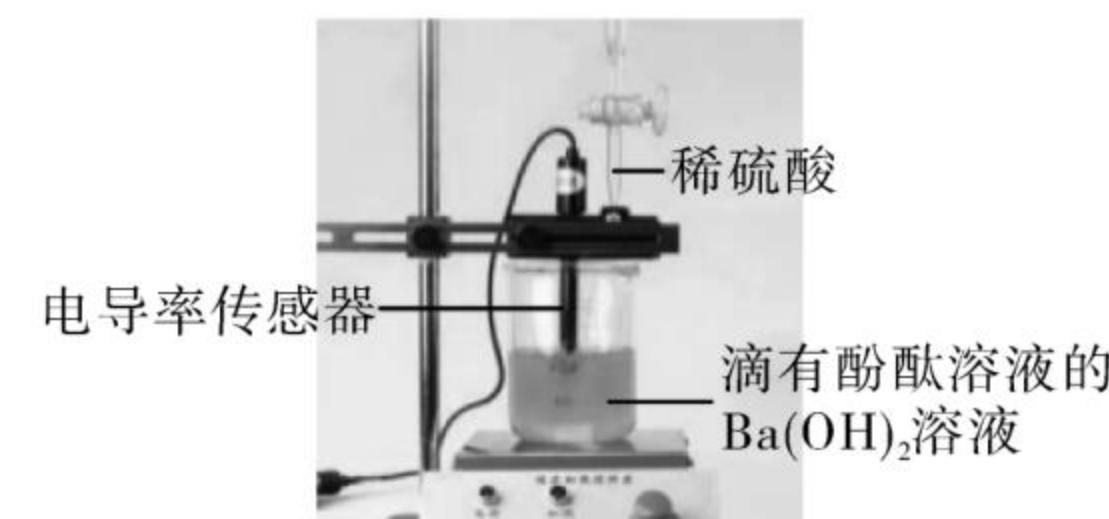


图2 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液与稀硫酸反应的导电性实验装置图

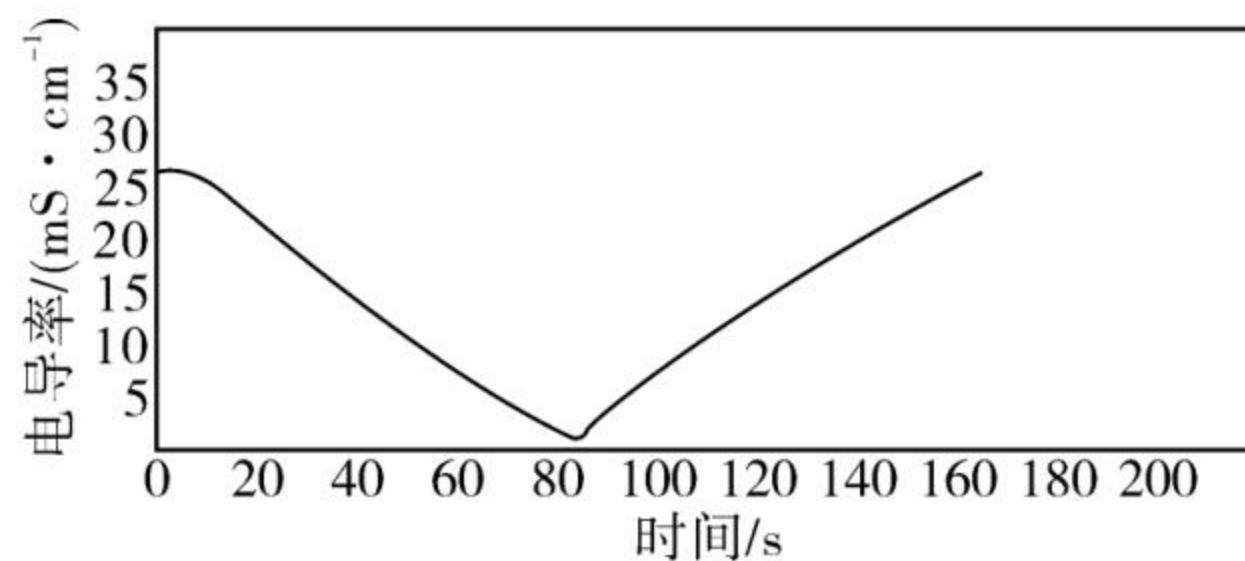


图3 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液与稀硫酸反应过程中电导率变化曲线

[评价]通过观察学生在活动1和活动2中从宏观和微观角度解释实验现象的参与情况,了解到大多数学生对于“电导率减小”这一实验现象的最初解释是“ $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液与稀硫酸反应了”。之后在教师的引导下,学生将电导率的大小与离子浓度高低关联后并结合“产生白色沉淀”这一实验现象,认识到钡离子与硫酸根离子反应产生了白色的硫酸钡沉淀。可知,虽然学生通过“电解质的电离”的学习初步建立了微粒观,但未形成从微观角度分析反应现象的意识。教师追问“电导率下降还有其他原因吗”,学生结合化学方程式能回答出“氢离子与氢氧

根离子反应生成了水导致原溶液离子浓度减小,从而导致电导率下降”。可知,学生初步建立了宏观与微观结合解释问题的角度,开启了学生对大概念“物质的化学变化(变化观)”新的认识角度,从宏观现象认识进阶为微观本质认识。

2. 环节二 理解离子反应

[教师]反应体系中的离子是否均参与了离子反应?

[学生活动1]分析并交流稀硫酸与氢氧化钠溶液、硫酸铜溶液与氢氧化钠溶液、碳酸钠溶液与稀盐酸、氯化钠溶液与硝酸银溶液、碳酸钾溶液与氯化钙溶液混合前后各组电解质溶液中存在的离子种类和数量。

[学生活动2]从宏观与微观结合的角度阐述并交流上述离子反应发生的实质。

[教师]离子反应发生的条件是什么?

[学生活动3]学生从宏观和微观两个角度概括离子反应发生的条件。宏观:有沉淀、气体或水生成;微观:溶液中某种或某些离子的浓度发生改变,认识到发生离子反应是有条件的。

[评价]通过观察学生在活动1中的表现可知学生定性和定量地判断电解质的电离行为的准确性得到了提升;通过观察学生在活动2中的表现可知学生通过此活动真切地认识到了溶液中离子间是有作用的,从微观角度明确了离子反应发生的本质,完成了从宏观到微观对复分解反应原理分析的进阶;通过观察学生在活动3中的表现可知学生能从微观和宏观两个角度归纳、概括出离子反应发生的条件。开启了学生从宏观与微观结合的角度认识大概念“物质的化学变化(变化观)”新的进程。

3. 环节三 表达离子反应

[教师]如何用化学用语(离子符号或化学式)表达离子反应?

[学生活动1]通过观察教师展示的稀盐酸与氢氧化钠溶液反应的离子方程式及聆听教师的讲解,认识离子方程式。模仿示例,书写稀硫酸与氢氧化钠溶液、稀盐酸与氢氧化钾溶液、氯化钡溶液与硫酸钠溶液、硝酸钡溶液与硫酸钾溶液、碳酸钙与稀盐酸各组反应的离子方程式并交流。认识离子方程式表示的是一类反应,揭示的是一类反应的实质。

[教师]离子方程式的含义有哪些?

[学生活动2]学生对比化学方程式与离子方程式的不同,认识离子方程式表示的不仅仅是一个反

应,而是一类反应。表述 $H^+ + OH^- = H_2O$ 的含义,并举例说明。

[评价]通过观察学生在活动1中的表现可知学生书写离子方程式的最大障碍是哪些物质拆成离子形式,笔者认为出现此种障碍的原因是学生还不能很好地将物质的溶解性和物质的电离情况与其在水溶液中真实存在的状态相关联。教师可引导学生结合物质的溶解性和物质的电离情况尊重物质在水溶液中存在的客观事实来分析物质的真实存在状态。通过观察学生在活动2中的表现可知学生“举一”可以,但是“反三”不容易,了解到学生在物质与微粒间的切换水平有限。学生已经可以使用化学用语从微观角度表达大概念“物质的化学变化(变化观)”。

4. 环节四 应用离子反应

[教师]你能否应用所学离子反应相关知识检验离子的存在?

[学生活动1]通过观看离子反应在化学研究、工业生产、医疗诊断、食品检验、环境保护等方面的应用,认识并感受离子反应的研究是有价值的。

[学生活动2]离子反应在离子检验方面的应用实例。观看教师的演示实验(检验 Cl^-)并分析硝酸银溶液和稀硝酸的作用,认识离子检验过程中需要考虑检验和排除干扰两个方面;组内讨论并确定检验 SO_4^{2-} 的检验试剂、排干扰试剂和加剂数量,组间交流、完善实验方案并实施方案;设计、交流、评价、完善检验 CO_3^{2-} 的方案;思考、概括、交流离子检验的思路和方法(思路:需要考虑检验试剂、排干扰试剂、加剂数量。方法:沉淀法或气体法;直接法或间接法)。

[教师]你能否应用离子反应相关知识对一些物质进行提纯?

[学生活动3]阅读课本上的方法导引“利用离子反应除去杂质的思路和方法”,设计除去粗食盐水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 的实验方案并交流、完善实验方案。归纳概括出分析此类问题的思路,需考虑以下几点问题:①除杂试剂的选择;②除杂试剂的用量;③除杂试剂的添加顺序;④除杂试剂是否达到过量的判断方法;⑤过滤操作的时机。

[评价]通过观察学生在活动1和活动2中对检验氯离子实验操作意图分析的表现,了解到学生宏观切换的水平较“表达离子反应”的环节中表现水平有所提升;通过学生交流检验硫酸根离子实验方案设计表现情况,了解到学生在教师的引导下初步形成了离子检验思维方法,但独立设计离子检验实验

方案的能力有限。学生初步建立了从微观角度应用大概念“物质的化学变化(变化观)”分析、设计离子检验实验方案的思路和方法。

[教师]你能否应用离子反应相关知识解决较为复杂的真实问题？经检测，某工业废水显酸性，且废水中含有大量 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 。请回答下列问题。

(1) K^+ 、 Ag^+ 、 Fe^{3+} 、 CO_3^{2-} 离子中，不可能大量存在于该废水中的离子有哪些？原因是什？请写出可能发生的离子方程式。

(2) 请设计实验方案除去原废水中的杂质离子获得纯净的 NaNO_3 固体(用流程图表示)。

[学生活动 4] 应用精致食盐的思路和方法，分析、解决实际问题。

[评价] 通过观察学生对问题(1)的解决表现情况，了解到部分学生不能运用“离子反应发生条件”正确分析并书写离子方程式；通过观察学生对问题(2)的解决情况，了解到部分学生能正确选择除杂试剂，少部分学生能考虑到除杂试剂的用量，部分学生能正确设计除杂试剂的添加顺序，少部分学生能正确判断过滤操作的时机。学生从微观角度应用大概念“物质的化学变化(变化观)”分析“陌生的多组分混合体系分离提纯”问题的水平有限，笔者认为主要原因是学生对于“离子反应”的认识融合程度有限。在后续的教学中，应结合实例不断引导学生将“离子反应的实质”“离子反应发生的条件”“离子方程式书写”“离子反应的应用”融合，提升对“离子反应”的整体性和系统性认识。

(上接第 29 页)

设计完整有效的教学活动要体现核心素养的培养。《新课标》在课程目标中要求学生通过课程学习而逐步形成适应个人终身发展和社会发展所需的正确价值观、必备品格和关键能力。本节课通过对金属化学性质的学习，让学生理解研究一类物质的一般思路和方法，同时也体会到金属在生产、生活中的应用价值，能合理使用金属材料，并初步形成节约和保护化学资源的意识。在讨论化学性质时，不但要关注宏观的实验现象，还要学会从微观角度分析原子结构的不同，体现化学学科的特点。

2. 发展核心素养的大概念教学需要从主题学习的整体实现

本节课虽然只是人教版化学九年级下册第八单

四、总结

在大概念“物质的化学变化(变化观)”的引领下，学生对复分解反应的认识经历了从“宏观”到“微观”再到“宏观微观结合”的进阶。将学生的认识过程与具体的教学内容有机地结合在一起，促进了学生认识结构化的发展。通过本节课的学习，学生能依据电解质在水溶液中的结果和微粒间的相互作用情况解释或推测离子反应的发生，能用离子方程式表达离子反应的本质；能运用离子反应完成物质中的常见离子检验、杂质离子的去除等任务，初步建立了“陌生的多组分混合体系分离提纯的活动”的分析思维模型。

由此可见，基于大概念进行教学内容结构化设计有助于教师更系统地认识所授知识、技能、方法在分散的化学事实经验和知识技能联结所成的整体中的功能与价值，有助于教师更高效地传授学科知识、学科思维和学科观念；有助于学生自主建构学科知识、学科技能和学科方法。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2020.
- [2] 郑长龙. 化学学科理解与“素养为本”的化学课堂教学[J]. 课程·教材·教法, 2019(9): 120-125.
- [3] 余文森. 核心素养导向的课堂教学[M]. 上海: 上海教育出版社, 2017.
- [4] 王钦忠. 用结构化的教学内容引导学生建构知识——以高中化学“物质的分类”教学为例[J]. 化学教学, 2023(4): 33-37.

元课题 2 第一课时的学习内容，但在教学设计上是从整个第八单元“金属和金属材料”的学习主题出发进行整体设计，在课题 1 金属材料的学习中，就涉及保温杯的选材，课题 2 再次利用保温杯的使用展开金属化学性质的探究，在课题 3 中仍可利用保温杯的来源研究金属的冶炼。这样基于主题学习整体的设计才能让学生理解化学学科的意义和价值，才能深刻体会化学学科要体现的核心素养及大概念。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 义务教育化学课程标准(2022年版)[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2022.
- [2] 喻俊, 叶佩佩. 关注大概念的教学设计与实践——以“气体摩尔体积”为例[J]. 化学教育(中英文), 2020(9): 41-45.