

宏微观相结合的高中化学可视化教学策略研究 ——以“卤代烃”为例

程丽娟, 魏婷*, 李睿, 冯紫祎, 马月, 芦泽源, 马雪燕, 郭常爽

昌吉学院化学与化工学院, 新疆 昌吉

收稿日期: 2026年5月5日; 录用日期: 2026年6月7日; 发布日期: 2026年6月16日

摘要

核心素养导向下, 高中化学微观概念的教学需突破抽象性困境。本研究以“卤代烃”一课为例, 开展课例研究, 探索可视化策略在促进学生从微观结构理解到宏观性质应用转化中的实践路径。教学中综合运用球棍模型搭建、3D反应机理动画、微型创新实验等可视化工具, 引导学生认识卤代烃的结构特点, 理解取代反应与消去反应的机理差异, 构建“结构-性质-应用”的知识体系。为高中化学微观概念的可视化教学提供了可操作的实践范式。

关键词

课例研究, 可视化策略, 卤代烃, 微观结构, 宏观性质, 实验创新

Research on Visualization Teaching Strategies Integrating Macroscopic and Microscopic Perspectives in High School Chemistry

—Taking “Halogenated Hydrocarbons” as an Example

Lijuan Cheng, Ting Wei*, Rui Li, Ziyi Feng, Yue Ma, Zeyuan Lu, Xueyan Ma, Changshuang Guo

School of Chemistry and Chemical Engineering, Changji University, Changji Xinjiang

Received: May 5, 2026; accepted: June 7, 2026; published: June 16, 2026

*通讯作者。

文章引用: 程丽娟, 魏婷, 李睿, 冯紫祎, 马月, 芦泽源, 马雪燕, 郭常爽. 宏微观相结合的高中化学可视化教学策略研究[J]. 教育进展, 2026, 16(6): 540-551. DOI: 10.12677/ae.2026.1661161

Abstract

Under the guidance of core competencies, teaching microscopic concepts in high school chemistry needs to address the challenge of abstractness. Taking the lesson “Halogenated Hydrocarbons” as an example, this study conducts a lesson study to explore the practical pathways of visualization strategies in facilitating students’ transition from understanding microscopic structures to applying macroscopic properties. In teaching practice, multiple visualization tools such as ball-and-stick model construction, 3D reaction mechanism animations, and micro-scale innovative experiments are integrated to guide students in recognizing the structural characteristics of halogenated hydrocarbons, understanding the mechanistic differences between substitution and elimination reactions, and constructing a knowledge system of “structure–property–application.” This provides an operable practical paradigm for the visualization teaching of microscopic concepts in high school chemistry.

Keywords

Lesson Study, Visualization Strategies, Halogenated Hydrocarbons, Microscopic Structure, Macroscopic Properties, Experimental Innovation

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 设计理念

卤代烃在高中化学中地位重要，既能拓展学生对有机物的理解，也为后续有机合成奠基；本课时通过生活实例、球棍模型、微型实验、3D动画及从个别到一般的归纳，引导学生学习微观结构、宏观性质与符号表征，构建“结构-性质-应用”体系[1]。理论基础方面，双重编码[2]与多媒体学习理论[3]指出图像与言语双通道可降低认知负荷，解释了动画配合讲解、实验同步呈现的合理性；化学核心素养则提供价值导向。具体环节：生活实例激发社会责任感；球棍模型实现具身认知与模型训练；微型实验融合科学探究，形成现象与机理的双重编码记忆；3D动画动态演示反应过程，深化宏观辨识与微观探析；最后通过归纳与符号表征体现认知弹性，帮助学生构建完整的知识网络，提升微观想象、探究能力及社会责任感。见图1。

2. 教学分析

本节内容选自人教版选择性必修3第三章第一节《卤代烃》。新课标要求掌握卤代烃的组成与结构，了解其转化关系及消去反应，认识其应用。教材直接呈现了结构、物理性质、化学性质及消去反应的定义，但“结构决定性质”的主线不够突出，缺乏承前启后的设计。学生具备一定有机化学基础，熟悉烃类结构与简单反应，但对卤代烃的特殊结构及化学性质不熟悉，易对取代、消去反应的机理与条件产生困惑。教学重点在于引导学生理解卤代烃的转化关系，明确两类反应的区别[4]。

3. 教学目标

(1) 借助球棍模型，理解卤代烃的组成与结构特点，掌握其微观结构与宏观性质的关系，培养学生宏

观辨识与微观探析能力。

(2) 通过 3D 动画反应机理, 认识卤代烃与烃类及其他有机物之间的转化规律, 能够识别取代反应与消去反应不同有机反应类型, 依据平衡移动分析反应条件, 培养学生变化观念与平衡思想。

(3) 通过微型创新实验展示, 吸引学生实验兴趣, 提升科学探究能力和实验创新水平。

(4) 从个别(溴乙烷)到一般(卤代烃), 引导学生归纳总结有机化学规律, 提升证据推理能力。

(5) 认识卤代烃的重要应用及其对健康与环境的影响, 提高科学态度与责任感。

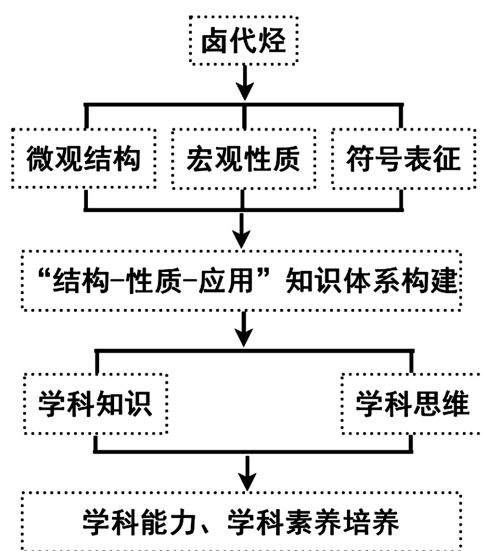


Figure 1. Design concept diagram

图 1. 设计理念图

4. 可视化探究路径

本文从结构认知到知识归纳的多个教学环节中, 针对不同内容所采用的可视化工具、策略及具体应用。如表 1 所示。

Table 1. Test checklist for Task 1

表 1. 任务一测试清单

教学环节	可视化工具/策略	具体应用
结构认知	球棍模型实物搭建	学生动手搭建溴乙烷模型, 直观感受原子空间排布
结构深化	3D 填充模型与球棍模型动画	展示溴乙烷立体结构, 对比乙烷与溴乙烷差异
断键机理	3D 微观断键动画	展示碳溴键极性、电子对偏移及断键过程
水解反应	实验操作示意图	展示溴乙烷与 NaOH 水溶液反应装置及现象
消去反应	微型创新实验	采血管 + 采血针 + 水浴加热, 反应前后对比
消去机理	3D 成键过程动画	展示 β -H 与 Br 的脱去、碳碳双键形成过程
知识归纳	表格对比可视化	水解反应与消去反应的条件、机理、产物类型对比
板书设计	结构化板书	以“结构 - 性质 - 应用”为主线, 呈现知识框架

5. 问题驱动过程

本文以“任务驱动”为主线，围绕卤代烃的学习设计了六个进阶任务，从定义、结构、物理性质到化学性质层层深入，并配以具体问题引导学生探究反应现象、机理及产物检验，最后通过课后作业和知识拓展培养学生总结归纳、辩证看待物质用途与社会责任等素养，如图2所示。

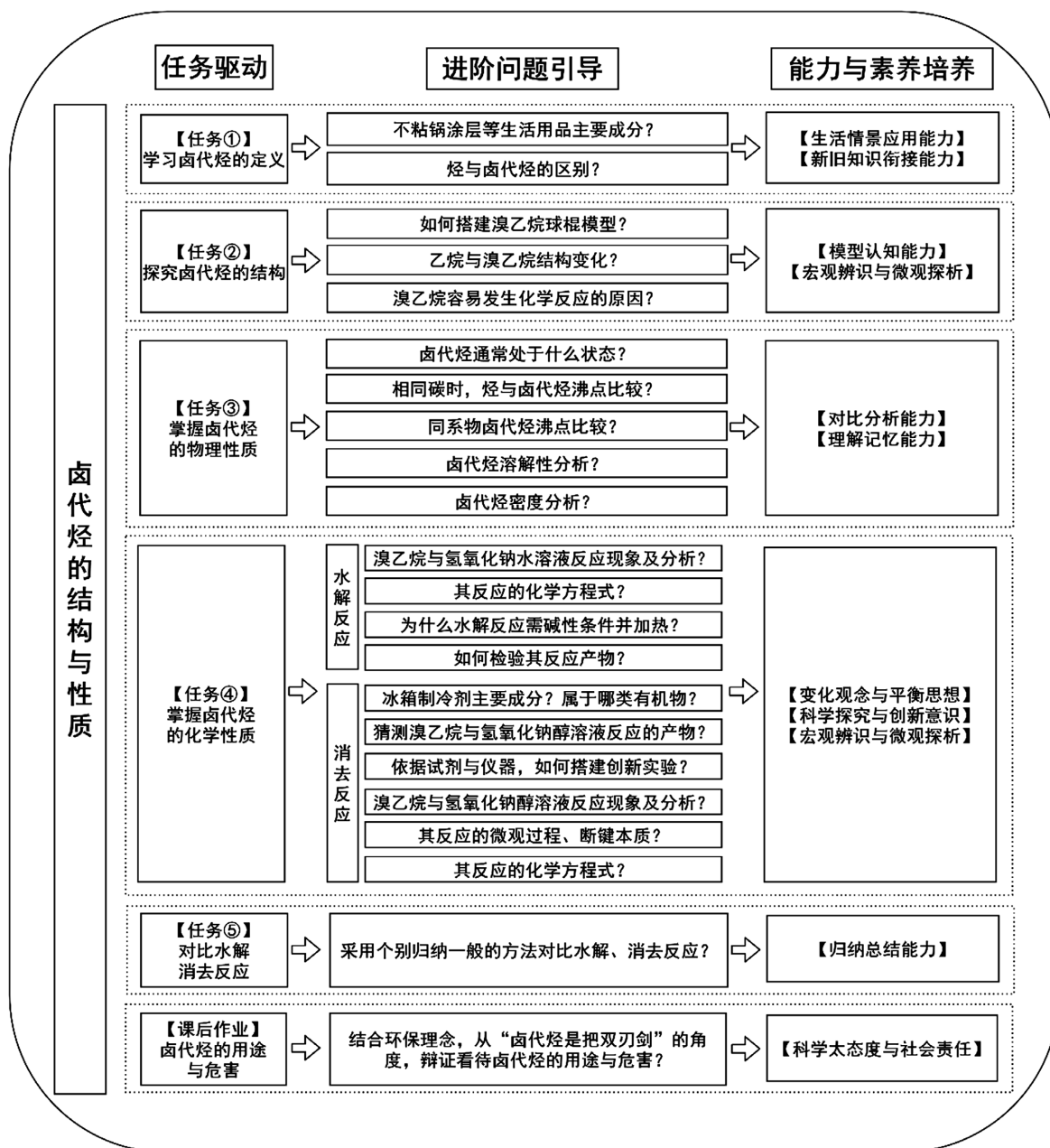


Figure 2. Problem-driven process

图2. 问题驱动过程

6. 教学过程

【情景引入】投影展示，如“修正带”、“制冷剂”、“不粘锅涂层”等。

任务驱动一：卤代烃的定义

【师】同学们知道这些生活用品中的主要成分吗？

【生】它们的主要成分分别是三氯乙烷、氟氯烷烃衍生物、聚四氟乙烯。

【师】这些分子中除了碳和氢，还有什么元素呢？

【生】还含有卤素。

【师】烃分子中一个或多个氢原子被卤素原子取代后形成的化合物，称为卤代烃。卤代烃一般用 R-X 表示，其中 R 是烃基，X 是卤素原子。

【师】卤代烃是烃吗？

【生】不是，卤代烃只含有碳、氢两种元素。

【投影展示】任务一测试清单，见表 2。

Table 2. Test checklist for Task 1

表 2. 任务一测试清单

卤代烃的定义	
概念	
表示方式	
与烃的区别	

【设计意图】本环节以生活实例引入，通过问题链驱动学生思考物质组成，自然引出卤代烃的定义、通式 R-X 及其与烃的区别；使学生从宏观辨识走向微观分析与符号表征，为后续结构与反应的学习做好概念铺垫。

任务驱动二：卤代烃的结构[5]

【师】请同学们核对预习清单。见图 3。

分子式	C_2H_5Br
结构式	$ \begin{array}{c} H & H \\ & \\ H-C & -C-Br \\ & \\ H & H \end{array} $
结构简式	CH_3CH_2Br 或 C_2H_5Br
官能团名称	碳溴键

Figure 3. Pre-class preview checklist

图 3. 课前预习清单

【师】请同学们依据溴乙烷分子式，搭建球棍模型。

【生】搭建球棍模型。

【师】一起看一下老师为大家呈现的，溴乙烷球棍模型、填充模型的微观动画。见图 4。

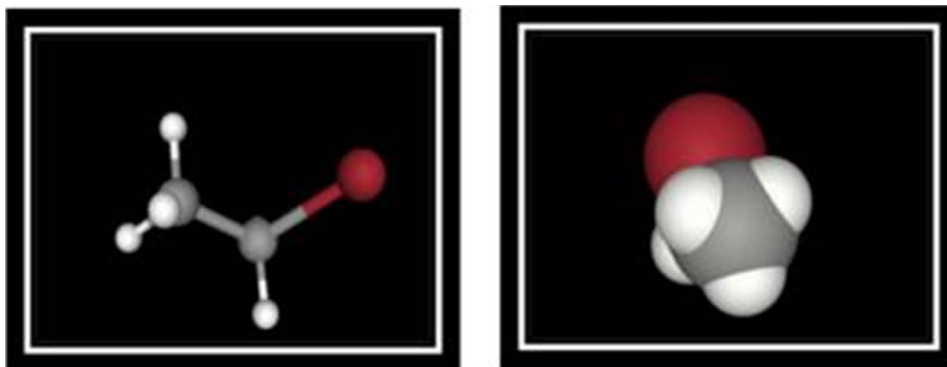


Figure 4. Ball-and-stick model and space-filling model of bromoethane
图 4. 溴乙烷球棍模型、填充模型图

【师】非常好，从乙烷到溴乙烷，发生了怎样的变化？

【生】乙烷中的一个氢原子被溴原子取代。

【师】取代后，碳溴键中，碳原子和溴原子的电负性谁的更大呢？

【生】溴的电负性大。

【师】同学们的基础知识掌握得非常牢固，在碳溴键中，溴原子电负性大于碳。原子，使得共用电子对偏向溴原子，因而碳溴键极性较强，易断裂，产生乙基和溴原子。见图 5。

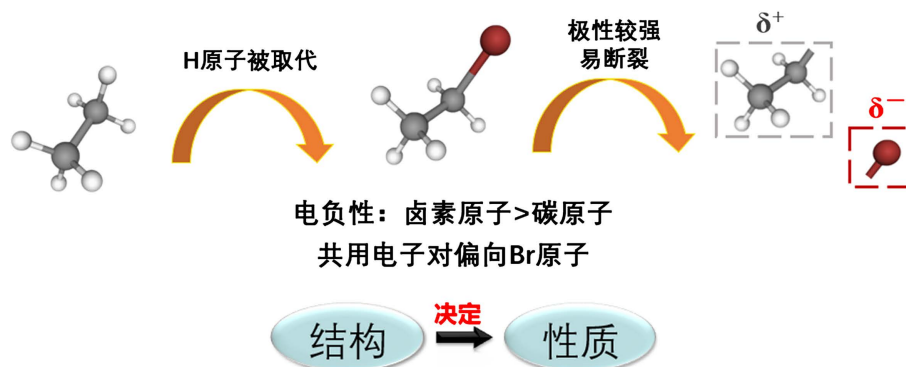


Figure 5. Microscopic process diagram of bond breaking in bromoethane
图 5. 溴乙烷断键微观过程图

【投影展示】任务二测试清单，见表 3。

Table 3. Test checklist for Task 2

表 3. 任务二测试清单

卤代烃的结构
1) 溴乙烷分子中哪一键或原子反应活性部位强？
2) 乙烷与溴乙烷哪个更容易发生化学反应？

【设计意图】本环节通过球棍模型搭建和 3D 动画，直观展示溴乙烷的结构与碳溴键极性，帮助学生理解反应活性位点，降低微观认知负荷，体现“结构决定性质”的核心思想，为后续反应学习奠定基础。

任务驱动三：卤代烃的物理性质，见图 6。

名称	结构简式	液态时密度/(g·cm ⁻³)	沸点/°C
一氯甲烷	CH ₃ Cl	0.916	- 24
一氯乙烷	CH ₃ CH ₂ Cl	0.898	12
1-氯丙烷	CH ₃ CH ₂ CH ₂ Cl	0.890	46
1-氯丁烷	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ Cl	0.886	78
1-氯戊烷	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ Cl	0.882	108

Figure 6. Trends in physical properties of halogenated hydrocarbons

图 6. 卤代烃物理性质递变规律

【师】接下来，我们探讨卤代烃的物理性质。卤代烃通常处于什么状态呢？

【生】除了 CH₃Cl、CH₃CH₂Cl、CH₂=CHCl 等少数为气体外，大多数卤代烃是液体或固体。

【师】非常正确！在沸点方面，卤代烃与具有相同碳原子数的烃相比有什么不同呢？

【生】卤代烃的沸点更高，因为它们的分子间作用力更强。

【师】没错，那对于同系物来说，沸点随着碳原子数的变化会如何？

【生】随着碳原子数的增加，同系物的沸点会提高。

【师】很好。卤代烃的溶解性有什么特点呢？

【生】卤代烃通常不溶于水，但能溶于许多有机溶剂。

【师】很准确。我们讨论一下密度。一氟代烃和一氯代烃的密度跟水相比如何？其余的卤代烃呢？

【生】一氟代烃和一氯代烃的密度比水小，其余卤代烃的密度则比水大。

【师】对的。同时，密度会随着碳原子数的增加而减少。

【投影展示】任务三测试清单，见表 4。

Table 4. Test checklist for Task 3

表 4. 任务三测试清单

卤代烃的物理性质(正误判断)	
1) 大多数卤代烃在室温下为液体。	()
2) 卤代烃一般能很好地溶于水。	()
3) 含碳原子数相同的卤代烃，其沸点均比对应烃类高。	()
4) 一氟代烃的密度通常比水大。	()

【设计意图】本环节借助图表和问答引导学生归纳卤代烃物理性质的递变规律，通过正误判断强化关键概念，落实“证据推理与模型认知”，为后续反应学习提供性质基础。

任务驱动四：卤代烃的化学性质

6.1. 卤代烃的水解反应

【师】接下来我们深入学习卤代烃的取代反应。溴乙烷与氢氧化钠水溶液加热的实验，你们观察到了哪些现象？见图 7。

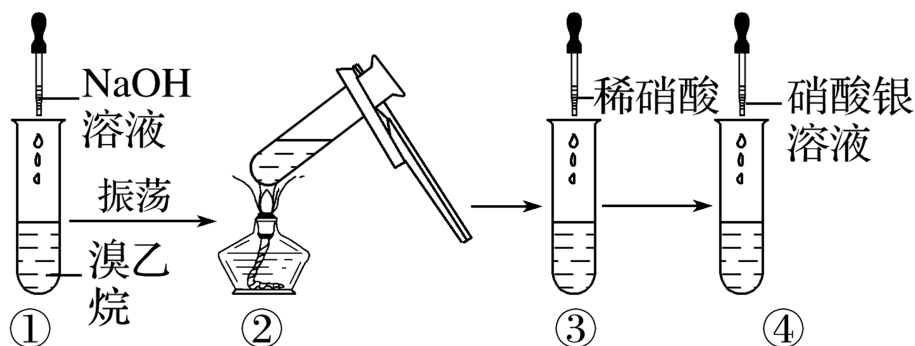


Figure 7. Experimental procedure diagram for the reaction of bromoethane with aqueous sodium hydroxide solution
图 7. 溴乙烷与氢氧化钠水溶液反应实验操作图

【生】溶液分层；有机层变薄；产生浅黄色沉淀。

【师】很好！谁来解释这些现象的原因？

【生】反应生成了溴离子，加入硝酸银后生成浅黄色沉淀溴化银；溴乙烷不溶于水，导致溶液分层；有机层变薄是因为部分溴乙烷被水解了。

【师】正确。反应的化学方程式是：见图 8。



Figure 8. Reaction equation of bromoethane with aqueous sodium hydroxide solution
图 8. 溴乙烷与氢氧化钠水溶液反应方程式

【师】这是溴乙烷中溴原子被羟基取代，生成乙醇和溴化钠。

【师】为什么水解反应需碱性条件并加热？用平衡移动原理说明。

【生】氢氧化钠中和生成的溴化氢，推动反应正向进行；加热提高反应速率。

【师】回答非常准确，那么为什么加入硝酸银前要先加稀硝酸？

【生】稀硝酸中和剩余氢氧化钠，防止其与硝酸银反应生成黑褐色沉淀氧化银。

【师】对，理解碱性条件、加热和加入稀硝酸的目的，有助于掌握该反应。

【师】如何证明卤代烃在氢氧化钠水溶液中发生取代生成了乙醇？

【生】化学分析法利用乙醇还原氧化铜，黑色氧化铜变红色铜单质；仪器分析法用红外光谱鉴别官能团，核磁共振氢谱分析氢环境。

【投影展示】任务四(一)测试清单，见表 5。

Table 5. Test checklist for Task 4 (1)

表 5. 任务四(一)测试清单

卤代烃的化学性质(取代反应)

- 1) 除了溴乙烷，其他卤代烃的水解反应是否表现类似？
- 2) 请用平衡移动原理解释为何水解反应需在碱性条件下进行。
- 3) 如何通过化学和仪器分析方法证明卤代烃发生了水解反应生成乙醇？

6.2. 卤代烃的消去反应

【情景引入】炎炎夏日，新鲜的水果，冰镇的饮料，离不开冰箱的功劳，请大家思考一下冰箱制冷剂的主要成分是什么？属于哪类有机物？

【生】是氟利昂，属于卤代烃。

【师】氟利昂作为制冷剂给我们的生活带来了很多的便利，但是过量的氟利昂会使得臭氧层破坏、温室效应。卤代烃中过量的卤素会给环境带来负担，在有机合成中如何“消去”卤素呢？

【师】接下来我们以溴乙烷为例，探究卤代烃的结构与消去反应。

【师】请同学们思考溴乙烷在氢氧化钠醇溶液会生成什么产物？

【生】溴化钠和乙醇。

【师】事实是否这样呢？我们通过一个微型化实验看一下。

【师】如图示，老师为大家准备的实验药品与装置，大家思考一下如何使用呢？见图9。



Figure 9. Display of experimental apparatus and reagents
图9. 实验器材、实验药品展示

【生】用溴乙烷与氢氧化钠醇溶液反应，用溴水来检验产物。分别用两个采血管作为反应装置、检验装置，中间用采血针连结。用装有热水的烧杯水浴加热。

【师】非常好，搭建好的实验装置如图10所示[6]。



Figure 10. Innovative experiment for the reaction of bromoethane with alcoholic sodium hydroxide solution
图10. 溴乙烷与氢氧化钠醇溶液反应创新实验

【师】请大家结合老师的操作视频，对比装置前后变化。请一位同学总结。见图 11。

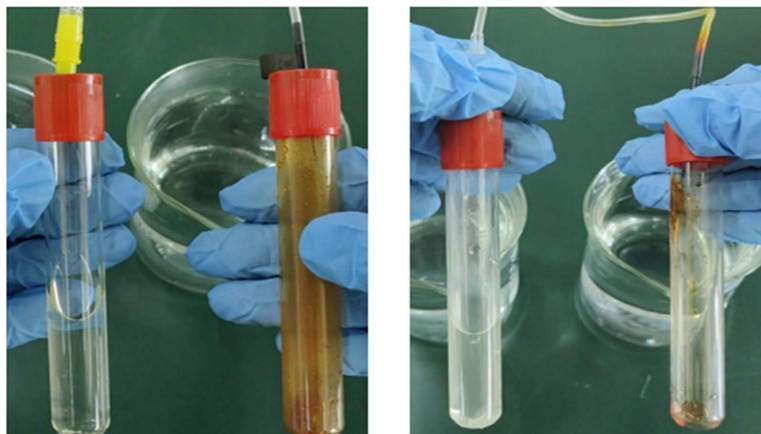


Figure 11. Comparison of the apparatus before and after the reaction
图 11. 反应前后装置对比图

【生】反应前左侧清澈透明，右侧满壁棕黄色；反应后左侧清澈有水雾，右侧棕黄色减弱。

【师】那我们能得到什么结论呢？

【生】生成物非乙醇。

【师】请同学们大胆猜测，使得溴水褪色的产物为？

【生】不饱和烃。

【师】对，不饱和烃可与溴水发生加成反应，使得溴水褪色，那事实是不是这样呢。刚刚我们已经分析过溴乙烷易断裂为乙基和溴原子。在强碱性作用下，乙基中 β -H 的活泼性增强，易断键，可再产生一个氢原子。加入强碱以后，氢离子和氢氧根离子结合生成水，钠离子和溴离子结合生成溴化钠。剩余部分中，两个半键会自行结合成碳碳双键，生成乙烯。见图 12。

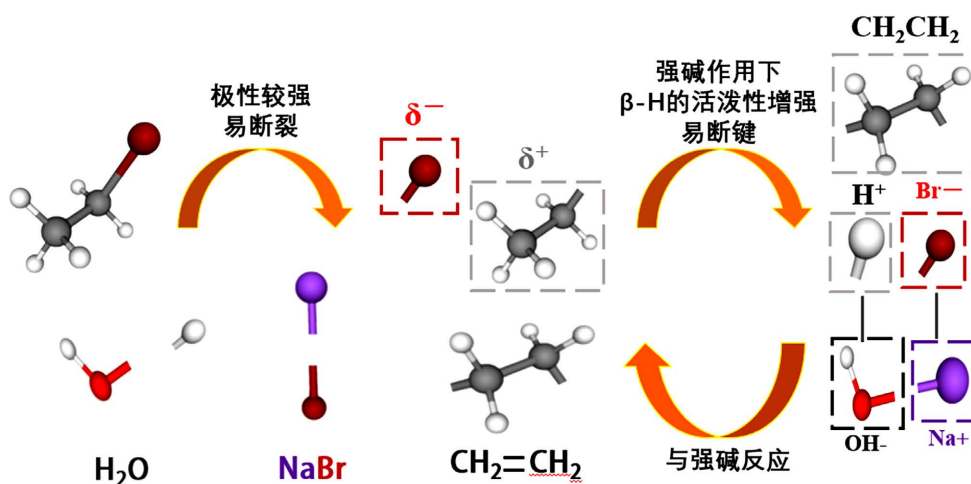


Figure 12. Bond formation process diagram of the reaction of bromoethane with alcoholic sodium hydroxide solution
图 12. 溴乙烷与氢氧化钠醇溶液反应成键过程图

【师】请同学们结合微观过程书写其方程式。找一位同学上台展示。

【生】上台书写反应方程：见图 13。

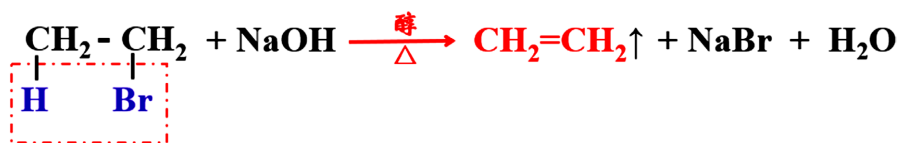


Figure 13. Reaction equation of bromoethane with alcoholic sodium hydroxide solution

图 13. 溴乙烷与氢氧化钠醇溶液反应方程式

【师】这位同学写得非常正确，请其他同学也进行核对。

【师】有机化合物在一定条件下，从一个分子中脱去一个或几个小分子，生成含不饱和键化合物的反应，称为消去反应。

【师】发生消去反应时，卤代烃脱去卤素原子、邻位碳上氢原子。

【投影展示】任务四(二)测试清单，见表 6。

Table 6. Test checklist for Task 4 (2)

表 6. 任务四(二)测试清单

卤代烃的化学性质(消去反应)	
1) CH ₃ Br 能发生消去反应吗?	
2) 2-甲基-1-氯丙烷能发生消去反应吗?	

【教师归纳】我们采用个别到一般的归纳方法，通过溴乙烷，来总结卤代烃的水解反应、消去反应。见图 14。

对比项目	卤代烃水解反应	卤代烃消去反应
反应类型	取代反应	消去反应
反应机理	亲核试剂(如OH ⁻)攻击卤代碳原子，卤素离去	碱从卤代碳邻近的β碳上夺取氢，形成双键，同时卤素离去
试剂条件	水的碱溶液	醇的碱溶液
产物类型	醇类	含有不饱和键

Figure 14. Comparison and summary of hydrolysis and elimination reactions of halogenated hydrocarbons

图 14. 卤代烃水解反应、消去反应对比归纳

【设计意图】本环节通过实验现象观察、微型创新实验与 3D 动画，引导学生探究卤代烃的水解和消去反应，从宏观现象深入断键成键的微观机理；借助测试清单与对比归纳，强化取代与消去反应的条件及结构要求，落实“宏观辨识与微观探析”“科学探究与创新意识”，构建“结构-性质-应用”的知识网络。

7. 教学反思

实际教学中，部分学生对 3D 动画中键的“断裂”可能产生物理脱离的误解，教师需同步强调电子云偏移本质，避免模型失真；微型创新实验若出现密封不严、溴水褪色不明显等失败情况，应提前准备备用装置，并组织学生分析失败原因，配合成功视频进行补救；另外，学生易混淆取代与消去反应的条件，可通过表格对比和断键动画反复强化。通过预设预案与灵活调整，可有效提升可视化教学的实效性。

8. 总结

本设计基于课程标准要求,创设真实情境,开展问题驱动,搭建球棍模型,设计创新实验、展示微观动画,归纳物质共性等可视化活动,依据微观结构、宏观性质、符号表征三重维度,引导学生多角度自主建构“卤代烃的结构与性质、应用”的知识体系,通过课堂检测环节实现过程性评价,进一步促进“学科知识-学科思维-学科能力-学科核心素养”的发展。

基金项目

新疆基础教育质量提升研究中心项目“基于核心素养的高中化学微观概念可视化教学研究”(WKJDYJS2506)阶段性研究成果;

新疆维吾尔自治区 2025 年度高校本科教育教学研究和改革项目“基于虚拟教研室建设的高校化学课程思政资源共建共享实践研究”(XJGXPTJG-2025127)阶段性研究成果;

中国教育学会教育科研课题“提升新疆初中学生科学探究能力的化学实验教学研究与实践”(2022001708048)阶段性研究成果。

参考文献

- [1] 侯善清. 核心素养导向下高中化学课堂教学策略研究[J]. 学周刊, 2026(12): 52-54.
- [2] 刘锦圳, 张贤金, 孔祥斌. 基于双重编码理论的化学教材插图教学[J]. 教学与管理, 2023(28): 51-53.
- [3] 刘金梅, 向冠南, 占亮亮, 等. 插图类型对多媒体学习的影响: 一项针对不同认知风格学习者的眼动研究[J]. 全球教育展望, 2025, 54(12): 56-73.
- [4] 李秀兵. 可视化方法在高中化学微观教学中的应用策略分析[J]. 高考, 2025(34): 123-125.
- [5] 张建波. 卤代烃官能团的名称及结构表示[J]. 化学教学, 2025(12): 95-97.
- [6] 李艳. 卤代烃消去反应实验的微型化研究[J]. 中学化学教学参考, 2021(9): 35-37.