

•教学研究与管理•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202212071

www.dxxh.pku.edu.cn

基于PBL教学模式的有机化学实验教学设计 ——以“安息香缩合反应”为例

王彩荣¹, 苏静¹, 梁亚琴¹, 孙凯^{2,*}¹长治学院化学系, 山西 长治 046011²烟台大学化学化工学院, 山东 烟台 264005

摘要: 有机化学实验作为高校化学、生物及相关本科专业的基础课程, 具有理论与实践、知识与创新相结合的学科特点。本文基于问题导向(PBL)教学模式, 对“安息香缩合反应”进行教学设计, 突出“问题为驱动, 学生为主体, 教师为主导, 育人为目标”教育理念。教学设计过程充分融入课程思政, 有效调动学生参与教学活动的积极性, 使学生在掌握操作技能巩固理论的同时, 全面提升自身的专业能力和综合素质, 体现教书与育人的双赢。

关键词: PBL教学模式; 有机化学实验; 安息香缩合; 教学设计

中图分类号: G64; O6

Teaching Design in Organic Chemistry Experiment Based on “PBL” Model: Taking Benzoin Condensation as an Example

Cairong Wang¹, Jing Su¹, Yaqin Liang¹, Kai Sun^{2,*}¹ Department of Chemistry, Changzhi College, Changzhi 046011, Shanxi Province, China.² College of Chemistry and Chemical Engineering, Yantai University, Yantai 264005, Shandong Province, China.

Abstract: As the basic course of chemical, biology and related majors in our university, organic chemistry experiment has the characteristics of combining theory and practice, knowledge and innovation. Based on PBL, the teaching design of Benzoin condensation reaction can embody the educational concept of “problem-driven, student-oriented, teacher-guided and education as the goal”. The teaching design is fully integrated with the curriculum of ideology and politics, which could not only enhance the enthusiasm of students to participate in teaching, but also effectively improve their professional ability and comprehensive quality. The course achieves the win-win situation between teaching and educating.

Key Words: Problem-based learning; Organic chemistry experiment; Benzoin condensation; Teaching design

问题导向PBL (Problem-based learning)教学模式以学生为中心, 以问题为驱动, 激发和引导学生通过自主探究、合作学习的方式共同解决问题^[1]。此教学模式要求教师设置有效的问题情境, 具有明确的目标性, 使学生在思考、分析及解决问题的过程中完成知识的学习和积累, 有助于学生掌握理论知识并解决实际问题, 还可培养其自主学习、创造性思维、团队协作等多方面能力。

有机化学实验是高校化学、生物及相关本科专业学生的必修课程之一。该课程具有很强实践性, 对于巩固、加深和拓展有机化学的基本理论知识, 培养学生实验操作能力、创新能力、综合分析和

收稿: 2022-12-26; 录用: 2023-04-11; 网络发表: 2023-04-24

*通讯作者, Email: sunk468@nenu.edu.cn

基金资助: 山西省教育厅教改项目(J2021690); 山西省教育科学规划项目(GH-220311); 国家自然科学基金(21801007)

解决问题的能力、科研能力等方面具有不可替代的作用^[2,3]。常规的教学过程存在诸多的问题,如:学生预习不到位,抓不住要点,实验过程中缺乏主动深入思考,经常“照方抓药”,实验结果讨论部分不能就自己的问题做出深入的分析,甚至不能自圆其说。为此,依托超星学习通教学平台,结合信息化教育技术,将PBL教学模式引入有机化学实验教学过程,以具体问题为驱动来调动学生参与实验教学的主动性,提升实验过程的针对性和有效性;通过教师有意识的引导和评价来构建知识的关联度,拓展知识的宽度和应用性;在问题解决的过程中,培养学生的创新精神和合作意识。

本论文以“安息香缩合反应”为例,通过PBL模式进行教学设计,结合线上教学将实验教学环节以问题的方式呈现,引导学生在熟练掌握基本操作的同时更好地巩固理论知识,在分析和解决具体问题的过程中培养创新思维和自主学习能力,有意识地向学生渗透安全意识和绿色环保等化学核心素养,强化青年大学生的社会责任和使命担当意识。

1 实验教学目标

1.1 知识学习

学习苯甲醛在维生素B₁ (VB₁)的条件下制备安息香(1,2-二苯基羟基乙酮)的原理和方法;巩固安息香缩合的反应相关理论内容。

1.2 能力培养

巩固回流、抽滤、洗涤、干燥等基本操作;引导学生归纳比较,构建知识体系,融会贯通;培养学生善于独立思考,运用理论知识分析和解决实际问题的能力。

1.3 素质目标

培养学生具有良好的创新意识、团队合作意识和求实的科学态度;强化学生的学科素养、人文素养和职业素养;引导青年大学生树立高度的社会责任感和使命感。

2 教学设计

安息香(Benzoin)缩合反应是指芳醛(不含 α -活泼氢)在含水乙醇中以氰化钠或氰化钾为催化剂,加热自身缩合,生成 α -羟基酮的反应。从反应名称看,安息香缩合是不以发明人命名的人名反应;从催化剂发展看,该反应使用VB₁进行催化,有效避免了氰化物的剧毒性;从理论角度分析,该缩合反应机理中包含反极性策略的应用;该实验操作步骤不繁琐,但总会有一些学生最终得不到产品而导致实验失败。羟醛缩合反应(Aldol)反应、安息香(Benzoin)反应、珀金(Perkin)反应、康尼扎罗(Cannizzaro)反应,都是以苯甲醛为原料的缩合反应,这四个反应原理均包含在我校使用的《有机化学实验》教材(后文简称“教材”)^[4]的第三部分——有机化合物的制备中,分别对应实验内容3-14, 3-16, 3-18和3-35部分。学生对这些反应理解不够深入,对于羰基上的亲核加成反应很难形成完整的知识体系。

基于上述分析,该实验采用PBL教学模式,其教学设计思路 and 教学实施过程分别见表1和图1。教师在不同的教学环节有针对性地设置问题,并通过相应教学活动有效驱动学生参与教学的积极性,成为教学活动的主体;教师适时给予灵活、客观的指导与评价,在传授显性知识同时,进一步引导学生探究反应本质,体现理论与实践的互相促进,提升学生创新思维能力;教学过程融入课程思政,提升学生综合素养。

3 教学实施案例

3.1 课程的导入

问题1. 探究实验标题中“安息香”的由来。

问题2. 该反应最早如何被发现和认识?

问题3. 探究中药安息香与本实验产物安息香的亲缘关系。

表1 安息香缩合反应的教学设计思路

	目标达成	问题的设置	教学实施	素材
实验预习	(一) 了解“安息香”俗名的由来, 安息香缩合反应的发现历史; (二) 探究中药安息香与化学试剂安息香的亲缘关系; (三) 培养学生的学科素养和人文素养, 感受化学学科的发展史及化学家探索自然、追求真理的科学精神	问题1. 探究实验标题“安息香”的由来 问题2. 该反应最早如何被发现和认识 问题3. 探究中药安息香与实验产物安息香的亲缘关系	课前学生通过文献查阅, 线上阅读方式思考; 课上教师提问, 引导, 总结	1. 安息香属于植物树脂, 可作为行气活血的药物; 2. 安息香是一种常见的有机化工原料; 3. 安息香缩合反应的偶然发现。 推荐阅读: 吴祺编著《有机化学史话》
	(一) 巩固安息香缩合反应的机理, 渗透反极性策略在有机合成上的应用; (二) 了解该反应催化剂的研究进展, 引导学生关注学科发展前沿; (三) 倡导学生树立绿色环保理念, 提升社会责任感	问题4. 传统的安息香缩合反应中, CN ⁻ 在缩合中的作用如何 问题5. 了解安息香缩合反应催化剂及合成方法的研究进展 问题6. 本实验中VB ₁ 如何实现催化作用	要求学生课前复习有机理论; 线上阅读文献导读; 教师课堂提问, 讲授, 提升	1. 李景宁, 《有机化学》第六版(上册) 370页, (下册) 146页 2. 文献阅读: 安息香缩合与应用研究进展
实验操作过程	(一) 规范学生实验操作, 要求学生掌握实验过程隐含的化学规律和本质; (二) 培养学生仔细观察、积极思考、实事求是的科学态度, 提高学生发现问题、分析和解决实际问题的能力; (三) 进一步强化学生的安全意识、环保意识, 提升学科素养和职业素养	问题7. VB ₁ 分子结构对反应体系的pH和反应温度有何要求 问题8. 反应投料顺序(NaOH的用量滴加细节)有何要求 问题9. 分析反应过程反应体系的pH保持在9-10的原因 问题10. 实验过程涉及的基本操作有哪些? 各操作注意事项如何	采取实验课堂集中讲授和实验过程个别检查指导相结合的方式展开。对于影响实验成败的关键步骤反复强调, 强化学生的理解和重视程度。对于基本操作则采用实验过程巡查、提问纠错等方式进行	1. 基本操作: 参考教材内容3-16部分, 包括试剂的前处理、回流、抽滤、洗涤、重结晶、干燥等操作; 2. 实验步骤: 在学生预习的基础上, 教师讲授过程中以板书呈现
	(一) 要求学生学会处理数据, 能正确分析实验结果, 规范书写实验报告; (二) 要求学生学会比较分析, 归纳反思, 掌握反应的本质及反应之间的内在联系, 融会贯通; (三) 引导学生运用辩证唯物主义观点, 养成科学的思维品质。通过分组讨论, 增强团队合作意识	问题11. 实验结果处理及分析 问题12. 安息香反应与羟醛缩合反应、珀金反应、康尼扎罗反应之间的关联如何 问题13. 通过实例启发学生思考: 分子内歧化反应与二苯基羟乙酸的重排反应的同一性	教师针对报告书写的规范性和结果分析的客观性进行个别评价指导; 通过课后作业, 要求分组合作, 以论文形式提交完成, 或集中展示PPT。教师点评, 拓展, 提升	要求: 分析本实验教材第三部分的实验3-14, 3-16, 3-18, 3-35, 四个有机制备实验都是以苯甲醛为底物的亲核加成或亲核加成-消除反应历程, 总结四种反应类型的本质及其关联性

最早的安息香(Benzoin)为安息香科植物白花树 *Styrax tonkinensis* (Pierre) Craib ex Hart. 的干燥树脂, 呈球形颗粒压结成的团块。安息香主要药理活性为开窍清神, 化浊解毒, 行气活血, 主治中暑、中风及温病痰热; 具有抗炎解热、抗肿瘤、保护血脑屏障和促进雌性激素分泌等功效^[5]。其化学成分为香脂酸类, 三萜类物质及少量木脂素类物质, 而安息香酸即苯甲酸(Benzoin acid)在安息香中总含量达10%–20%^[6]。本实验的合成产物安息香(Benzoin)又称苯偶姻、二苯乙醇酮、2-羟基-2-苯基苯乙酮或2-羟基-1,2-二苯基乙酮, 是一种无色或白色晶体。它是重要的医药中间体及有机化工原料, 广泛用作感光性树脂的光敏剂、染料中间体等^[7], 而它并非安息香树脂的组成成分。探究自然界中作为中药的安息香与化工原料安息香两者的关系, 还需要溯源到“安息香缩合反应”的发现。

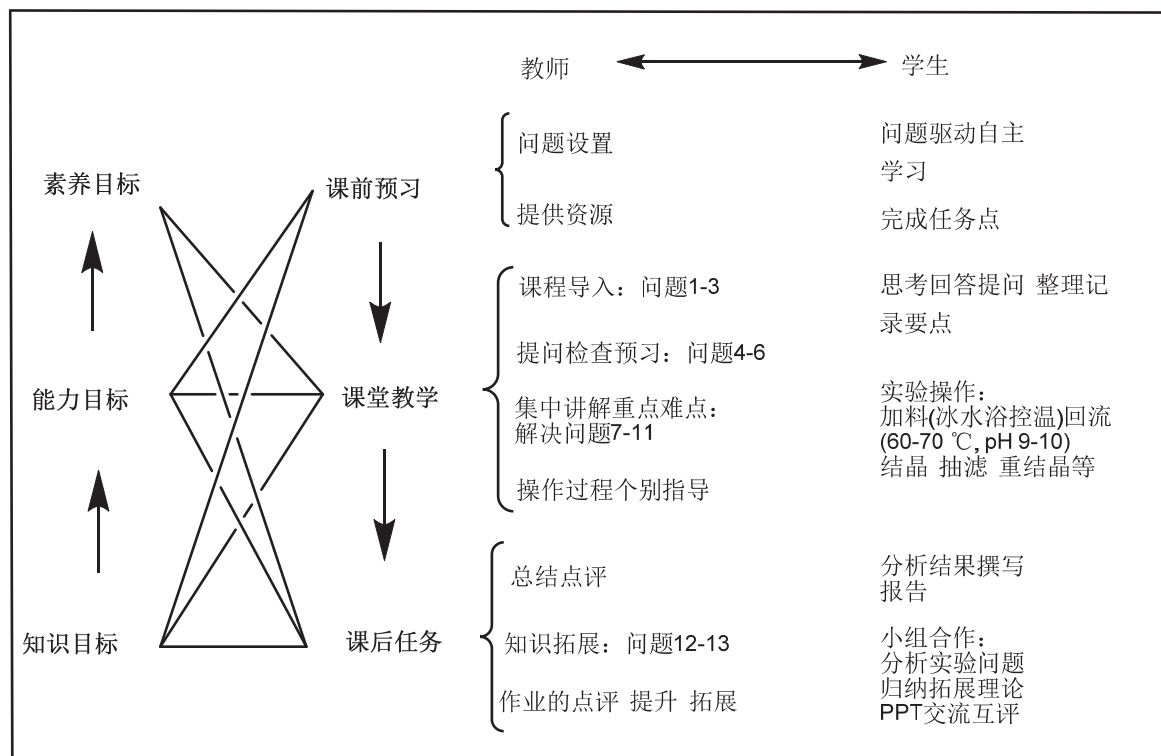


图1 安息香缩合反应的教学实施过程

1832年,德国化学家维勒(F. Wöhler, 1800–1882)和李比希(J. von Liebig, 1803–1873)在用碱洗涤苦杏仁油来提取其中的酸性成分时,意外得到熔点为132–136 °C的结晶,即安息香。后经严谨的探究分析表明:安息香的形成原因源于苦杏仁中存在的苦杏仁苷,碱性条件下可以水解成氢氰酸和苯甲醛^[8]。当年,维勒和李比希两位化学家在《关于安息香酸基的研究》一文中最早对基团理论作出了重要解释^[9],认为有机化学的任务就是不断发现基,寻找基与基之间的关联,苯甲醛可以转变为安息香酸、安息香酰氯和安息香酰胺等化合物,这些分子中都包含一个复合基“苯甲酰基”(Benzoyl)。1834年,米希尔里希(E. E. Mitscherlich, 1794–1863)通过加热安息香和石灰的混合物蒸馏得到一种无色油状液体,当时命名为Benzene (译音:安息油,即“苯”)。显然Benzoin (安息香), Benzoin acid (安息香酸), Benzene (安息油)名称的沿用也正是当时“基团”背景下化学衍生的一种证据^[10]。这也是现代有机化学中官能团的最早雏形。

课前预习以问题为驱动,要求学生课前通过文献查阅的方式寻找答案。课堂上,教师通过提问检查学生的预习情况,通过PPT展示药物安息香科植物的形态、安息香树脂的外形以及化学试剂安息香化学结构和形态,对概念“安息香”进行溯源与剖析(图2)。一方面结合学生预习情况进行归纳点评,让学生对“安息香”这一概念形成正确完整的认识;另一方面通过切入化学史,拓展学生的视野,让学生真正感受化学源于自然,以及化学家在认识自然和改造自然的科学研究过程中体现出的探索精神和创新精神。

3.2 反应催化剂的研究进展

问题4. 传统的安息香缩合反应中,催化剂 CN^- 在反应过程中的作用如何?

问题5. 了解安息香缩合反应催化剂及合成方法的研究进展。

问题6. 本实验中 VB_1 如何催化安息香缩合反应?

学生课前进行线上文献导读,弄清 CN^- 在反应过程中的三方面作用;同时要求学生关注催化剂的改进及新合成技术方法的应用。

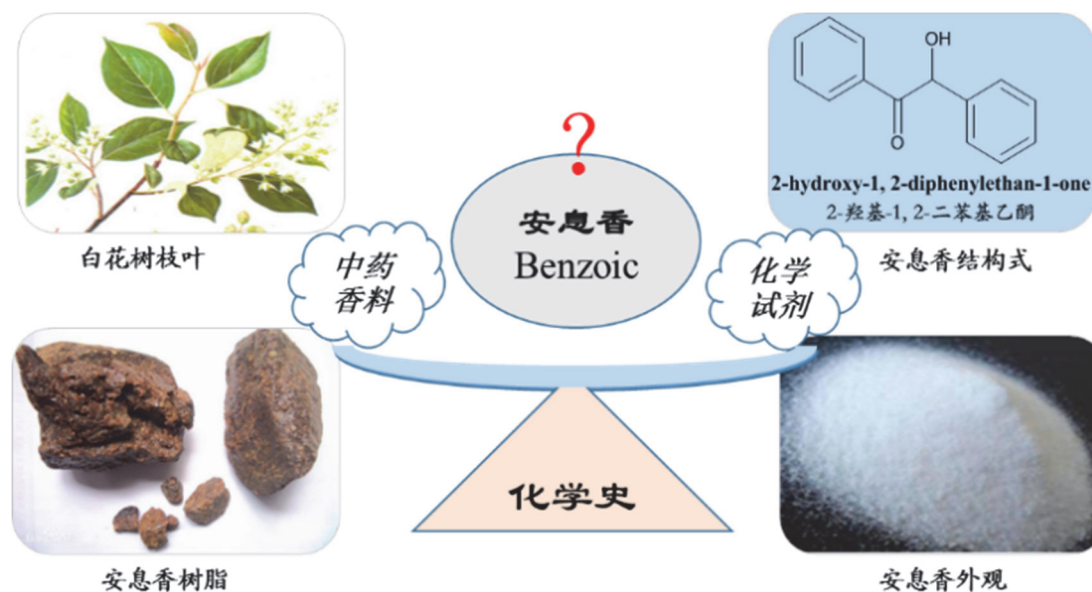
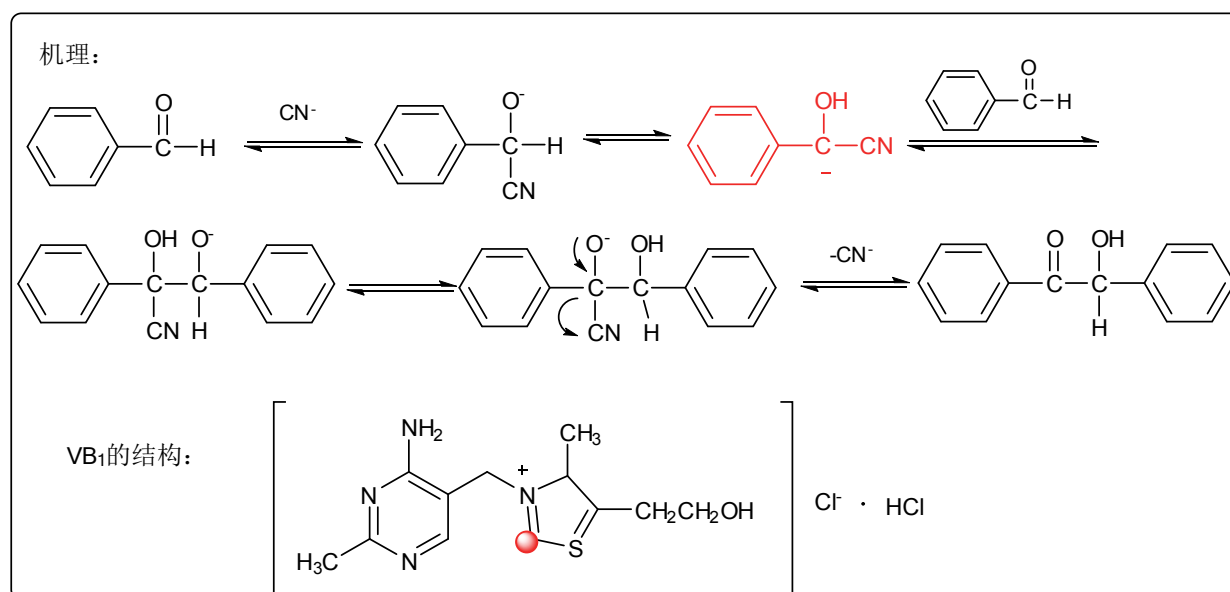


图2 关于“安息香”的溯源与剖析

安息香缩合反应最早1832年使用的催化剂是有剧毒氰化物^[8], 1943年Ukai等^[11]发现VB₁也可以催化该缩合反应, VB₁价廉易得, 操作安全, 效果良好。1958年Breslow^[12]提出了VB₁作为噻唑环催化该反应的机理。近年来, 一些高效合成手段的介入安息香缩合反应: 采用相转移催化-VB₁法、超声波-VB₁法、微波-VB₁法、金属催化法、生物催化法等, 进一步减少有毒催化剂的使用, 提高反应的产率^[13-15], 并拓展了反应的适用范围及其在化学和医药等领域的应用价值。

课堂上向学生讲授安息香缩合反应机理(图3)的同时, 引导学生认识反应机理中包含的“反极性策略”。通过讲解该反应催化剂的研究进展以及现代有机合成新方法新技术的应用, 向学生渗透环境保护意识和绿色可持续发展理念, 引导学生要树立敢于创新, 积极进取的科学精神, 激发学生的专业认同感和社会责任感。

图3 安息香缩合反应的机理及VB₁的结构

3.3 实验操作环节

在讲解实验步骤过程中,从分析VB₁的结构和催化机理入手,通过课堂设置问题启发学生进行分析思考,设计教学思路,使学生对知识点的掌握环环相扣,一脉相承。引导学生抓住反应操作过程的关键环节,确保实验取得成功。

问题7. 分析VB₁的分子结构对反应体系的pH和反应的温度有何要求?

问题8. 反应投料顺序(NaOH的用量滴加细节)有何要求?

问题9. 分析整个反应过程要求反应体系的pH保持在9-10的原因。

问题10. 实验过程涉及的基本操作有哪些?各操作注意事项如何?

问题11. 实验结果处理及分析。

首先VB₁分子中噻唑环上N原子和S原子之间C上的活泼H和NaOH作用产生亲核位点,然后才能进攻苯甲醛进行安息香缩合反应。同时,强碱条件会导致VB₁的噻唑环易开环而失去催化活性,也会导致苯甲醛发生歧化反应。在剖析问题的基础上引导学生认识“投料”是该实验成败的关键环节:10%的NaOH与VB₁混合时的物质的量要求(约1:1),滴加的低温条件(两者均冰水浴中充分冷却),滴加的速度控制(逐滴),滴加的顺序(前两者混合后加入苯甲醛)。另外,由于体系可能含有少量苯甲酸,或者副反应(苯甲醛的歧化)会生成的少量苯甲酸都可能会消耗部分NaOH用量,从而会影响反应体系的pH,因此反应回流过程应实时监测体系pH(9-10),必要时需滴加10% NaOH溶液。本实验过程涉及的基本操作有:回流、结晶、抽滤、洗涤、干燥、重结晶等,在具体的操作过程中,教师现场纠错、指导和评价,力求学生操作过程规范准确。

在实验操作教学环节,除了规范操作外,要求学生学会收集整理数据,并能结合数据进行客观理性的分析是实验教学的基本要求。问题11有意识地强调结果分析的重要性,教师对于小组的实验结果进行检查、评价与分析,引导学生从操作过程、分离纯化过程等角度具体分析,符合逻辑,实事求是。正是由于VB₁催化该反应的产率不高,且pH要求导致目前无法实现工业化的推广。

总之,PBL教学模式贯穿有机化学实验课堂教学,能够启发学生积极思考、主动探索实验现象后面隐含的本质、对操作内容有透彻的理解,避免照方抓药的现象,实验过程能体现学生参与的主体性,培养学生思维的积极性、逻辑性与创新性,提升学生的化学核心素养。

3.4 课后整理与反思:对于苯甲醛关联反应的架构整合

问题12. 安息香缩合、羟醛缩合反应、珀金反应和康尼扎罗(歧化)反应之间的关联如何?

苯甲醛是一种常见的有机合成原料。安息香缩合反应、羟醛缩合反应、珀金反应、康尼扎罗反应都是以苯甲醛为原料的缩合反应,与这四个缩合反应相关的制备均包含在教材《有机化学实验》的第三部分——有机化合物的制备中,分别对应实验内容3-14, 3-16, 3-18和3-35部分。四个缩合反应本质都是在碱性条件下,不同亲核试剂对苯甲醛中羰基的亲核加成反应,同时各有特点,各不相同。为了进一步巩固有机化学理论内容,有意识引导学生将相关知识点创新性进行融合,强化知识的迁移与应用能力的培养,要求学生在课后构建以苯甲醛为核心的一个知识模块,通过开展小组讨论,以论文的形式提交。

教师在对学提交作业进行评价的基础上,将相关内容整合成以苯甲醛为反应中心的知识模块(图4)。首先苯甲醛分子中不含有 α -H,作为反应底物容易接受不同亲核试剂的进攻:与具有 α -H的丙酮发生羟醛缩合反应,制得 α,β 不饱和羰基化合物(A);与乙酸酐在乙酸盐存在下发生珀金反应,制得肉桂酸(C)。这两个反应的实质没有区别,珀金反应可以理解为羟醛缩合反应的拓展;苯甲醛在CN⁻或VB₁的催化作用下发生安息香缩合反应,得到苯偶姻(B);若苯甲醛浓碱中被HO⁻进攻,则发生分子间的歧化反应,产物为苯甲醇和苯甲酸(D)。引导学生比较两种亲核试剂CN⁻和HO⁻的结构差异性,导致两种反应机理的差异性。

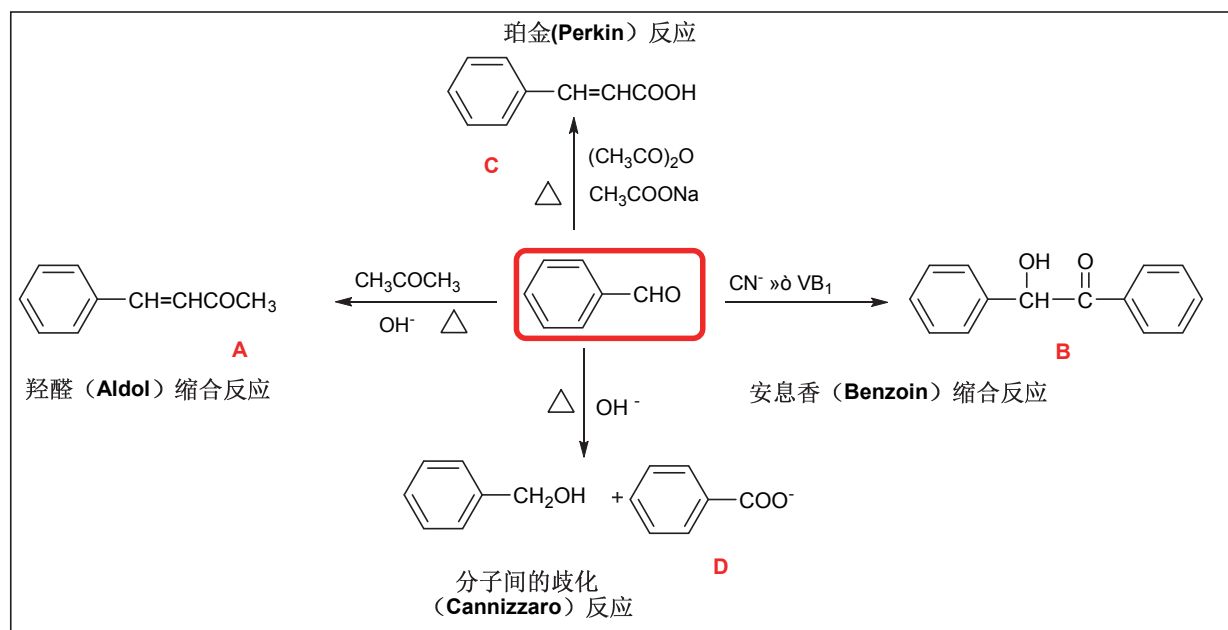


图4 以苯甲醛为反应中心的知识模块

教师设计过程中将多个相关知识点梳理并构建知识框架, 避免学生对知识点死记硬背、张冠李戴现象, 能更好掌握知识之间的内在联系。要求学生将安息香缩合的产物(B)进行拓展和延伸(图5), 将化合物(B)进一步还原和氧化分别得到具有对称结构的1,2-二醇(E)和1,2-二酮(F), 然后化合物(E)在酸的条件下发生频哪醇重排反应得到化合物(G), 而化合物(F)在碱作用下发生二苯基羟乙酸的重排反应得到化合物(H)。学生经过比较分析方便将零散的知识点串起来, 巩固有机化学的基本理论。通过小组讨论, 也增强了学生的团队意识和协作精神。

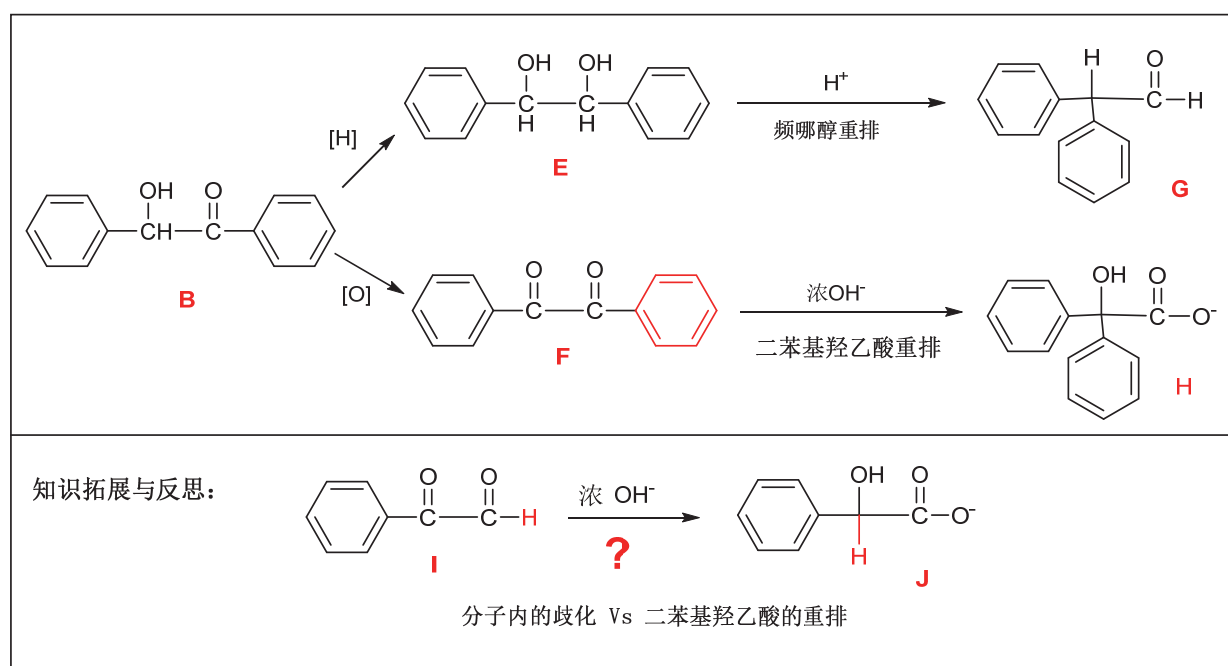


图5 安息香反应的延伸与拓展

问题13. 通过实例启发学生思考: 分子内歧化反应与二苯基羟乙酸的重排反应的同一性。

将图5中(F)分子的一个苯环替换为氢原子得到化合物(I), (I)在浓碱条件下会如何进行反应呢?

分子(I)转化为(J)可以理解为(H)转化为(F)过程中氢原子替换苯环带电子对迁移的二苯基羟乙酸的重排, 也可以从(I)在强碱条件下分子内歧化反应的视角去分析, 其中分子中的醛基被氧化, 而酮羰基被H⁻还原为醇。通过分析验证两种反应思路实质是统一的。综合分析: 上述反应的核心都是亲核加成反应, 而底物羰基的活性、试剂的亲核能力、基团的离去能力是直接影响反应类型的原因。理解反应理论关联性, 对于掌握有机化学理论, 合成或构建有机化合物具有重要意义。该环节在归纳过程中, 适时融入结构决定性质的化学思想及透过现象揭示本质的哲学思维, 提升学生综合素质。

4 教学评价

有机化学实验教学中引入PBL教学模式, 将学生的学习活动设置到问题情景中, 通过自主探究和合作来解决问题, 调动了学生参与实验教学的积极性和主动性, 提高了学生完成任务的针对性和有效性; 通过学习隐含在问题背后的知识, 锻炼学生解决问题的技能和自主学习的能力。教学实践表明, 以问题为驱动的学习模式, 改变了以往学生对待实验教学的态度, 课前课后的任务不只停留在预习报告和实验报告中实验要素的重复书写。问题驱动下, 文献阅读、资料查找、自主学习、小组讨论、相互交流和课后反馈等多种方式的交互, 很大程度上提高了学生的学习兴趣; 实验过程改变了学生以往“照方抓药”式的教条, 遇到问题不是被动向老师索要方法或答案, 而是主动思考, 大胆实践, 探究解决问题的方法, 或通过组间协助得到解决。通过PBL模式的实验教学实践, 学生实验操作技能有了明显提高, 目前参加教师科研训练和大学生创新创业大赛的学生人数也呈现增长的趋势; 学生理论知识的掌握更加系统扎实, 真正实现了有机化学理论教学与实验教学的有效衔接和相互促进。问题设计过程中充分融入课程思政, 在传授专业知识和培养能力过程中, 学生的价值观念、人文素养、安全意识、环保理念有了更大的提升, 进一步增强了当代大学生的责任意识和使命担当。

5 结语

运用问题导向PBL教学模式进行有机化学实验教学, 并在教学设计过程中充分融入课程思政, 将育人理念内化到课程教学过程的各环节, 体现了“问题为基础, 学生为主体, 教师为主导, 育人为目标”的教育理念, 教学实践取得了一定的教学效果。当然, 作为一种新的教学模式, 每个实验项目中“问题”的建构与设计, 以及问题对学生后续学习过程的有效“驱动”, 都对教师自身的专业素养, 教学技能, 组织管理能力提出更高的要求。因此基于PBL教学模式的有机化学实验教学改革任重而道远。

参 考 文 献

- [1] 杨金凤, 马彦梅, 刘红, 韦文珍, 杨建荣. 化学教育(中英文), **2018**, 39 (16), 40.
- [2] 冯华杰, 孙振范, 王崇太. 化学教育(中英文), **2022**, 43 (18), 71.
- [3] 李厚金, 陈六平. 大学化学, **2018**, 33 (1), 7.
- [4] 曾和平. 有机化学实验. 第5版. 北京: 高等教育出版社, 2020.
- [5] 李因刚, 周小平, 柳新红, 华朝晖, 刘伟, 刘建灵, 谢建秋. 浙江林业科技, **2010**, 30 (3), 27.
- [6] 张丽, 张卿, 梁秋明, 王斐斐, 贤明华, 王峰. 中国实验方剂学杂志, **2020**, 26 (4), 191.
- [7] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部). 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 2.
- [8] Wöhler, F.; Liebig, J. *Ann. Pharm.* **1832**, 3, 249.
- [9] Constable, E. C.; Housecroft, C. E. *Chemistry* **2020**, 2, 293.

- [10] 吴祺. 有机化学史话. 西安: 陕西师范大学出版社, 2017: 104.
- [11] Ukai, T.; Tanaka, S.; Dokawa, S. *J. Pharm. Soc. Jpn.* **1943**, 63, 296.
- [12] Breslow, R. *J. Am. Chem. Soc.* **1958**, 80, 3719.
- [13] 杜欣, 王天泽, 陈渡文, 于景成, 沙广燕. 大学化学, **2020**, 35 (4), 19.
- [14] 张康华, 曹小华, 陶春元, 全民强. 安徽农业科学, **2009**, 37 (30), 14549.
- [15] 陈洁, 赵明, 周岭. 大学化学, **2018**, 33 (12), 33.

欢迎订阅《物理化学学报》

2024 年全国报刊杂志征订工作已经开始, 敬请向贵单位推荐订阅 2024 年《物理化学学报》。

《物理化学学报》是由中国科学技术协会主管, 中国化学会和北京大学共同主办, 北京大学化学与分子工程学院学报编辑部编辑出版的学术刊物。设有“通讯”、“展望”、“专论”、“综述”、“论文”等栏目, 报道物理化学学科及交叉学科的基础研究及应用研究的创新成果。

中国科学院院士、北京大学刘忠范教授担任主编; 编委会中有 9 位两院院士, 1 位欧洲科学院外籍院士, 1 位加拿大科学院院士, 15 位海外学者。2004 年, 获得国内期刊界最高奖——第三届全国期刊奖百种重点期刊奖; 2015 年入选国家新闻出版广电总局“百强报刊”。中国科协精品科技期刊工程项目资助出版。WOS 公布的 2022 年期刊影响因子(JIF)为 10.9。读者普遍认为《物理化学学报》具有极高的学术价值和收藏价值。

《物理化学学报》已被美国《科学引文索引》(SCI)网络版、美国《化学文摘》(CA)、日本《科技文献速报》、俄罗斯《文献杂志》(AJ)、中国科协和国家自然科学基金委主办的《中国学术期刊文摘》、中国科学技术部万方数据网络中心的《中国科技论文与引文数据库》(CSTPCD)、中国科学院文献情报中心的《中国科学引文数据库》、中国生物学文献数据中心的《中国生物文摘》等国内外多种著名检索刊物和文献数据库摘引和收录。

《物理化学学报》现为月刊, 大 16 开本, 亚光铜版纸印刷。2024 年订价 80.00 元/册, 全年订价 960.00 元。国内邮发代号 82-163, 欢迎国内读者到当地邮局订阅, 国外读者可通过中国国际图书贸易总公司订阅(Code No 1443-MO)。若通过邮局订阅有困难或错过订阅, 请直接与编辑部联系。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆订阅。

地址: 北京大学化学学院《物理化学学报》编辑部

邮编: 100871

电话: +86-10-62751724

邮箱: whxb@pku.edu.cn

网址: <http://www.whxb.pku.edu.cn>

《物理化学学报》编辑部