

基于项目式学习的高中化学分子复习课的教学设计

——以“甲醛分子的结构与性质复习”为例

白安纳 杨晓军* 李珮瑶

延安大学化学与化工学院

摘要: 本文以“甲醛分子”为项目研究主题设计教学方案,结合学生已有知识经验,通过“甲醛分子的空间结构”“从分子结构认识甲醛的性质”“活性炭吸附甲醛分子的研究”以及“设计一种吸收甲醛分子的新型材料”4个项目子任务展开。旨在优化传统复习课堂教学模式,激发学生学习兴趣,进而使学生更好地利用化学知识和认知模型解决社会问题,深化对“结构决定性质”的理解,使学生在解决问题的活动中逐步发展并提高化学学科核心素养。

关键词: 项目式学习; 分子结构; 教学设计; 复习课; 甲醛分子

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2024.09.053

一、项目主题内容分析

《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》指出:化学学科的特征是从微观层次认识物质,以符号形式描述物质,在不同层面创造物质,其中包括研究物质的组成、结构、性质、转化及其应用等^[1]。项目式学习(Project-based-Learning)是一种全新的教学方法和学习模式,以学生为中心、以问题为导向,聚焦复杂真实的现实生活问题呈现精心设计的产品和进行任务探究过程促进学生发展,培养核心素养。

甲醛作为化工生产和日常生活中的一种有机化合物,在提高生活品质方面有着重要的用途。以高中教材(人教版为例),必修二中以官能团醛基(-CHO)了解到甲醛,又名蚁醛(CH₂O),35%-40%的甲醛水溶液是人们所熟知的福尔马林溶液^[2]。选择性必修三中提到甲醛是最简单的醛,又叫蚁醛,是一种无色、有强烈刺激性气味的气体,易溶于水,分子结构中含有醛基,其化学性质与乙醛相似,可以被还原成醇,被氧化为羧酸,可以发生银镜反应,能与氰化氢加成;它的用途非常广泛,是一种能合成多种有机物的重要化工原料,它的水溶液(又称福尔马林)具有杀菌、防腐性能,可用于消毒和制作生物标本,但使用不当会对人体健康造成危害^[3]。

本课题选自选择性必修二(人教版)第二章分子结构与性质总复习,它是继第一章原子结构与性质学习之后,进一步从分子角度让学生认识物质的结构与性质的重要章节,同时也对高中阶段元素化合物和元素周期律进行拓展和提升,具有承前启后的作用。本课题以甲醛分子为例,采用多种教学方法丰富项目式学习的主体教学模式,在学生基本掌握甲醛分子结构基础上,进一步

探究分子的空间结构——性质——用途之间的关系,使教学过程更全面、更广泛,并在设计中要发挥项目式学习方法的优势,这是本案例设计的重心。

二、项目教学目标

(一)学情分析

高二学生通过第一章“原子结构与性质”的学习,已经对原子结构、元素周期律、化学键及分子的空间结构和性质有了初步的认知。同时,学生在之前对醛类化合物中已经对甲醛的结构和性质以及用途有了基础的认知,拥有一定的宏微观探析的意识,在有机化学和结构化学的基础上初步建立证据推理和模型认知的分析问题的方法和思路,具有一定证据搜集、处理数据、分析问题的能力^[4]。

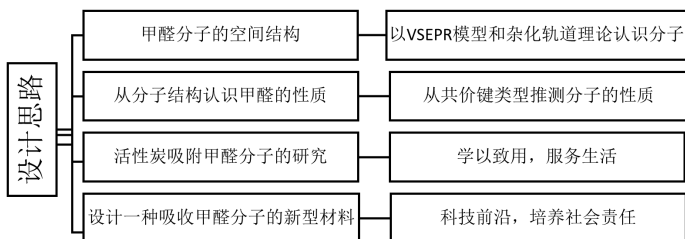
但学生对于自身已掌握的知识和方法在不同情境中融合、应用、拓展能力较弱,例如学习分子的结构和性质时,难以将理论与实践相结合,独立分析问题能力有待加强。本次项目式学习学生对项目研究中的项目进行拆解还不能完全独立完成,在老师的引导下依次拆解为四个依次递进的学习任务。

(二)素养目标

1. 能从不同层次认识甲醛分子的构型,并对共价键进行分类,能从宏观与微观相结合的视角分析与解决实际问题;
2. 认识共价键的本质与类型,能多角度、动态地分析甲醛分子的立体结构及性质,并运用相关理论解决实际问题;
3. 能运用价电子互斥模型和杂化轨道理论等,解释甲醛分子的结构与性质,揭示现象的本质和规律;

4. 能发现和提出有探究价值的分子结构性质的问题, 设计探究方案并进行分析;

三、项目设计思路



四、项目实施过程

【项目引导】近年来, 有关商品质量的投诉和报道屡见不鲜, 其中不少事件的主角都指向了同一种物质——甲醛。随着媒体的频频曝光, 甲醛逐步走进人们的视线, 它作为一种重要的合成原料, 可用于皮革加工、染色定型、胶粘剂、杀菌防腐等(图片展示)。那么, 以甲醛分子的结构是什么样的呢? 与它的性质又有什么样的关系呢? 让我们从甲醛分子的空间结构出发, 一起进入分子的结构与性质这章内容的总复习!

【项目任务一】甲醛分子的空间结构?

【任务引导】已知甲醛分子的化学式为 CH_2O

【驱动型问题 1】如何判断并表达甲醛分子的空间结构?

【研究思路交流·学生】判断甲醛分子的空间结构需要运用价电子互斥模型: 价层电子对数 = σ 键电子对数 + 孤电子对数。

①中心原子为 C, 与 H、O 共形成 σ 键电子对数 = 3 个;

② C 原子的价电子数 = 4, 所结合的一个 O 原子能接受 2 个电子, 两个 H 原子共接受 2 个电子; ③中心原子 C 的孤电子对数 = $\frac{1}{2}(a-xb) = \frac{1}{2}(4-1 \times 2-2 \times 1) \times \frac{1}{2} = 0$ 。

∴ 甲醛分子有 3 个价层电子对, 为平面三角形分子, 键角约 120° 。

【驱动型问题 2】如何解释甲醛分子的空间结构特征?

【研究思路交流·学生】解释甲醛分子的空间结构需要运用杂化轨道理论: 判断杂化的轨道数目。

甲醛分子的 C 原子的价层电子轨道为 1 个 s 轨道和 3 个 p 轨道, C 原子与 3 个原子成键, C 原子没有孤电子对, 所以 C 原子的 2s 轨道和 2 个 2p 轨道发生 sp^2 杂化, 形成 3 个 sp^2 杂化轨道, 剩余 1 个未参与杂化的 p 轨道。C 原子利用 3 个 sp^2 杂化轨道与 2 个 H 原子和 1 个 O 原子

以“头碰头”形成 3 个 σ 键, 3 个 sp^2 杂化轨道沿平面三角形 3 个顶点, 所以甲醛分子为平面三角形结构, 键角约 120° 。C 原子未参与杂化的 2p 轨道与 O 原子另 1 个单电子轨道以“肩并肩”形式形成 1 个 π 键, 所以 C 原子和 O 原子形成 1 个 σ 键和 1 个 π 键, 因此, 甲醛分子中含有碳氧双键。

【驱动型问题 3】如何表达甲醛分子的空间结构?

【项目任务二】从分子结构认识甲醛的性质?

【任务引导】甲醛和蛋白质发生加成反应, 此反应在甲醛作为防腐剂和杀菌剂的用途上起到了关键作用。因此 37% 左右的甲醛水溶液具有杀菌、防腐性能用于消毒和制作生物标本。

【驱动型问题 1】为什么甲醛易溶于水?

【学生讨论——将学生进行分组, 组内讨论项目研究思路, 然后汇报交流】【研究思路交流·学生】

根据“相似相溶”, 极性分子溶于极性分子, 非极性分子溶于非极性分子。由图可知, 电负性: $\text{O} > \text{C}$, 碳氧双键为极性共价键, 偏向 O 原子, O 呈负电性, 电负性: $\text{C} > \text{H}$, 碳氢单键为极性共价键, 偏向 C 原子, H 呈正电性, 因此甲醛分子各个键的极性的向量和不等于 0, 所以甲醛分子为极性分子。同理, 水分子也是极性分子。根据“极性分子溶于极性分子”原理, 甲醛易溶于水。

甲醛分子中的 O 原子含有 2 个孤电子对, 它们与 H_2O 中电 H 原子形成氢键, 增大甲醛分子和水分子之间的分子间作用力, 这也是甲醛易溶于水的原因。

【驱动型问题 2】甲醛如何与蛋白质发生加成反应? (用 R-NH_2 表示蛋白质的氨基)

【研究思路交流·学生】甲醛分子内含有碳氧双键, 断裂其中 π 键, 氨基断裂 N-H 单键, 与甲醛分子发生加成反应。碳氧双键为极性共价键, 电子对偏向 O 原子, O 呈负电性, C 为呈正电性。而 N-H 单键也是极性共价键, 电子对偏向 N 原子, N 呈负电性, H 为呈正电性, 反应后得到产物 $\text{R-NH-CH}_2\text{-OH}$ 。

【项目任务三】活性炭吸附甲醛分子的研究

【教师引导】甲醛在日常生活中有许多应用, 如何解决甲醛的污染问题呢?

【学生讨论】可以采用物理或者化学方法回收再利用、寻找和甲醛结构相似但污染较轻的物质做替代品、从源头上减少甲醛的使用量……

【查阅资料】活性炭疏松多孔的结构可以吸附甲醛

分子。研究发现，在潮湿的环境中，活性炭对甲醛的吸附能力会降低。

【驱动型问题】请从分子极性的角度，分析潮湿环境降低活性炭对甲醛吸附作用的原因？为什么新装修的房子在阴雨天甲醛气味更刺鼻呢？

【小组 1】甲醛和水分子都可以被吸附，且都为极性分子，存在竞争关系，因此在潮湿环境中，活性炭对甲醛吸附作用会下降。

【小组 2】甲醛原来被吸附在建筑材料中，当水分子浓度过大，也可以被吸附在建筑材料，存在竞争关系，而且甲醛易溶于水，空气中水分子过多时，甲醛也存在于空气中。

【教师总结】活性炭吸附甲醛的影响因素较多，为了提高活性炭对甲醛的吸附效果，我们可以根据分子结构特点和甲醛的化学性质（加成反应、氧化反应）对活性炭进行改性，请感兴趣的同学课下查阅资料，从不同角度提出活性炭改性的研究方向。

【项目任务四】设计一种吸收甲醛分子的新型材料

【播放视频】2020 年刘明博士在英国利物浦的研究团队刚由 Nature Research 评选出的“最佳技术转化奖”，他们的研究方向是通过设计一种叫作“分子笼”的新型多孔材料，来清除室内空气污染，尤其是令我们深恶痛绝的甲醛。

【驱动型问题】如果让你设计一种吸收甲醛分子的新型材料，你觉得它的分子结构应该是什么样的呢？

【学生讨论——总结归纳，提出建议】可以通过改变“分子笼”上的活性位点结构，可以吸收其他的气体污染物。

【教师总结】随着科技的发展，科学家们也不断研究出更加高效快速去除甲醛的方法，希望在座的同学们能为此做出努力，课下通过查阅资料，思考是否还有其他的科技产品消除甲醛？

五、项目教学反思及改进措施

(一) 以问题为导向，激发学生学习兴趣

以“甲醛分子”为例“以学生为中心、以问题为导向”进行项目式在分子结构与性质复习课中进行教学设计，在教学过程中设置了丰富的驱动型问题，环环相扣，激发学生的好奇心，让学生积极主动的进行项目学习^[5]。项目任务 1 通过价电子互斥模型和杂化轨道理论对甲醛分子的空间结构进行了判断与解释；项目任务 2 甲醛为

何易溶于水，既是对“相似相溶”原理的应用，又帮助学生正确认识氢键的性质；项目任务 3 从污染的角度对活性炭吸附甲醛分子原理进行了解释，学生以小组合作的方式参与讨论，培养了团队合作意识；项目任务 4 借助文献资料，学生像科学家一样自主设计新型材料，既是对学生创造能力的考查，也从科技前沿中体验到化学知识对人类社会的影响魅力。在教师积极主动引导下帮助学生获得利用化学知识解决实际问题的成就感，在循序渐进的教学环节中，逐步完成甲醛分子的结构与性质本章知识点的总复习，使学生的证据推理和模型认知与科学态度和社会责任的核心素养得到了较水平的发展，较好地完成了项目教学目标。

(二) 以结果为导向，教师反思教学问题

在学科内容方面，本节课通过甲醛分子的结构与性质对本章内容进行连续 4 个子任务，学生从已有知识经验出发，在解决真实情景问题中体会理论与实践的距离^[6]。本章内容总复习对于高二学生在知识的运用和综合方面要求过高，比如运用所学知识去解决有关甲醛分子的实际应用问题，学生在此方面对于问题的解决并不能对知识进行完美融合，导致课堂效率不是很高。在探究性学习活动的过程中，由于缺少从基团之间相互影响的角度培养学生的模型建构和认知能力，这都需要后续课时的学习中加以补充。其次，不同层次学生所掌握的知识内容各有差异，课堂上难以兼顾全体学生的作答情况。因此，怎样激发和推动不同层次阶段的学生能在自身的发展区域得到发展，并能完成自身对知识内容的建构对于教师来说是非常值得思考的问题。

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). 北京: 人民教育出版社, 2020.
- [2] 王晶, 郑长龙. 普通高中教科书: 化学(必修 2). 北京: 人民教育出版社, 2020: 81.
- [3] 王晶, 郑长龙. 普通高中教科书: 有机化学基础(化学选择性必修 3) 北京: 人民教育出版社, 2020: 68-69.
- [4] 严文静. 化学复习课的项目式教学设计与实践——以“氧化还原反应”为例. 江西师范大学, 2023.
- [5] 张晓莉, 徐佳, 李玲, 等. 化学教育(中英文), 2023, 44(19): 127-129.
- [6] 任晓蒙, 符爱琴. 化学教育(中英文), 2024, 45(5): 65-70.