

课程思政视域下“PBL”教学模式在无机化学实验教学中的应用 ——以碳酸锰的制备为例

孙长艳*, 周花蕾, 董彬

北京科技大学化学与生物工程学院化学与化学工程系, 北京 100083

摘要: 本文以“碳酸锰的制备”实验为例, 在无机化学实验课程中应用了Problem Based Learning (“PBL”)教学模式。通过设计系列问题, 引导学生进行自主学习、合作交流、问题分析和实验验证, 实现了知识传授和价值引领的有机融合。“PBL”教学模式不仅为无机化学实验教学的改革和创新提供了有益的探索和尝试, 而且还为课程思政的开展提供了良好的平台。

关键词: “PBL”教学模式; 课程思政; 无机化学实验; 碳酸锰的制备

中图分类号: G64; O6

Application of “PBL” Teaching Mode in Inorganic Chemistry Experimental Education in the Perspective of Course Ideology and Politics: Taking Preparation of Manganese Carbonate as an Example

Changyan Sun*, Hualei Zhou, Bin Dong

Department of Chemistry and Chemical Engineering, School of Chemistry and Biological Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing, 100083, China.

Abstract: This paper takes the experiment of “preparation of manganese carbonate” as an example, and applies the teaching mode of problem-based learning (“PBL”) in the inorganic chemistry laboratory course. Through the design of a series of problems, students are guided to engage in independent learning, cooperative communication, problem analysis and experimental verification, thereby achieving an organic integration of knowledge transfer and value guidance. The application of “PBL” teaching mode in inorganic chemistry experimental education not only provides valuable exploration and attempt for the reform and innovation of the teaching, but also provides an excellent platform for the integration of course ideology and politics.

Key Words: “PBL” teaching mode; Course ideology and politics; Inorganic chemistry experiment; Preparation of manganese carbonate

党的十八大以来, 以习近平同志为核心的党中央高度重视高校思想政治工作。2016年习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上明确指出^[1]“要坚持把立德树人作为中心环节, 把思想政治工作贯穿教育教学全过程, 实现全程育人、全方位育人”。为了更好地贯彻落实习近平总书记的重要讲话精神, 各高校都在积极开展课程思政建设, 充分发挥专业课堂的育人功能, 将知识传授与价值

收稿: 2024-02-03; 录用: 2024-04-15; 网络发表: 2024-07-29

*通讯作者, Email: cysun@ustb.edu.cn

基金资助: 北京科技大学青年教学骨干人才项目(2302019JXGGRC-003); 北京科技大学重大教改项目(JG2023ZD05); 北京科技大学教改项目(JG2022M39)

引领有机融合，更好地完成立德树人这一根本任务。

无机化学和无机化学实验是化学、材料、冶金、能源等相关专业大学一年级学生的重要基础课程。上述专业的学生通过这两门课程的学习，掌握化学反应的原理、物质结构的基础理论、元素化学的基本知识及化学实验的基本技能，了解与化学密切相关的社会热点、科技发展、学科渗透交叉等方面的知识，培养创新能力、实践能力以及用化学的思想和观点解决实际问题的综合能力。文献中关于在无机化学课程中开展课程思政建设的报道已经很多^[2-7]，在无机化学实验课程中开展课程思政建设的研究还相对较少^[8,9]。但是，作为一门实践类课程，无机化学实验含有非常丰富且独特的思政元素，如安全意识、环保理念、求实精神、创新意识、思辨精神、家国情怀等等。如果能将这些思政元素有机的融入课堂教学中，一定能起到良好的育人效果。

“PBL”教学模式是以问题为导向的教学模式。在这种教学模式中，学生是课堂的主体，教师是主导者。教师负责设置问题场景，引导学生通过自主探究、合作交流等方式去分析和解决问题^[10]。在这一过程中，学生对知识的学习和能力的提升都得以完成。与传统的教学模式相比，“PBL”教学模式更有利于激发学生学习的内驱力，培养学生的创新精神、团队协作意识以及解决问题的综合能力。我们将“PBL”教学模式引入到无机化学实验课程的教学，不仅调动了学生参与实验课程的积极性和主动性，大大提升了课堂教学效果，而且为课程思政的开展提供了良好的平台，真正做到了“润物细无声”。本论文以综合性实验“碳酸锰的制备”为例，通过“PBL”教学模式进行教学设计和课堂重构，将实验内容以问题的形式呈现，引导学生在解决问题的过程中巩固和应用理论知识，并进行知识的拓展，培养学生的安全意识、环保理念、工程观点和思辨能力，激发学生对科学研究的兴趣。

1 教学设计

本着以问题为导向的设计理念，“PBL”教学模式采用了如下图1所示的教学设计。课前，学生按3-5人一组分好，教师根据实验内容设计好问题，在雨课堂或者微信群里发布。学生分头查找资料，在组内讨论汇总，找到各个问题的答案，形成初步的实验方案；课中，教师抽取各组代表回答问题，组织讨论，学生互相点评，完善实验方案，动手实验，教师巡查纠错；课后，学生进行数据处理，总结反思，完成实验报告，教师批改报告并进行总结点评。

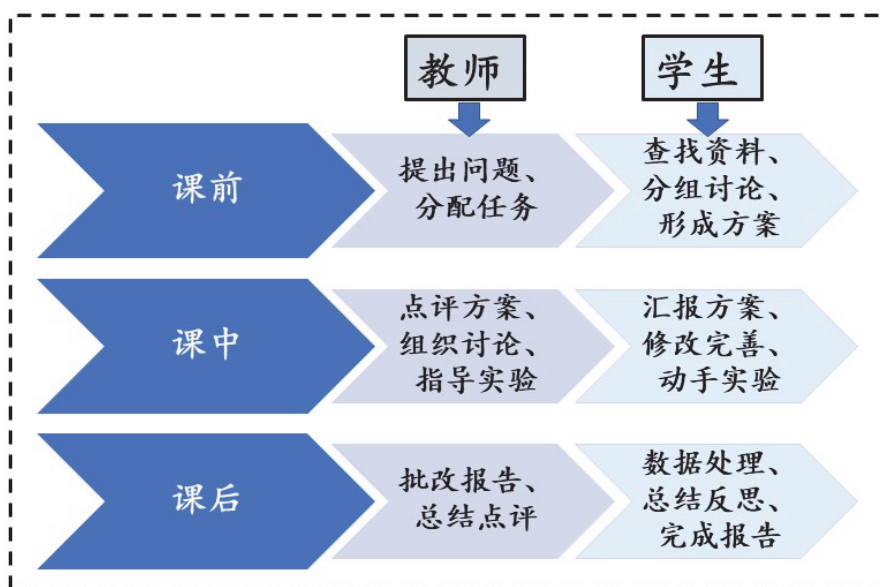


图1 基于“PBL”教学模式的教学设计

2 教学实施

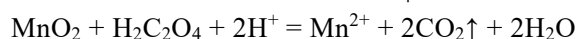
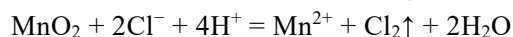
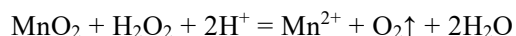
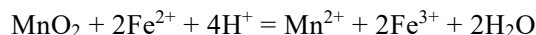
图2列出了教师在“碳酸锰的制备”实验中设计的问题，这些问题会在课前一周通过雨课堂或者微信群发布。学生围绕这些问题查找资料，在课前通过小组讨论得到初步的答案。课上教师组织讨论，学生完善方案并进行实验验证。

- 问题一：由 MnO_2 制备 MnCO_3 ，需要加入还原剂，从化学原理的角度分析，可以选择哪些还原剂？在实验室选择哪种还原剂更合适？在实际生产中呢？为什么？
- 问题二：如果选择 Fe^{2+} 作为还原剂，怎么除去反应后溶液中的杂质离子？为了保证溶液中离子的纯度，反应时要注意什么？除杂时要控制的关键因素有哪些？
- 问题三：常用的固液分离的方法有哪些？各有什么优缺点？
- 问题四：用什么试剂来沉淀溶液中的 Mn^{2+} 才能得到 MnCO_3 ？
- 问题五：怎么表征制备的 MnCO_3 的纯度？
- 问题六：用分光光度法测 Mn^{2+} 含量时，选哪种氧化剂？
- 问题七：分光光度计的使用注意事项有哪些？

图2 “碳酸锰的制备”实验中教师提出的问题

2.1 问题一

这一问题聚焦的知识点是利用电极电势判断氧化还原反应能否发生。学生可以根据电极电势数据列出常见的能与 MnO_2 发生氧化还原反应的物质，如 Fe^{2+} ， H_2O_2 ， HCl ， $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 等，反应方程式如下：



其他还原性物质只要合理也都可以。但是要引导学生继续思考以下问题：

(1) 如果有气体生成，能否直接排放到空气中？如果不能，是否要考虑增加气体收集或者后处理装置？该类型反应是否适合用来制备 Mn^{2+} 溶液？

(2) 如果是工业生产，除了化学原理要合理，还需要考虑哪些因素？如操作的难易程度，试剂的经济性？

在教师的引导下，学生很容易得到上述问题的答案：如果有气体生成，不能直接排放到空气中，以免对环境造成污染，所以要增加气体收集或者后处理装置，这样就会增加投入，也会使工艺变得复杂，该类反应显然不适合用来制备 Mn^{2+} 溶液；如果是工业生产，除了化学原理要合理，还要考虑工艺路线、生产成本、环境保护、安全性等。回答完上述问题，学生自然得到问题一的答案，选择 FeSO_4 作为还原剂，既经济环保，又操作简单。

通过以上问题的讨论，学生在学习氧化还原反应知识的同时，会关注和查阅关于环保、双碳战略、安全生产等相关信息，不仅能顺利选出正确的还原剂，而且不知不觉中培养了环保理念、安全意识以及工程观点。

2.2 问题二

这个问题非常适合用来培养学生分析问题和解决问题的能力。选用 Fe^{2+} 作为还原剂，反应后溶

液中存在的主要金属离子有 Mn^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 和 Na^+ 。学生在课前准备时，很容易根据溶度积常数的差异推出 Fe^{3+} 可以通过控制pH形成氢氧化物沉淀除去， Fe^{2+} 可以通过形成硫化物沉淀除去。讨论时要引导学生思考如下问题：

- (1) 本实验中，溶液中 Fe^{2+} 是大量的还是少量的？有没有可能全部转化成 Fe^{3+} 而一步除去？
- (2) 怎么知道溶液中已经几乎没有 Fe^{2+} 了？
- (3) 要使 Fe^{3+} 沉淀完全而 Mn^{2+} 几乎不沉淀，应调节pH到什么范围？
- (4) Fe^{3+} 形成氢氧化物沉淀时，受哪些因素的影响？哪些是决定性因素？

在教师的引导下，经过简单的讨论，学生就能得到上述问题的答案：溶液中少量的 Fe^{2+} 可以通过氧化成 Fe^{3+} 而除去；是否完全氧化可以用赤血盐 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 检验；要使 Fe^{3+} 沉淀完全而 Mn^{2+} 几乎不沉淀，应调节pH在4-5之间； Fe^{3+} 形成氢氧化物沉淀时，溶液的pH、温度、共存离子等都会影响沉淀物的生成，其中溶液的pH和温度是决定性因素。所以整个除杂过程要控制的关键因素有两个，一是反应温度，二是溶液的pH。

这些问题既引导学生学习了沉淀溶解平衡部分的知识，又告诉学生在解决实际问题的过程中千万不能生硬的套用理论，要有全局观念，例如本实验中的 Fe^{2+} ，利用 FeS 和 MnS 溶度积的差异，用形成硫化物沉淀的方法除去应该是完全可行的，但是溶液中的 Fe^{2+} 本来就是少量的，如果反应物的量控制得好，完全可以几乎都转化成 Fe^{3+} ，就不需要再单独除去，既可以减少操作步骤，又可以减少试剂使用。

2.3 问题三

这一问题学生们通过查阅文献都能给出很好的回答，常用的三种固液分离的方法包括常压过滤、减压抽滤和离心分离，三种分离方法都有各自的特点和适用对象。常压过滤是一种普适性的固液分离方法，缺点是分离速度慢；减压抽滤利用压力差进行分离，分离速度快，容易得到干燥的固体，但是不适用于颗粒太小的沉淀或者胶状沉淀与液体的分离；离心分离利用离心力来分离固体与液体，在分离颗粒小的沉淀时效果好。讨论时提醒学生要根据实验的具体情况来选择合适的固液分离方法。本次实验会涉及到两次固液分离，一次是分离铁渣和溶液，一次是分离碳酸锰沉淀和溶液，可以请学生分析应该采取的分方法及其原因。

2.4 问题四

这是一个很好的培养学生思辨能力的问题。碳酸锰肯定是由含 Mn^{2+} 离子的溶液与含 CO_3^{2-} 离子的溶液反应制得。一般可溶的碳酸盐溶液，除了含有 CO_3^{2-} 离子外，由于 CO_3^{2-} 离子会发生水解反应，溶液中还含有大量的 OH^- 离子。当含 Mn^{2+} 溶液与可溶碳酸盐溶液混合时，如果 $(c(\text{Mn}^{2+})/c^\ominus) \cdot (c(\text{CO}_3^{2-})/c^\ominus) > K_{\text{sp}}^\ominus(\text{MnCO}_3)$ ，且同时 $(c(\text{Mn}^{2+})/c^\ominus) \cdot (c(\text{OH}^-)/c^\ominus) > K_{\text{sp}}^\ominus(\text{Mn}(\text{OH})_2)$ 时，产物将不会是碳酸锰 MnCO_3 ，而是碱式碳酸锰 $\text{Mn}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 。所以学生需要计算常见的可溶性碳酸盐和碳酸氢盐中氢氧根离子的浓度，选择其中氢氧根离子浓度最小的可溶盐来沉淀 Mn^{2+} 离子获得 MnCO_3 沉淀。通过计算得到本实验中用来沉淀 Mn^{2+} 离子获得 MnCO_3 沉淀的是 NH_4HCO_3 。

2.5 问题五

这一问题是用来拓展学生知识面的。通过查阅资料，学生能关注到化学学科中用来表征金属元素含量的很多方法，如离子色谱法、原子吸收光谱法、光电子能谱法、X射线荧光光谱法等。讨论时可适当介绍这些方法在科学研究中的应用，也可穿插介绍一下学校相关的仪器设备，激发学生对科学研究的兴趣。本实验选择的是分光光度法。根据朗伯比尔定律，有色溶液对单色光的吸收程度与有色物质的浓度成正比，配置 Mn^{2+} 离子标准溶液和含量未知的 Mn^{2+} 离子溶液，将 Mn^{2+} 离子氧化成 MnO_4^- 离子，测定溶液在540 nm处的吸光度，根据吸光度与浓度成比例计算 Mn^{2+} 离子浓度。

2.6 问题六

能将 Mn^{2+} 离子氧化成 MnO_4^- 离子的强氧化性物种很多，如 NaBiO_3 、 PbO_2 、 H_5IO_6 和 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 等，讨论时引导学生综合考虑重金属污染、操作的复杂性、试剂的经济性等因素进行选择，培养学生环

保意识和工程观点。综合考虑以上因素,本实验选择的是 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 氧化 Mn^{2+} 离子。

2.7 问题七

通过查阅资料,学生很容易找到分光光度计的使用方法和操作视频,讨论时要注意引导学生去分析其中最需要注意的事项,例如测量波长的设置,比色皿的放置位置,比色皿中溶液的装入量。培养学生分析总结的能力。

综上所述,七个问题所涉及到的知识点和思政元素总结如表1所示。经过讨论和分析,完善后的实验方案如图3所示。得到的 MnCO_3 经 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 氧化后,利用分光光度计测纯度。

表1 “碳酸锰的制备”实验各问题所对应的知识点和思政元素

问题序号	知识点	思政元素
问题一	氧化还原反应	培养环保理念、安全意识以及工程观点
问题二	酸碱反应、沉淀反应	培养全局观,处理问题时要抓主要矛盾
问题三	固液分离方法	具体问题具体分析
问题四	沉淀反应	培养思辨能力
问题五	金属元素含量的测定	培养对科学研究的兴趣
问题六	氧化还原反应	培养环保理念、工程观点
问题七	分光光度计的使用	培养分享总结能力

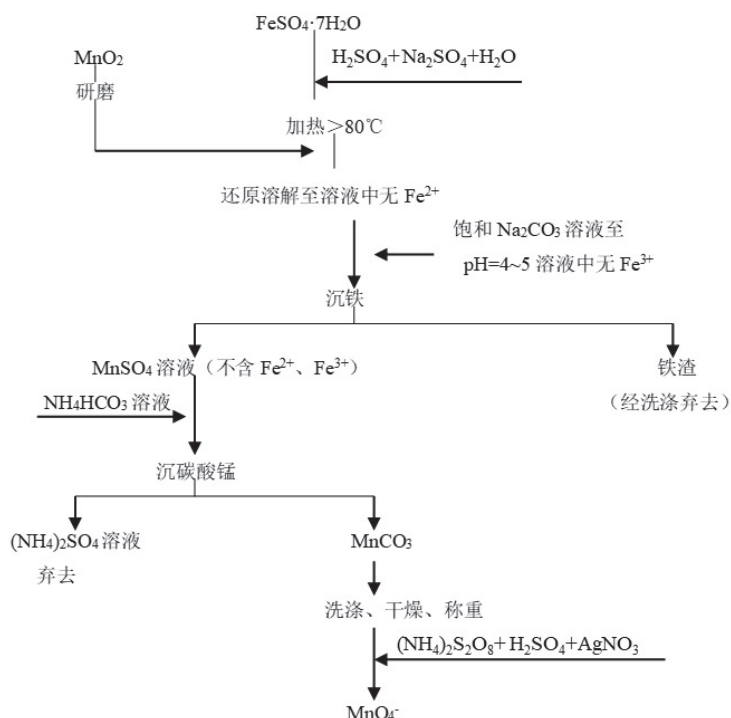


图3 碳酸锰制备流程图

3 教学效果

实施“PBL”教学模式以后,无机化学实验课程的教学效果得到了明显的提升。这种问题引导式的教学模式极大的调动了学生学习的积极性和主动性。经过课前准备、课堂讨论、课后总结等环节的训练,学生不仅完成了理论知识和实验技能的学习与积累,而且有效培养了自主学习能力、团队协作能力、分析和解决问题的能力。此外,“PBL”教学模式还为课程思政的开展提供了良好的平

台,使思政元素能够有机融入课堂教学,通过“润物细无声”的方式培养了学生的安全意识、环保理念、工程观点、全局观念、思辨能力、科研兴趣、创新能力等。学生对课程的满意度大幅上升,在学校的评教系统中,虽然一年级学生对课程的评分普遍较低,但实施“PBL”教学模式以后连续三年,无机化学实验课程的评分都位列全学院第一。学生的评价里包括了“喜欢这样上课”“课程有意思”“总能感觉到自己在成长”“有做侦探的感觉”“能学到很多书本上没有的知识”“老师让我觉得我们都很厉害”。同时,“PBL教学模式”也为教师提供了新的教学思路和方法,促进教师不断优化教学设计,提升教学能力,这也为无机化学实验教学的改革和创新提供了有益的探索和尝试。因此,“PBL教学模式”在无机化学实验教学中的应用前景广阔,值得进一步推广应用。

参 考 文 献

- [1] 新华社评论员:立德树人,为民族复兴提供人才支撑——学习贯彻习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上重要讲话. [2024-07-20]. http://www.xinhuanet.com/politics/2016-12/08/c_1120083340.htm
- [2] 梁作中,魏玲玲,曹译文,魏韵涵,史海媚,郑浩铨,高胜利. *大学化学*, **2024**, 39 (7), 247.
- [3] 黎卓熹,魏洁书,成燕琴. *大学化学*, **2024**, 39 (2), 255.
- [4] 张欢,杨定明,蒲琳钰,王伟,李鸿波,戴亚堂. *大学化学*, **2023**, 38 (3), 139.
- [5] 刘晓璐,余林梁,陈洁. *大学化学*, **2023**, 38 (1), 76.
- [6] 宋祖伟,钱备,宁静,梁爱琴,惠妮. *大学化学*, **2022**, 37 (11), 2206087.
- [7] 尹霞,赵艳,许峰,赵敬哲. *大学化学*, **2022**, 37 (11), 2202033.
- [8] 王银锋,黄俭根,罗志刚,叶慧贤,李佳. *大学化学*, **2022**, 37 (11), 2201057.
- [9] 徐玲,魏恒伟,魏玲玲,马艺,王晓明,焦桓. *大学化学*, **2021**, 36 (3), 1912042.
- [10] 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.