

让学生在问题驱动中拨节高歌

——以“给定情境下化学方程式的书写策略”复习课为例

王小莉^{1*} 王伟群²

(1. 江苏省苏州中学 215007; 2. 苏州大学材料与化学化工学部 江苏 215123)

摘要 以铁及其化合物在工业生产中的反应为线索, 讨论了给定情境下化学方程式的书写策略。通过环环相扣、层层递进的问题驱动, 激发学生的思维、培养学生分析问题和解决问题的能力。

关键词 高三化学复习 化学方程式书写 问题驱动 问题设计

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2014010113

高三复习课承担着“知识整合”和“能力提升”2大复习目标。为达成复习目标, 教师必须改变传统的复习模式, 用一种新型的观念去指导复习课的教学。经过长期的教学实践, “问题驱动”教学是一种很好的复习模式。现以高三化学“给定情境下化学方程式的书写策略”的复习课为例, 谈一谈“问题驱动”教学的实施过程及相关思考。

1 “问题驱动”教学的课例展示

1.1 创设情境, 引出课题

教师: 节能减排、变废为宝是当今世界永恒的主题。废弃物的综合利用既有利于节约资源, 又有利于保护环境。

问题 1: 这是一张印刷电路板的图片 (投影展示), 请问工业上如何生产印刷电路板?

问题 2: 印刷电路板的废液中含有哪些物质?

问题 3: 如何从印刷电路板的废液中回收铜, 并重新得到氯化铁溶液呢?

学生: 思考、讨论、合作得出从印刷电路板废液中回收铜及氯化铁溶液的工艺流程 (见图 1)。



图 1 从印刷电路板废液中回收铜及氯化铁溶液的工艺流程

教师: 在上述工艺流程中, 有没有发生化学反应? 如果你是高考命题专家, 如何考查给定情境下化学方程式的书写? 我们一起看一下 2013 年江苏高考考试说明和近 3 年的考分统计情况 (见表 1)。

表 1 2013 年江苏高考考试说明和近 3 年的考分统计情况

年份	16 题	17 题	18 题	20 题	合计
2011	4 分	4 分	6 分	—	14 分
2012	2 分	4 分	2 分	6 分	14 分
2013	6 分	6 分	—	2 分	14 分

教师: 考纲明确要求, 能够在给定情境中通过分析、判断、发现有价值的问题, 正确书写化学方程式。可见, 高考对给定情境下化学方程式的书写要求很高, 分值也很大。那么我们如何应对呢? 以铁及其化合物在工业生产中的反应为例探讨给定情境下化学方程式的书写。

1.2 问题驱动, 拨节高歌

环节一: 非氧化还原反应的化学方程式的书写策略

例 1: (2010·江苏高考·16·部分) 钡盐行业生产中会排出大量的钡泥 (主要含有 BaCO_3 、 BaSiO_3 、 BaSO_3 、 $\text{Ba}(\text{FeO}_2)_2$ 等)。某主要生产 BaCl_2 、 BaCO_3 、 BaSO_4 的化工厂利用钡泥来制取 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, 其部分工艺流程如图 2。

酸溶后溶液的 $\text{pH}=1$, $\text{Ba}(\text{FeO}_2)_2$ 与 HNO_3 的反应化学方程式为_____。

问题 1: 该反应是否是氧化还原反应? 为什么?

问题 2: 如何书写该反应的化学方程式?

学生: 不是氧化还原反应, 因为 +3 价的铁不能被稀硝酸氧化, 产物只能是 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 和 H_2O 。该反应的化学方程式为: $\text{Ba}(\text{FeO}_2)_2 + 8\text{HNO}_3 = \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 4\text{H}_2\text{O}$ 。

问题 3: +3 价的铁为何以 Fe^{3+} 形式生成? 能否在流程及问题中找出证据支持此观点?

* 通信联系人, E-mail: szzxwxl@126.com

学生：酸溶后溶液的 $\text{pH}=1$ ， Fe^{3+} 可以大量存在，且在后续操作中，控制 pH 为 $4\sim 5$ ，目的

是除去溶液中的 Fe^{3+} 。
问题 4：有没有其他方法破解此题？

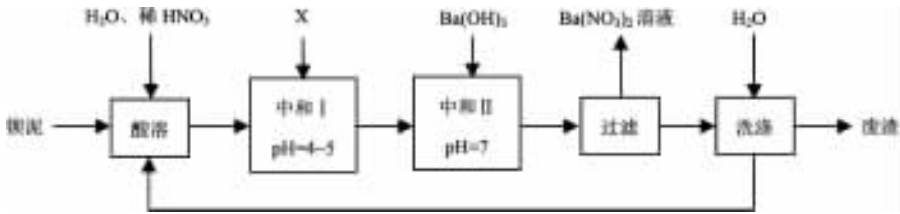


图 2 利用钡泥制取 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 工艺流程

学生：疑惑、议论。
教师引导：硅酸盐可改写成氧化物的形式，能否将 $\text{Ba}(\text{FeO}_2)_2$ 改写成氧化物的形式？
学生：把 $\text{Ba}(\text{FeO}_2)_2$ 改写成 $\text{BaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 的形式，2种碱性氧化物与 HNO_3 的反应属于复分解反应，根据复分解反应的实质是反应物之间相互交换成分，且化合价不变，因此产物为 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 和 H_2O 。

教师：评价、总结、板书。（复分解反应是一类重要的非氧化还原反应，书写复分解反应方程式的策略：反应物互换成分，保持化合价不变。）
例 2：（2014·苏锡常镇一模·16·部分）重铬酸钾（ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ）是工业上重要的氧化剂，实验室利用铬铁矿（主要成分为 $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ ）模拟工业生产制备 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的主要工艺如图 3。

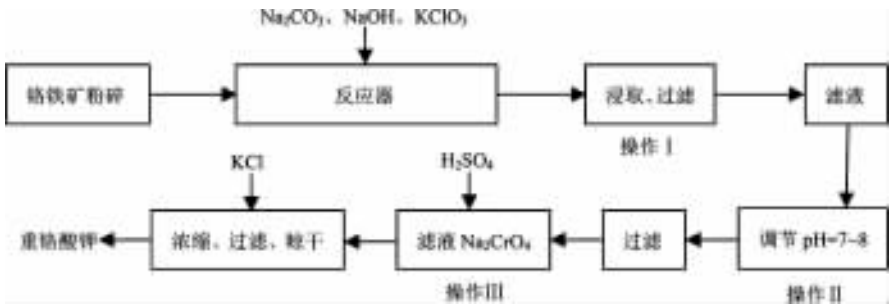


图 3 利用铬铁矿（主要成分为 $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ ）模拟工业生产制备 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的主要工艺

反应器中发生的主要反应为： $6\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 + 24\text{NaOH} + 7\text{KClO}_3 \xrightarrow{\Delta} 12\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 3\text{Fe}_2\text{O}_3 + 7\text{KCl} + 12\text{H}_2\text{O}$ 。 Fe_2O_3 可进一步转化为 NaFeO_2 。 NaFeO_2 在操作 I 中强烈水解，写出 NaFeO_2 水解的化学方程式：_____。

问题 1：水解反应有何特点？
问题 2：如何书写该反应的化学方程式？
学生：水解反应也属于非氧化还原反应，发生水解的物质中阳离子与水电离出的 OH^- 结合，阴离子与水电离出的 H^+ 结合，且化合价不变。该反应的化学方程式为： $\text{NaFeO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{NaOH}$

教师：评价、总结、板书。（有水参加的复分解反应，即水解反应也属于非氧化还原反应，书写水解反应策略：发生水解的物质与水互换成分，保持化合价不变。）
环节二：氧化还原反应的离子方程式的书写策略

例 3：（2011·南京一模·16·部分）用菱锌矿（主要成分为 ZnCO_3 ，还含有 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cu^{2+} 等）制备氯化锌的一种工艺流程如图 4。

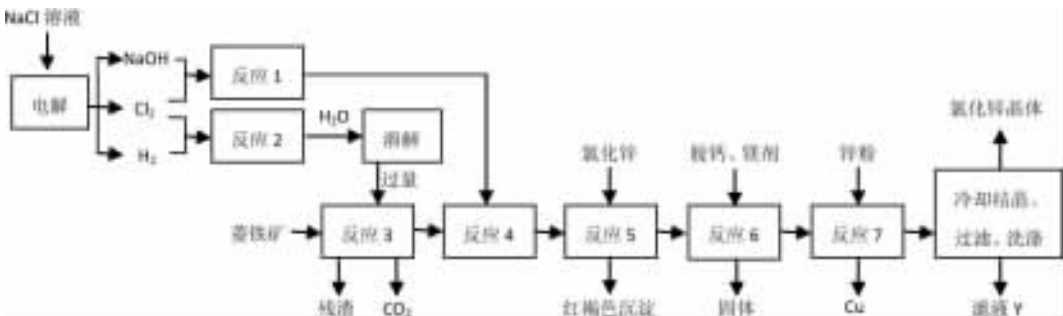


图 4 制备氯化锌的工艺流程

反应 4 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ，该反应的离子方程式为_____。

问题 1：从化合价的角度来看，该反应属于哪一类反应？

问题 2：如何书写氧化还原反应的离子方程式？

学生：属于氧化还原反应。根据题给信息，找出氧化剂、还原剂，并确定对应的还原产物和氧化产物，并根据电子得失守恒配平氧化剂、还原剂、还原产物和氧化产物。

教师引导：书写完整的氧化还原反应的离子方程式还应考虑什么？

学生：溶液的酸碱性，在酸性溶液中用 H^+ 和 H_2O 调整电荷守恒和原子守恒，在碱性溶液中用 OH^- 和 H_2O 调整电荷守恒和原子守恒。

问题 3：如何书写该反应的离子方程式？

学生： $\text{ClO}^- + 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+ = \text{Cl}^- + 2\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$

教师：评价、总结、板书。（书写氧化还原反应的离子方程式的策略：找两剂、定两产，看介质，配守恒。）

例 4：近年来研究表明，高铁酸盐在能源、环境保护等方面有着十分广泛的用途。我国学者提出在浓 NaOH 溶液中用电化学方法来制备高铁酸盐 (FeO_4^{2-})，电解装置如图 5 所示。

问题 1：如何书写电极反应的方程式？

问题 2：如何书写电解反应的离子方程式？

问题 3：书写阴、阳极的反应式和电解反应的离子方程式。

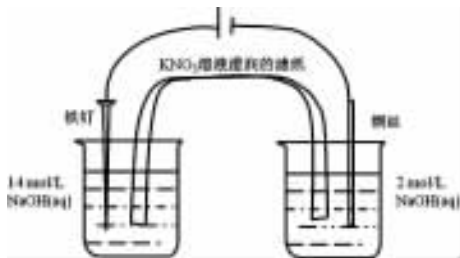


图 5 制备高铁酸盐 (FeO_4^{2-}) 电解装置

学生：电解反应也是氧化还原反应，在书写电极反应式时，首先确定阴、阳电极，根据阳极发生氧化反应，阴极发生还原反应，写出变化的过程，由于溶液的介质是碱性，因此用 $\text{OH}^- - \text{H}_2\text{O}$ 调整电荷守恒和原子守恒。根据电子得失守恒，将 2 个电极的反应方程式相加，即得到电解反应的方程式。

阳极： $\text{Fe} + 8\text{OH}^- - 6\text{e}^- = \text{FeO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$

阴极： $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{e}^- = 3\text{H}_2 \uparrow + 6\text{OH}^-$

电解反应： $\text{Fe} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{OH}^- \xrightarrow{\text{通电}} 3\text{H}_2 \uparrow + \text{FeO}_4^{2-}$

教师：评价、总结、板书。（电化学反应也是氧化还原反应的半反应，书写电极反应的策略：找两极，定变化，看介质，配守恒。）

例 5：在工业上，可用紫铜、氧气、稀硫酸、硫酸亚铁为原料生产硫酸铜。其部分工艺流程如图 6。

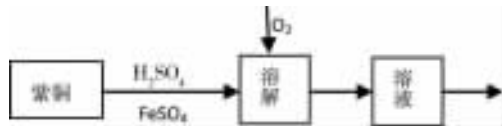


图 6 生产硫酸铜部分工艺流程

问题 1：根据流程，请你猜想 Fe^{2+} 的作用？并写出相关反应的离子方程式。

学生：思考、回答、书写。（ Fe^{2+} 起催化作用，相关反应的离子方程式是： $4\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ + \text{O}_2 = 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ； $2\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$ ）

问题 2：如何书写总反应的离子方程式？

学生：采取叠加的方法，叠加时要抵消中间产物。总反应的方程式是： $2\text{Cu} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \xrightarrow{\text{Fe}^{2+}} 2\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$

教师：评价、总结、板书。（书写涉及连续反应的氧化还原反应方程式的策略：采用叠加方法，抵消中间产物。）

环节三：融合型反应的化学方程式的书写策略

例 6：（2013·江苏高考·19·部分）柠檬酸亚铁 ($\text{FeC}_6\text{H}_6\text{O}_7$) 是一种易吸收的高效铁制剂，可由绿矾 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 通过下列反应制备： $\text{FeSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{FeCO}_3 \downarrow (\text{白色}) + \text{Na}_2\text{SO}_4$ ； $\text{FeCO}_3 + \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 = \text{FeC}_6\text{H}_6\text{O}_7 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。制备 FeCO_3 时，选用的加料方式是_____（填字母），原因是_____。（ Fe^{2+} 生成沉淀的 pH 见表 2）

a. 将 FeSO_4 溶液与 Na_2CO_3 溶液同时加入到反应容器中

b. 将 FeSO_4 溶液缓慢加入到盛有 Na_2CO_3 溶液的反应容器中

c. 将 Na_2CO_3 溶液缓慢加入到盛有 FeSO_4 溶液的反应容器中

表 2 生成氢氧化物沉淀的 pH (开始沉淀的 pH 按金属离子浓度为 1.0 mol · L⁻¹ 计算)

金属离子	开始沉淀的 pH	沉淀完全的 pH
Fe ²⁺	5.8	8.8

学生：讨论、思考、回答 (a、b、c)。

教师引导：大家的想法有分歧，究竟是哪一种加料方式呢？实践是检验真理的唯一标准。大家做做看。

学生实验：①将 FeSO₄ 溶液逐滴滴加到盛有 Na₂CO₃ 溶液的试管中。

②将 Na₂CO₃ 溶液逐滴滴加到盛有 FeSO₄ 溶液的试管中。

教师：汇报在不同操作下生成的沉淀颜色的差异。

学生：将 FeSO₄ 溶液滴加到 Na₂CO₃ 溶液中立即生成灰绿色沉淀，将 Na₂CO₃ 溶液滴加到 FeSO₄ 溶液中，沉淀开始主要呈现白色，后有少量灰绿色沉淀。

问题 1：根据沉淀的颜色，推测这 2 种情况下，生成沉淀的主要成分分别是什么？

学生：FeSO₄ 溶液逐滴滴加到 Na₂CO₃ 溶液主要生成 Fe(OH)₂，进而氧化生成 Fe(OH)₃。将 Na₂CO₃ 溶液滴加到 FeSO₄ 溶液中主要产生 FeCO₃。

问题 2：尝试书写在不同操作情况下对应的反应的离子方程式。

学生：① $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^{-} \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$ ，
 $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3$
② $\text{Fe}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \longrightarrow \text{FeCO}_3 \downarrow$

问题 3：为何滴加顺序不同，反应不同？

学生：在 Na₂CO₃ 溶液中滴加 FeSO₄ 溶液时，Na₂CO₃ 溶液的碱性强，OH⁻ 浓度大，易产生 Fe(OH)₂ 沉淀；Na₂CO₃ 溶液滴加到 FeSO₄ 溶液中，FeSO₄ 溶液为酸性，OH⁻ 浓度小，不会产生 Fe(OH)₂ 沉淀。

问题 4：将 Na₂CO₃ 溶液滴加到 FeSO₄ 溶液中，理论上只生成 FeCO₃，不会生成 Fe(OH)₂ 沉淀，而实验中为何会有 Fe(OH)₂ 和 Fe(OH)₃ 生成？

学生：疑惑、议论。

教师引导：能否从水解的角度考虑？

学生：少量 FeCO₃ 可以水解生成 Fe(OH)₂，且是有氧环境，进而氧化生成 Fe(OH)₃。

教师：评价、总结、板书。(融合型反应的化

学方程式的书写策略：挖掘题给信息，明确反应原理，符合反应事实。)

1.3 首尾呼应，反思提高

问题 1：回归从印刷电路板废液中回收铜及氯化铁溶液的工艺流程，同学们能否模仿高考命题专家，设计系列问题考查给定情境下化学方程式的书写？

问题 2：通过本节课的学习，同学们能得到哪些启发与感悟？

学生：讨论、表达。

结束语：书写给定情境下的化学方程式，我们必须沉着应对、充分挖掘信息、善用反应规律、从而寻求突破。铁及其化合物的反应广泛地应用于生产、生活，可见，我们学习的是真实的化学，有用的化学，化学来源于生活、服务于生活。

2 “问题驱动”教学的相关思考

所谓“问题驱动”教学，即问题教学。就是以教学内容中某一知识为线索，创设真实生动的教学情境，精心设计出环环相扣、层层递进的问题^[1]，使问题贯穿整个教学过程，让学生围绕提出的问题，分析问题和解决问题，以达到学生掌握基础、启发思维、培养分析问题和解决问题的能力的一种教学方法。

2.1 问题设计是实施“问题驱动”教学的关键

“问题驱动”教学是一种基于“问题”的学习活动，“问题”即为探究，主宰着学生课堂学习的方向、方式和效果，是保持高三复习课堂灵动性和开放性的关键。因此，问题链的设计应有利于学生对知识的理解、内化和运用。在设计问题链时，教师应考虑：问题是什么、问题的内在逻辑关系、问题的层次、问题的表征方式、问题的变式、解决问题时应提供的信息等。

在“给定情境下化学方程式的书写策略”复习课中，以铁及其化合物在工业生产中的反应为线索，通过环环相扣、层层递进、由浅及深的问题链，探讨了给定情境下化学方程式的书写策略。在问题设计中，在 6 个例题中设计若干个小问题，就犹如一场头脑风暴，最大限度地激活了学生的思维。在整节课中，学生积极参与、情绪高涨，能主动发现问题、分析问题和解决问题。整节课自始至终师生互动显著，学生的思维火花得以绽放，学生的学科素养和科学能力得以升华。

2.2 生主师导是实施“问题驱动”教学的宗旨

“问题驱动”教学是以学生主动参与学习为前

提,但学生的主体性能否在参与中极大发挥,有赖于宽松的、愉快的、合作的学习氛围,有赖于教师的引导。在提出问题时,教师应给学生足够的时间与空间去思考、讨论和实验,必要时教师应进行适时地点拨与引导,给学生指明思考的方向。因此,“问题驱动”教学的实施,能更好地体现“学生为主体,教师为主导”的课程理念。

在“给定情境下化学方程式的书写策略”复习课中,在解决 FeCO_3 的制备究竟选择哪一种加料方式时,学生的思维受阻,意见各异。教师适时引导学生用实验进行验证,这样不仅帮助学生克服思维障碍,而且让学生在实验中重新认识和构建化学知识,整合和提升化学技能,感受化学的魅力,体验了探究成功的喜悦。

2.3 促进生成是实施“问题驱动”教学的目标

“问题驱动”教学中问题设计是教师充分研读高考考试说明,根据学生的认知水平和自己对课堂的掌控能力的前提下精心预设而成的。但教学过程是一个师生与其他因素间动态的、相互作用的过程,其间会产生一些意料之外的状况和新的学习资源,教师要有一双慧眼,时刻关注和捕捉课堂上产生的有探究价值的新信息、新问题,要用智慧加以开发,及时对教学过程进行灵活生成。在教学过程

中,教师应力图让学生彰显个性,喷薄智慧,让课堂走向完善,走向睿智,在预设和生成中有机融合,演绎精彩的复习课堂^[2]。

在“给定情境下化学方程式的书写策略”复习课中,学生将 Na_2CO_3 溶液滴加到 FeSO_4 溶液中意外发现有少量的灰绿色沉淀,与理论上只生成 FeCO_3 产生了强烈冲突,一石激起千层浪,学生疑惑不解,议论纷纷。捕捉这一信息,引导学生思考哪些原因会导致这一异常现象的发生。对于突发问题的探究,不仅为学生彰显个性,喷薄智慧提供了更为广阔的平台,而且让学生用实事求是的态度对待科学,体会到我们学习的化学是真实的化学,是有用的化学。

总之,“问题驱动”教学是一种有效复习模式,它能有效地激发学生的复习热情和探究欲望,使学生掌握基础、激活学生的思维、培养学生分析问题和解决问题的能力,能很好地完成高三复习课“知识整合”“能力提升”2大复习目标。

参 考 文 献

- [1] 缪徐. 化学教育, 2013 (11): 44—52
- [2] 王小莉. 中学化学教学参考, 2011 (8): 37—38
- [3] 麦裕华. 化学教育, 2014, 35 (17): 20—23
- [4] 杨艳红. 化学教育, 2009, 30 (5): 34—35