



基于发展性任务的情境化教学设计与实践*

——以高中化学“烟气中SO₂的吸收”复习为例

姚明站¹ 杨砚宁² 张先根¹ 徐 雯¹

(1.苏州高新区第一中学 江苏 苏州 215011;2.苏州高新区教研室 江苏 苏州 215163)

摘要:发展性任务是指在课堂教学中,为达成教学目标,教师依托问题情境,精心设计的梯度合理、结构鲜明、富有启发性和生成导向的若干个学习任务或活动场域。文章以“烟气中SO₂的吸收”复习为具体案例,建构了解决归因类问题的思维模型,设计了12个具体的学习任务,构成发展性任务,进行了情境化教学设计与实践,提炼了归因类问题的解答步骤,提高了学生解决归因类问题的能力,培养了学生的化学核心素养。

关键词:发展性任务;情境化教学;思维模型;核心素养

文章编号:1008-0546(2022)04-0042-05

中图分类号:G632.41

文献标识码:B

doi:10.3969/j.issn.1008-0546.2022.04.009

一、基于发展性任务的情境化教学

国务院办公厅《关于新时代推进普通高中育人方式改革的指导意见》中明确指出,要注重培养学生的学习能力,积极探索基于情境、问题导向的互动式、探究式、体验式等课堂教学,重在培养学生运用所学知识认知、分析和解决问题的能力;教育部考试中心研制了“一核四层四翼”的中国高考评价体系整体框架,明确规定高考的考查载体是情境,以此承载考查内容,实现考查要求^[1]。《普通高中化学课程标准》(2017年版)(以下简称2017版课标)在实施建议部分提出,教师要注意设计真实情境下不同复杂和陌生程度的问题解决活动,促进学生从学科知识向学科核心素养的转化^[2]。可见,情境化教学成为了课程改革、课堂教学和新高考的应然追求。

发展性任务是指在课堂教学中,为达成教学目标,教师依托问题情境,精心设计的梯度合理、结构鲜明、富有启发性和生成导向的若干个学习任务或活动场域^[3]。对教学而言,教师可依据2017版课标要求,在深度解读教材的基础上,梳理和提炼化学学科知识及学科观念,结合学生认知规律和个性差异,从知识、思维和方法等视角,科学合理地设计具有能够激发思辨、引发探究的学习任务。对学习而言,学生能够借助教师创设的发展性任务,从化学视角去认知、分析和解决与化学相关的问题或社会议题,基于知识关

联、认识思路和核心观念对化学学科知识进行结构化认知,运用不同的方法表征化学学科知识,在学习过程中认同化学学科的育人功能和社会价值,形成对化学学科的本质认知和具有化学学科特征的科学思维^[4]。

二、基于发展性任务的情境化教学案例

1.教学设计模型

以“烟气中SO₂的吸收”复习为具体案例,构建发展性任务与思维进阶的教学设计模型(见图1),通过一系列学习任务,引导学生获取和处理信息,以期增强学生证据推理意识,提高学生归因类问题的解决能力,培养学生的学科核心素养,促进学生知识结构化和认知模型化。

2.教学具体环节

环节一:聚焦任务目标

【任务1】预测往FeCl₃溶液中通入SO₂的实验现象,并说明判断依据。

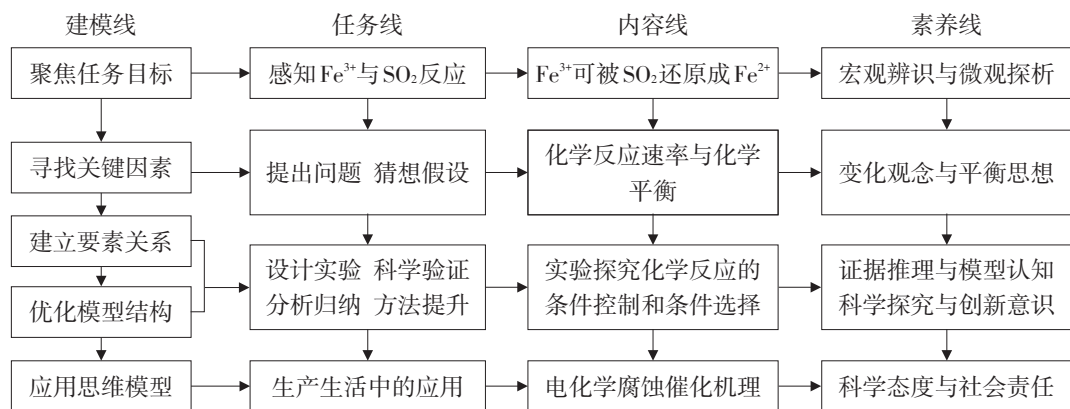
【学生】可发生反应 $2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$,溶液由棕黄色变成浅绿色。

【实验1】向试管中加入5mL 1mol·L⁻¹ FeCl₃溶液,通SO₂气体至饱和,观察实验现象。

【学生】溶液迅速由棕黄色变成红棕色。

设计意图:学生由熟悉的反应预测现象出发,通过实验的“异常现象”,创设“有问题”的化学课堂,引发学生的探究和思维的热情,聚焦任务目标,体现了

*本文系苏州市教育科学“十四五”规划2021年度课题“情境发展任务在高中课堂教学中的实践研究”(编号2021/LX/02/231/10)阶段性研究成果之一。

图1 “烟气中 SO_2 的吸收”课堂教学设计模型

发展性任务矛盾性的特征。

环节二：寻找关键因素

【任务2】往 $5\text{mL } 1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{FeCl}_3$ 溶液中通入 SO_2 ，溶液由棕黄色变成红棕色，并不是预测的实验现象，请结合已有知识猜测、解释出现红棕色的可能原因？如何设计实验验证推理？

【学生】首先，溶液没有变成预计的浅绿色，说明可能并非发生预想的氧化还原反应；

可能原因1：从物质类别的角度考虑， Fe^{3+} 易水解产生红棕色的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体；

可能原因2：从物质结构的角度考虑， Fe^{3+} 有空轨

道，能与某些粒子如 SCN^- 配位形成红色的配合物，所以这里也可能与 SO_2 等配位络合成新物质；

.....

实验验证方法：丁达尔效应检验是否形成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体，并与 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体作对比。

【任务3】 Fe^{3+} 能与 SCN^- 配位形成红色的配合物，从物质结构的角度分析， Fe^{3+} 能不能与 SO_2 形成配合物？ Fe^{3+} 能否与 SO_3^{2-} 、 HSO_3^- 形成配合物呢^[5-8]？

【学生】 Fe^{3+} 有空轨道， SO_2 中心原子以 sp^2 杂化，配位原子为2个氧原子，硫原子剩有一对孤电子对，分子结构为V形，所以两者有可能形成配合物(图2)。



图2 结构模型

【教师】资料显示， Fe^{3+} 与 SO_2 可以配位络合： $\text{Fe}^{3+} + 6\text{SO}_2 \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{SO}_2)_6]^{3+}$ (红棕色)。

不同的研究者提出的不同机理，其反应物和产物都一样，只是中间体——配合物的形式不一样。

【任务4】随时间推移，溶液由红棕色逐渐变浅，最终变为浅绿色[如图3所示，未通 SO_2 和通 SO_2 (用煤油液封) 的 FeCl_3 溶液颜色变化对比]，其可能原因是什么？

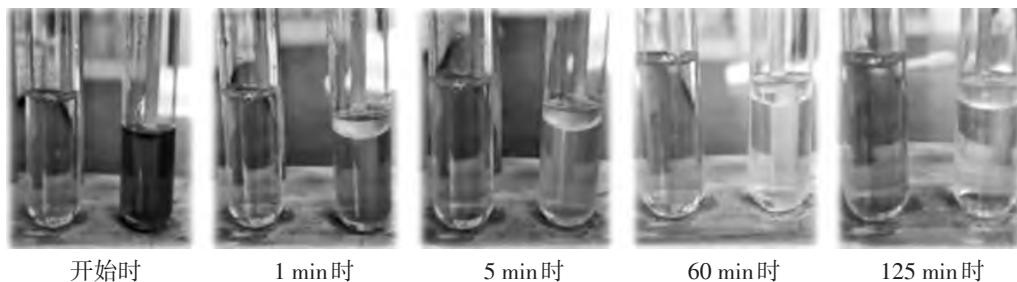


图3 溶液颜色变化对比



【学生】发生了 $2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ 的反应。

【任务5】往5mL $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液中通入 SO_2 至饱和,溶液迅速由棕黄色变成红棕色,后经较长时间最终变为浅绿色。请从化学反应速率和化学平衡等角度解释该现象变化的原因?

【学生】(1) Fe^{3+} 和 SO_2 发生以下两个竞争反应:

反应 I: $\text{Fe}^{3+} + 6\text{SO}_2 \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{SO}_2)_6]^{3+}$, 反应 II: $2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ 。

(2)从现象变化的先后快慢来说,反应 I 速率较快,反应 II 速率较慢。反应 II 进行时,溶液中 $c(\text{Fe}^{3+})$ 和 $c(\text{SO}_2)$ 减小,导致反应 I 平衡逆向移动,且反应 II 几乎完全进行,导致反应 I 几乎完全逆向移动, $[\text{Fe}(\text{SO}_2)_6]^{3+}$ 分解完全,最终溶液慢慢变成浅绿色。

设计意图:通过分析讨论,挖掘出现象背后的原理和影响因素,并从化学反应速率和化学平衡的角度进行解释。让学生置身于自由、科学、民主的“学习场”中,通过师生、生生平等交流和倾听,学生能够提出自己独特的观点(大胆的假设、有证据的猜想),充分体现了发展性任务思辨性的特征。

环节三:建立要素关系

【任务6】某同学认为反应 II 是一个不可逆反应,请设计实验证明。

【学生】(1)向5mL $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液中通入 SO_2 至饱和,加入煤油液封,放置一天;

(2)取少量反应后的溶液于试管中,滴加2滴 KSCN 溶液,观察溶液颜色变化。

【任务7】如何加快反应 II 的化学反应速率?

【学生】增大反应物浓度、增大压强、适当升温、使用催化剂和增大接触面积(如将导管出口换成多孔球泡)等。

【实验2】研究温度和溶液酸性对反应 II 的化学反应速率的影响,如表1。

表1 温度和加盐酸酸化时对反应速率的影响

实验1	向试管中加入5mL $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液,通 SO_2 气体至饱和,溶液立即变为红棕色,将溶液分成两份,其中一份微热,观察对比溶液颜色变化。
实验2	向试管中加入5mL $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液,滴加几滴浓盐酸,通入 SO_2 气体至饱和,观察现象。

【学生】实验1中微热溶液时,溶液颜色明显比未加热的溶液浅,说明加热可以加快反应 II 的速率;滴加浓盐酸,通入 SO_2 至饱和,溶液没有变成红棕色。

【任务8】 FeCl_3 溶液吸收 SO_2 时,增强溶液的酸性没有出现“异常现象”,其可能的原因是什么?

【学生】溶液酸性增强, SO_2 的溶解度减小,不利于 $[\text{Fe}(\text{SO}_2)_6]^{3+}$ 的生成。

【教师】信息提示,不同 pH 的溶液中 SO_2 的溶解度,如表2所示。

表2 不同 pH 的溶液中 SO_2 的溶解度

pH	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
溶解度($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.195	0.616	1.947	6.157	19.470

追问:滴加浓盐酸,避免了“异常现象”的发生,对反应 II 的速率有何影响?

【学生】酸性增强, SO_2 的溶解度减小,导致反应 II 的速率减小;酸性增强,抑制 Fe^{3+} 水解,使 $c(\text{Fe}^{3+})$ 增大,导致反应 II 的速率增大。因此,取决于两者对速率的影响程度的大小。

设计意图:通过实验设计,深度挖掘影响化学反应的因素以及如何控制反应,进一步探讨该反应,体现发展性任务探究性和发展性的特征。在完成任务的过程中,引导学生像学科专家那样去思考和解决问题,在探究过程中建构结构化认知(见图8),进而发展学生的化学学科理解。

环节四:优化模型结构

【任务9】不同温度下,将 $\text{pH}=2$ 、 $0.05\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液和含 SO_2 的烟气按不同的液气比通过填料塔,随温度升高 SO_2 的去除率变化如图4所示^[9]。 SO_2 的去除率先升高后降低,可能原因是什么?(该题还可以如何设问?)

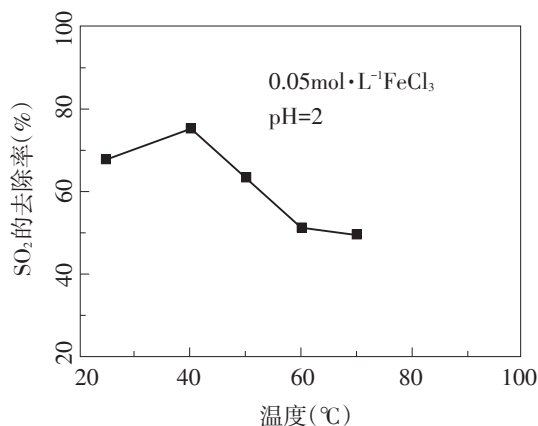


图4 不同温度下 SO_2 的去除率

【学生】在低于 40°C 时,随温度升高化学反应速率加快,导致 SO_2 的去除率升高;当温度大于 40°C 时,随温度升高 SO_2 的溶解度减小、铁离子水解程度增大,导



致SO₂的去除率降低。

【任务10】在相同温度下,将pH=2、0.05 mol·L⁻¹ FeCl₃溶液和含SO₂的烟气按不同的液气比通过填料塔,测定不同液气比时SO₂去除率变化如图5所示,该项目选择10L/m³的液气比^[9],解释其原因。

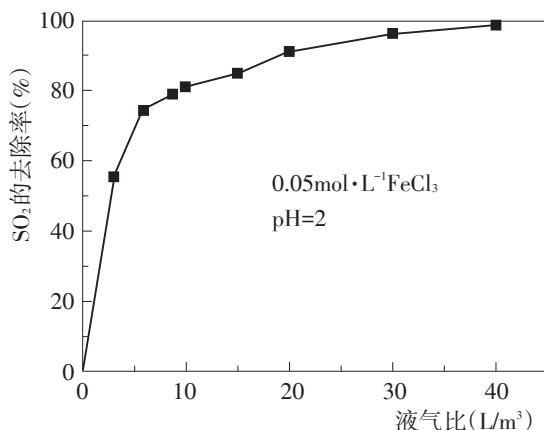


图5 不同液气下SO₂的去除率

【学生】在10L/m³的液气比时,SO₂的去除率已达80%左右,增大液气比SO₂的去除率提高不大,造成吸收成本的增加。

设计意图:通过实际应用,让学生能够从化学的视角去认知、分析和解决生产生活的问题,形成具有化学学科特质的思维方法和思维模型(见图8),感受化学科学的社会价值,提升学生的科学态度和社会责任感。

环节五:应用思维模型

【任务11】Fe(Ⅲ)/铸铁屑填充湿法吸收烟气中SO₂,铁屑腐蚀过程和铁离子的协同作用可以增强SO₂的吸收。该法吸收烟气中SO₂转化途径示意图如图6所示^[9],用必要的化学用语和文字来描述此过程。

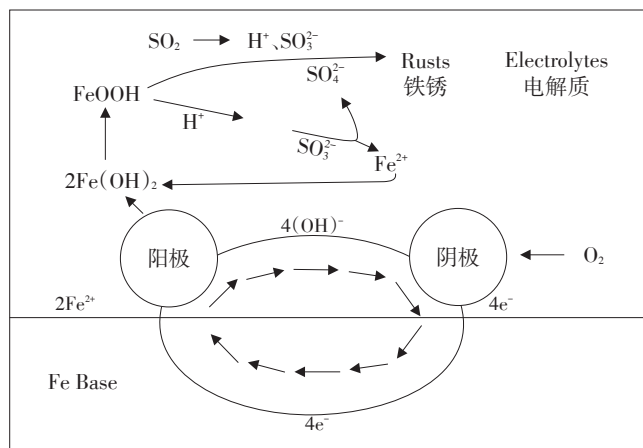


图6 吸收烟气中SO₂转化途径示意图

【学生】SO₂被溶液吸收形成电解质溶液,铁屑中

铁与碳构成原电池,铁失电子被氧化:Fe-2e⁻═Fe²⁺, O₂在碳电极得电子被还原:O₂+4e⁻+2H₂O═4OH⁻, Fe²⁺+2OH⁻═Fe(OH)₂, Fe(OH)₂被O₂氧化成FeOOH;部分FeOOH与H⁺转化为Fe³⁺,进入溶液的Fe³⁺与SO₃²⁻发生反应:2Fe³⁺+SO₃²⁻+H₂O═2Fe²⁺+SO₄²⁻+2H⁺,其他部分FeOOH转化为含SO₃²⁻和SO₄²⁻的铁锈。

【任务12】Fe(Ⅲ)/铸铁屑填充湿法吸收烟气中SO₂,铁屑腐蚀过程和铁离子的协同作用可以增强SO₂的吸收。在40℃、以相同的液气比通过铁屑填充的填料塔,在不同pH溶液条件下,对SO₂的去除率的影响如图7所示^[9]。在低pH和高pH下,SO₂的去除率上升阶段和下降阶段存在明显差异,可能原因是什么?

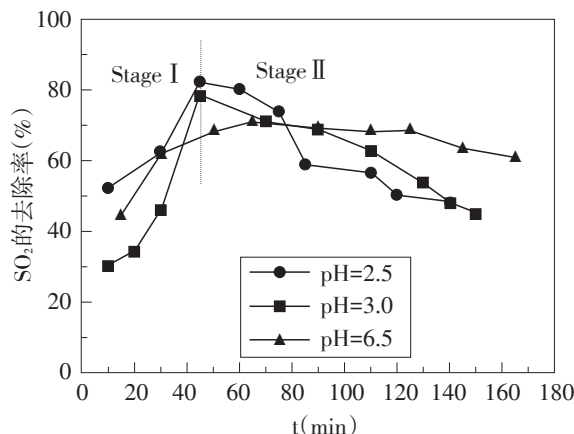


图7 不同pH溶液对SO₂去除率的影响

【学生】与高pH相比,在低pH值的条件下,阶段I SO₂去除率上升快,阶段Ⅱ下降也快。与高pH相比,在低pH值条件下,阶段I时,随SO₂吸收进入溶液,铁的腐蚀速率被不断增加的H⁺加快,产生更多的铁离子,从而加快SO₂的吸收速率,导致SO₂的去除率上升得快;阶段Ⅱ时,低pH下因腐蚀产生更多铁锈的阻碍作用,造成腐蚀速率下降,减弱SO₂的吸收,导致SO₂的去除率降低得快。

设计意图:通过对反应机理的认知,进一步深化理解模型及其本质,从而达到能够应用思维模型分析复杂体系能力(见图8)。在复杂问题分析中,可以探查学生的化学知识掌握程度和学科理解程度,提高学生的化学知识迁移应用、沟通与合作和交流与表达能力,培养学生的反思与批判思维、社会责任感。

三、基于发展性任务的情境化教学思考

1.设计优质高效的学习任务

学习任务的设计要重视问题情景的创设。情境要来自生产生活的实际,达到课程标准的要求,满足



教学的需要。本节课紧扣烟气中 SO_2 的吸收这个真实情景,实验设计科学新颖,富有启发性和生成导向。问题情景可根据课堂教学的实际需要,适当加以取舍。

学习任务的设计要关注核心素养的培养。教师要注重开展推理活动,培养学生的思维品质,提升学生的关键能力。本节课核心素养的培养贯穿了整个教学过程(见图1)。

学习任务的设计要考虑学业水平的提升。只有

充分了解学情和现有的学习能力,合理地确定学习任务的个数和具体梯度、科学地安排教学时间,才能取得良好的教学效果。本节课学生基础较好,学习任务设计梯度合适,虽然多达12个,但也能完成教学任务。

2.提炼同类问题的解答步骤

通过教学实践,我们引导学生逐步提炼出归因类问题的4个解答步骤(见图8),建构解决归因类问题的思维模型。

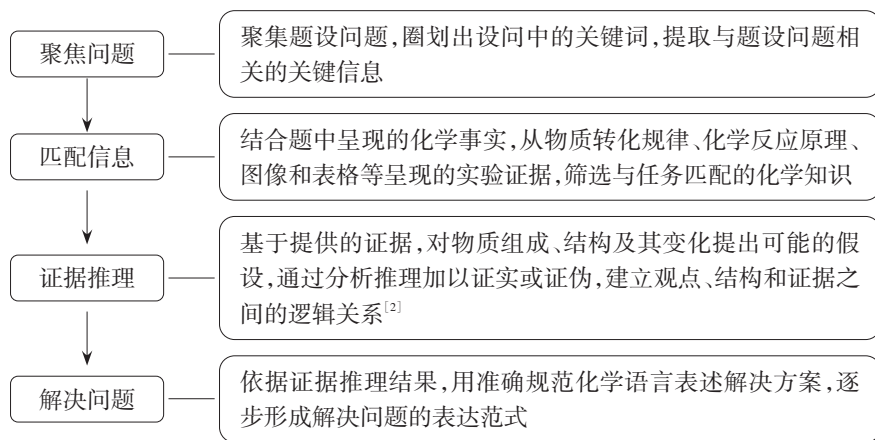


图8 解答归因类问题的思维模型

参考文献

- [1] 教育部考试中心. 中国高考评价体系说明[Z]. 北京:人民教育出版社,2019:6-7.
- [2] 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)[S]. 北京:人民教育出版社,2020:74.
- [3] 朱志平. 范导式教学:价值、内涵与实践路径[J]. 上海教育科研,2019(4):77-80.
- [4] 胡先锦. 为理解而教:课堂的应然追求——我们需要什么样的化学课堂[J]. 化学教学,2020(4):33-37.
- [5] 钟国华. 基于三元整合策略提高学生问题解决能力的高三专题复习研究[J]. 化学教学,2021(2):33-37.
- [6] 姚小红等. 酸性条件下 Fe^{3+} 氧化 SO_2 的脱硫反应机理[J]. 环境科学,1998(5):16-17.
- [7] 盛锡铭. SO_2 与 FeCl_3 反应异常实验现象的探讨[J]. 中学化学教学参考,2013(5):71-72.
- [8] 施亚钧等. 含铁离子催化剂的稀硫酸液吸收烟道气中二
- 氧化硫的吸收模型和氧化模型的探讨[J]. 华东化工学院学报,1980(2):11-19.
- [9] 江举辉. Fe(III) /铸铁屑吸收 SO_2 新方法及其工艺的研究[D]. 上海:上海交通大学,2008:24-58.

