

基于真实情境的任务型化学反应原理专题复习

——以 CO_2 为例

潘献华

南京市第一中学

DOI:10.12238/mef.v7i4.7634

[摘要] 以 CO_2 为中心,综合分析二氧化碳制甲烷和二甲醚等能源物质过程中条件的调控对反应速率和化学平衡的影响、化学反应与能量、原电池、电解的工作原理,将江苏适应性考试、历年高考真题串成线,以实际生产或实验为载体,将反应原理各块内容进行融合,通过真实情境体验和任务型教学引导学生构建解题模型,训练学生在多重表征的转换之间发展化学学科核心素养,通过对情境题信息的分析和处理,提高学生的变化观念和推理认知能力的发展。

[关键词] 任务型教学; 真实情境; 核心素养

中图分类号: G424.1 **文献标识码:** A

Special review of task-based chemical reaction principles based on real situation

—— Take CO_2 as an example

Xianhua Pan

Nanjing No.1 Middle School

[Abstract] With CO_2 as the center, Comprehensive analysis of the regulation of conditions in the process of carbon dioxide to methane and dimethyl ether on the reaction rate and chemical balance, chemical reaction and energy, primary cell, the working principle of electrolysis, Jiangsu adaptability examination, the annual college entrance examination questions into a line, With the actual production or experiment as a carrier, Integrate the contents of the reaction principle, Guide students to construct problem-solving models through real situation experience and task-based teaching, Training students to develop core literacy in chemistry between the transformation of multiple representations, Through the analysis and processing of the situational topic information, To improve the development of students' changing concept and reasoning and cognitive ability.

[Key words] task-based teaching; real situation; and core literacy

1 教学设计

1.1 教学思想

(1)突出真实情境:根据《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》要求,通过创设真实问题情境,结合高考考点分析,感受化学为人类进步作出的巨大贡献,感受高考与生产生活相结合,促进学生建立“科学探究与创新意识”、“科学态度与社会责任”的核心素养^[1]。

(2)突出知识结构:紧紧围绕能量、速率、平衡3个核心概念,将高考题中相关内容系统化、结构化,建立认知模型,并能运用于解释化学现象;帮助学生完善知识结构,促进学生建立“变化观念与平衡思想”、“证据推理与模型认知”的核心素养。

(3)突出多重视角:引导学生从“多重表征”水平思考问题,

能从不同层次和视角下对问题进行分析,在多重表征的转换之间发展化学学科核心素养;帮助学生建立“结构决定性质”的学科观念,由宏观-微观表征间转换发展宏观辨识与微观探析的核心素养,促进学生建立“宏观辨识与微观探析”的核心素养^[2]。

本专题复习实施过程中应注重以下几点:

提升点:强化基础知识和基本原理的再复习和实际运用,强化题型训练,对于考查形式相对稳定、应答规律性强的这类试题要建构一定的答题模型,争取不失分。二轮复习真实化、系统化,提高学生的情境题的信息处理和分析能力,提高课堂复习效率和学生得分率。

纠错点:区分清楚外界条件对化学反应的影响和对化学平衡的影响、转化率与平衡转化率等的不同;认识平衡移动物理

量的变化可能有多个因素;提高对水溶液中微粒关系的综合分析能力。注意答题语言的规范性和原理描述的完整性。

难点:将必备的基础知识和概念和关键能力转化为核心素养,加强知识的融合能力,加强学生对真实情境题的解题能力。提升学生对题给信息的提取和分析能力,学会根据已有知识结合题给信息答题,提升推理论证能力^[3]。

1.2 教学目标

(1)以CO₂的资源化利用为背景,精选历年高考题,综合分析二氧化碳制甲烷和二甲醚等能源物质过程中条件的调控对反应速率和化学平衡的影响、化学反应与能量、原电池、电解的工作原理等。

(2)在宏观-微观表征间转换发展宏观辨识与微观探析的核心素养,在宏观-符号-曲线表征间转换发展变化观念与平衡思想及证据推理与模型认知的核心素养等。

(3)通过对情境题信息的分析和处理,提高学生的变化观念和推理认知能力的发展。

1.3 评价目标

(1)通过基本概念和原理相关的高考题和全真模拟题,诊断并发展学生的基于概念和原理认识物质的水平。

(2)通过对情境信息的分析、加工处理,诊断并发展学生的推理认知能力和认识思路的结构化水平。

(3)通过对真实情境中化工生产流程的分析,诊断并发展学生的探索和认知能力(宏观探索和微观探知)。

2 教学过程

情境创设:2021年3月15日,国家领导人主持召开中央财经委员会第九次会议,在会上发表重要讲话强调,实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革,要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局,拿出抓铁有痕的劲头,如期实现2030年前碳达峰、2060年前碳中和的目标[1-3]。2021年7月30日,中共中央政治局召开会议,再一次提出要统筹有序做好碳达峰、碳中和工作。如何实现碳达峰、碳中和?

CO₂既与人类息息相关,也是一种廉价的碳资源。要实现碳达峰、碳中和既可以从源头上减少CO₂的排放,同时也可以将CO₂充分资源化。目前,烟气中二氧化碳的资源化研究正成为当前世界各国所需要迫切解决的热点问题。

二氧化碳在食品、化学合成、机械、农业、石油开采、国防等众多领域都有着广泛的运用;二氧化碳还可以加氢可制得甲烷、二甲醚等能源物质。

任务一:应用盖斯定律计算ΔH

(1)2021第一次适应性考试-13)在二氧化碳加氢制甲烷的反应体系中,主要发生反应的热化学方程式为:

反应I: CO₂(g)+4H₂(g)=CH₄(g)+2H₂O(g) ΔH=-164.7kJ·mol⁻¹

反应II: CO₂(g)+H₂(g)=CO(g)+H₂O(g) ΔH=41.2kJ·mol⁻¹

反应III: 2CO(g)+2H₂(g)=CO₂(g)+CH₄(g) ΔH=-247.1kJ·mol⁻¹

D. CH₄(g)+H₂O(g)=CO(g)+3H₂(g)的ΔH=-205.9kJ·mol⁻¹

【方法归纳】

(1)确定计算方法:①调整化学计量数②采用加减消元法;
(2)列出算式;(3)代入数据(注意符号)。

【练习一】

(2)(2021第二次适应性考试-13)通过反应I:

4HCl(g)+O₂(g)→2Cl₂(g)+2H₂O(g)可将有机氯化工

业的副产品HCl转化为Cl₂。在0.2MPa、反应物起始物质的量比 $\frac{n(\text{HCl})}{n(\text{O}_2)}=2$ 条件下,不同温度时HCl平衡转化率如题图所示。向反应体系中加入CuCl₂,能加快反应速率。

反应II: 2CuCl₂(s)+O₂(g)→2CuO(s)+2Cl₂(g)

ΔH=125.6kJ·mol⁻¹

反应III: CuO(s)+2HCl(g)→CuCl₂(s)+H₂O(g)

ΔH=-120.0kJ·mol⁻¹

A. 反应I的ΔH=5.6kJ·mol⁻¹

(3)(2018江苏-20)NO_x(主要指NO和NO₂)是大气主要污染物之一。有效去除大气中的NO_x是环境保护的重要课题。

(1)用水吸收NO_x的相关热化学方程式如下:

2NO₂(g)+H₂O(l)→HNO₃(aq)+HNO₂(aq) ΔH=-116.1kJ·mol⁻¹

3HNO₂(aq)→HNO₃(aq)+2NO(g)+H₂O(l) ΔH=75.9kJ·mol⁻¹

反应 3NO₂(g)+H₂O(l)→2HNO₃(aq)+NO(g)的ΔH=_____kJ·mol⁻¹。

任务二:运用K_{sp}分析问题

(4)(2021第一次适应性考试-12)室温下,通过下列实验探究Na₂CO₃溶液的性质。

实验	实验操作和现象
2	向0.1mol·L ⁻¹ Na ₂ CO ₃ 溶液中加入过量0.2mol/LCaCl ₂ 溶液,产生白色沉淀

B. 实验2反应静置后的上层清液中有c(Ca²⁺)·c(CO₃²⁻)<K_{sp}

(CaCO₃)

(5)(2021第二次适应性考试-12)室温下,通过下列实验探究NaHSO₃溶液的性质。

实验	实验操作和现象
3	将浓度均为0.01mol·L ⁻¹ 的NaHSO ₃ 和Ba(OH) ₂ 溶液等体积混合,产生白色沉淀

依据实验3的现象,不能得出 $K_{sp}(\text{BaSO}_3) < 2.5 \times 10^{-5}$ 的结论

(6) (2021第二次适应性考试-15(2))向吸收后的混合溶液

中滴加氨水,调节pH进行除杂。若溶液中

$c(\text{Mn}^{2+}) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,欲使溶液中 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 的浓度均

小于 $1 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,需控制的pH范围为_____。

(已知:室温下

$K_{sp}[\text{Al}(\text{OH})_3] = 1 \times 10^{-33}$ $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 3 \times 10^{-39}$,

$K_{sp}[\text{Mn}(\text{OH})_2] = 2 \times 10^{-13}$ 。)

【方法归纳】

以 $\text{A}_m\text{B}_n(\text{s}) \rightleftharpoons m\text{A}^n(\text{aq}) + n\text{B}^m(\text{aq})$ 为例

$K_{sp}(\text{A}_m\text{B}_n) = c^m(\text{A}^n) \cdot c^n(\text{B}^m)$

$Q(\text{A}_m\text{B}_n) < K_{sp}(\text{A}_m\text{B}_n)$, 不饱和溶液, 无沉淀析出;

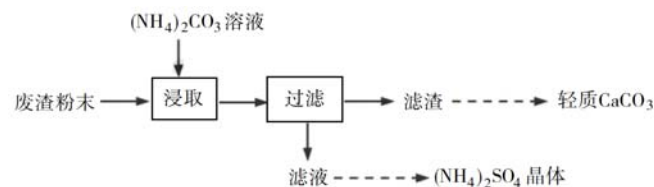
$Q(\text{A}_m\text{B}_n) = K_{sp}(\text{A}_m\text{B}_n)$, 沉淀与溶解达到动态平衡, 该溶液是饱和溶液;

$Q(\text{A}_m\text{B}_n) > K_{sp}(\text{A}_m\text{B}_n)$, 溶液处于过饱和状态, 平衡向析出沉淀的方向移动。

(1) 确定沉淀溶解平衡, 写出溶度积或离子积表达式。(2) 根据题目所求, 运用体系中微粒浓度的关系进行等量代换。(3) 代入数据计算。

【练习二】

(7) (2019江苏-19) 实验室以工业废渣(主要含 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 还含少量 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3)为原料制取轻质 CaCO_3 和 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 晶体, 其实验流程如下:



室温下, 反应 $\text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) +$

$\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 达到平衡, 则溶液中 $\frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{K_{sp}(\text{CaSO}_4)}{K_{sp}(\text{CaCO}_3)}$

$= 4.8 \times 10^{-5}$, $K_{sp}(\text{CaCO}_3) = 3 \times 10^{-9}$ 。

(8) (2020江苏-19) 实验室由炼钢污泥(简称铁泥, 主要成分为铁的氧化物)制备软磁性材料 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 。其主要实验流程如下:



向“还原”后的滤液中加入 NH_4F 溶液, 使 Ca^{2+} 转化为 CaF_2 沉淀除去。若溶液的pH偏低, 将会导致 CaF_2 沉淀不完全, 其原因是

$[K_{sp}(\text{CaF}_2) = 5.3 \times 10^{-9}, K_a(\text{HF}) = 6.3 \times 10^{-4}]$ 。

【方法归纳】

(1) 关注溶液及平衡(通过溶液中电解质的电离、水的电离、弱的离子的水解等平衡准确判断溶液中微粒种类); (2) 关注竞争(多元弱酸阴离子电离和水解的相对强弱); (3) 关注守恒(电荷、物料、质子守恒); (4) 关注代换(结合题给关系将等式进行等量替换, 形成新的关系式)。

任务四: 综合探究类解题策略

综合探究题主要呈现方式为化学图表

2.1 热重分析法

在程序控制温度下, 测量物质质量与温度关系的一种技术。热重法实验得到的曲线称为热重(TG)曲线, 以温度作横坐标, 以试样的失重作纵坐标显示变化。

选择 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 作为研究对象的原因——热失重比较典型, 有几个明显的失重阶段。

选择 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 作为研究对象的原因——热失重比较典型, 有几个明显的失重阶段。其分解产物 CaO 可捕集 CO_2 。

(9) (2019江苏-20) CO_2 的资源化利用能有效减少 CO_2 排放, 充分利用碳资源。

CaO 可在较高温度下捕集 CO_2 , 在更高温度下将捕集的 CO_2 释放利用。 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 热分解可制备 CaO , $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 加热升温过程中固体的质量变化。

②与 CaCO_3 热分解制备的 CaO 相比, $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 热分解制备的 CaO 具有更好的 CO_2 捕集性能, 其原因是_____。

2.2 多因素分析

(10) (2019江苏-20) CO_2 催化加氢合成二甲醚是一种 CO_2 转化方法, 其过程中主要发生下列反应:

反应 I: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = 41.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

反应 II: $2\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -122.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

在恒压、 CO_2 和 H_2 的起始量一定的条件下, CO_2 平衡转化率和平衡时 CH_3OCH_3 的选择性随温度的变化。其中:

CH_3OCH_3 的选择性 = $\frac{2 \times \text{CH}_3\text{OCH}_3 \text{ 的物质的量}}{\text{反应的 CO}_2 \text{ 的物质的量}} \times 100\%$

温度高于 300°C , CO_2 平衡转化率随温度升高而上升的原因是_____。

【方法归纳】

①识别纵坐标与横坐标代表的的数据或意义

②明确曲线上起点、拐点、交叉点、终点的意义

③明确不同曲线的对应关系

④明确曲线变化趋势的影响因素, 可采用控制变量法逐一

分析(多因素互补或多因素对立)。

2.3 电化学工作原理

(11) (2021第一次适应性考试-9) 利用电解法将 CO_2 转化为 CH_4 的原理。下列说法正确的是

- A. 电解过程中, H^+ 由a极区向b极区迁移
- B. 电极b上反应为 $\text{CO}_2 + 8\text{HCO}_3^- - 8\text{e}^- = \text{CH}_4 + 8\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$
- C. 电解过程中化学能转化为电能
- D. 电解时 Na_2SO_4 溶液浓度保持不变

【方法归纳】

①判断装置为电解池还是原电池

②判断电极种类(根据电流方向、电子流向、电极产物、离子迁移方向或根据两极物质的变化分析)

3 结论: 教学反思

(1) 《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》倡导真实问题情境的创设, 本节课选取了最新热门话题“碳达峰、碳中和”为素材, 情境真实, 与学生生活紧密联系, 又与历年高考题情境结合, 能充分激发学生学习化学的兴趣, 感受化学学科对于社会进步、人类进步的重大作用, 促进学生学习方式和方法的改变。

(2) 化学教学, 特别是高三复习教学中, 学生不仅要有重要知识的巩固和解题技巧的积累, 还要加强创新理念、探索发现能力、认知模型、推理论证等核心素养, 从而达到显著提升知识综合运用能力。本节课以 CO_2 为中心, 以江苏适应性考试、历年高考真题串成线, 以实际生产或实验为载体, 将反应原理各块内容进行融合, 训练学生在多重表征的转换之间发展化学学科核

心素养。

(3) 充分体现教学评一致性, 强化对课标的学习和历年高考题以及2021适应性考试题的研究, 学生也成为参与者, 加强学生对于信息情境题的阅读理解能力, 评价能力, 重视解题思维模型的建构, 一是要选择合适的例题引导学生建构思维模型, 二是要给学生足够的时间体验建构过程, 三是创造机会让学生运用思维模型。学生真正掌握解题的核心能力, 以不变应万变, 复习工作方向才不会跑偏。

[本文为以下课题研究成果]

江苏省第十三期教学研究重点课题“基于高中化学学业质量标准的教学与评价研究”(2019JK13-ZB04); 江苏省教育科学“十三五”规划课题“基于学业质量标准的高中化学核心素养评价指标体系研究”(B-b/2020/02/63); 江苏省教育科学十四五重点课题“指向学生创新能力培养的高中化学项目式学习实践研究”(B/2023/03/15)。

[参考文献]

[1] 刘志鹏, 李印实. 二氧化碳还原技术助力构筑碳中和循环社会[J]. 科学通报, 2024, 69(11): 1395-1398.

[2] 解仲凯, 施伟东. 电荷极化光催化剂光转化二氧化碳制多碳化学品的研究进展[J]. 化工进展, 2024, 43(05): 2714-2722.

[3] 孙丹宁. 二氧化碳电解技术助力碳中和[N]. 中国科学报, 2023-01-31(001).

作者简介:

潘献华(1980--), 女, 汉族, 江苏兴化人, 硕士, 高级教师, 研究方向: 化学教育。