

《真实问题解决 5——以 Fe 元素为主题的概念原理元素化合物融合》

学习任务单

工大附中 马炜

一、学习目标

铁元素是重要的金属元素之一，铁作为生活中用量最大、用途最广的金属，其化学性质较活泼。铁又是典型的变价金属，其 Fe（II）和 Fe（III）的化合物在工业生产和日常生活中有重要的价值。本节课学习目标如下：

- （1）根据研究物质的思路和方法，掌握常见铁及其重要化合物的主要性质。
- （2）熟知“铁三角”之间的转化并且灵活应用， 熟练书写陌生氧化还原方程式。
- （3）知道 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 相关检验方法。
- （4）了解以铁及其化合物为载体的化学原理题或工业流程题的命题规律及解题思路。

二、近年北京高考对此部分内容的考查回顾

1. 考点回顾

年份	题号	考点（知识点）
2019	10	Fe、 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 之间的转化
2018	12/28	Fe^{2+} 检验方法，制备 K_2FeO_4 并探究其性质关联实验方案的设计与评价
2017	28	Fe 与 Ag^+ 的反应， Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 检验方法，关联实验方案的设计与评价
2016	26	铁及其重要化合物的主要性质和应用，关联原电池工作原理和应用
2015	12	铁及其重要化合物的主要性质和应用，关联硝酸的性质及应用
2014	7/11/28	铁及其重要化合物的主要性质和应用（7、11）
		Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 相关检验方法（28）关联电解原理及应用

2. 高考试题命题规律及特点

- （1）高考的命题主要集中在 Fe^{2+} 的还原性、 Fe^{3+} 的氧化性以及 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 之间的相互转化，铁盐与亚铁盐的水解反应等方面。
- （2）本专题内容常出现在陌生氧化还原反应方程式的书写、物质推断等题目中，也会结合电化学或实验探究等知识对反应原理进行深度考查。
- （3）体现了证据推理与模型认知和科学探究与创新意识的核心素养。

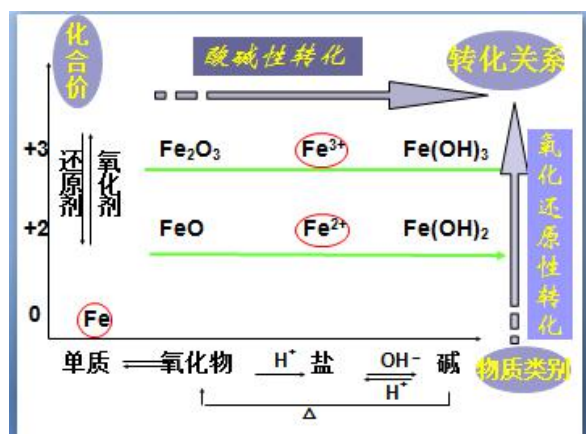
三、学法指导

1. 阅读教材《必修1》第三章第1、2节梳理并牢记铁及其化合物的重要性质及相关实验、方程式等。阅读教材《选修4》第四章第4节，明确金属腐蚀的基本原理，掌握析氢腐蚀和吸氧腐蚀的条件、电极反应式和总反应方程式书写。
2. 注意工业流程题时解题策略。



四、学习任务

1. 利用二维图，梳理铁及其重要化合物的主要性质



- (1) 判断物质性质

① Fe^{3+} 有哪些性质？ Fe^{3+} 处于铁的高价态，有氧化性。 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 是很弱的碱，因而 FeCl_3 溶液中 Fe^{3+} 极易水解，水解显酸性。

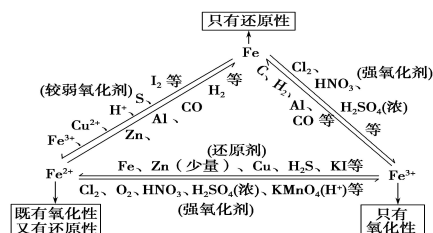
② Fe^{2+} 有哪些性质？ Fe^{2+} 处于中间价态，有氧化性和还原性，以还原性为主。 Fe^{2+} 水解也显酸性。

- (2) 铁及其化合物之间的转化：

① 凡涉及价态变化的转化，从化学价维度去考虑。价升高需要氧化剂，价降低需要还原剂。

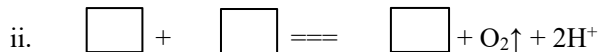
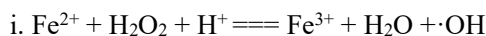
② 凡转化不涉及价态变化，从分类维度去考虑。酸碱性转化。

2. “铁三角”之间的转化关系

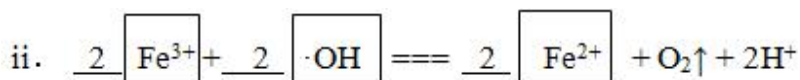


“铁三角”的应用：(1)判断离子共存(2)除杂方法(3)物质制备(4)氧化还原方程式书写

例 1：pH=3 时 Fe^{2+} 催化 H_2O_2 的分解过程中产生 $\cdot\text{OH}$ （羟基自由基）中间体，催化循环反应如下。将 ii 补充完整。（ $\cdot\text{OH}$ ，电中性，O 为-1 价）

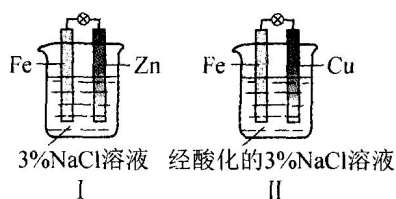


【解析】根据催化剂的概念，反应 ii 中， Fe^{3+} 与 $\cdot\text{OH}$ 反应，生成 Fe^{2+} ，然后根据得失电子守恒进行配平。



3. 与电化学相结合

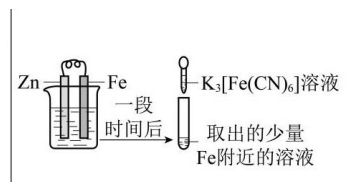
(1) 钢铁的腐蚀和防护



①在哪个装置中，铁棒被腐蚀？发生那种类型的腐蚀？

②装置 I 中有没有产生亚铁离子？如何检验？

【解析】一段时间后取出少量 Fe 附近的溶液滴加铁氰化钾检验。不能将铁氰化钾滴到 Fe 棒附近。



(2) 与电解池相结合

例 2：工业酸性废水中的 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 可转化为 Cr^{3+} 除去，实验室用电解法模拟该过程，结果如下表所示（实验开始时溶液体积为 50 mL， $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的起始浓度、电压、电解时间均相同）。

实验	①	②	③
电解条件	阴、阳极均为石墨	阴、阳极均为石墨，滴加 1 mL 浓硫酸	阴极为石墨，阳极为铁，滴加 1 mL 浓硫酸

$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的去除率/%	0.922	12.7	57.3
-------------------------------------	-------	------	------

请解释实验③中 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 去除率提高较多的原因(结合化学用语)_____。

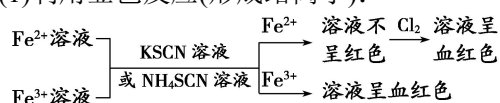
【解析】 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 在阴极放电的电极反应式是 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{e}^- + 14\text{H}^+ = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$

实验③阳极 Fe 失电子生成 Fe^{2+} , Fe^{2+} 与 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 在酸性条件下反应生成 Cr^{3+} 和 Fe^{3+} ,
 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{Fe}^{2+} + 14\text{H}^+ = 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{Fe}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$

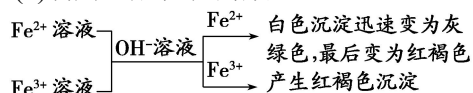
Fe^{3+} 也可在阴极得电子变成 Fe^{2+} , 继续还原 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, Fe^{2+} 循环利用提高了 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的去除率。

4. Fe^{3+} 和 Fe^{2+} 的鉴别方法归纳

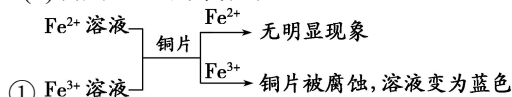
(1) 利用显色反应(形成络离子):



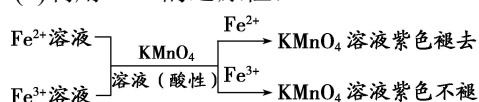
(2) 利用生成沉淀的颜色:



(3) 利用 Fe^{3+} 的氧化性:

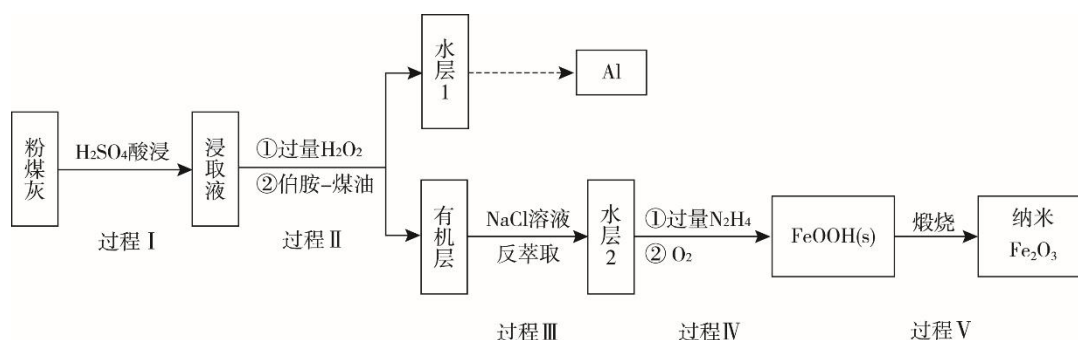


(4) 利用 Fe^{2+} 的还原性:



五、典型例题解析

(2019-hdem-27) 粉煤灰是燃煤产生的重要污染物, 主要成分有 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 和 SiO_2 等物质。综合利用粉煤灰不仅能够防止环境污染, 还能获得纳米 Fe_2O_3 等重要物质。



已知:

i 伯胺 R-NH_2 能与 Fe^{3+} 反应： $3\text{R-NH}_2 + \text{Fe}^{3+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{NH}_2\text{-R})_3(\text{OH})\text{SO}_4 + \text{H}^+$ ，生成易溶于煤油的产物。

ii Fe^{3+} 在水溶液中易与 Cl^- 反应： $\text{Fe}^{3+} + 6\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_6]^{3-}$ 。

(1) 写出过程 I 中 Fe_2O_3 发生反应的离子方程式：_____。

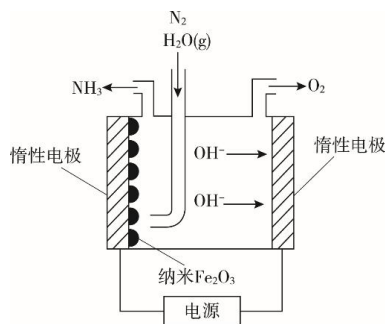
(2) 过程 II 加入过量 H_2O_2 的作用是_____。

(3) 过程 II 加入伯胺-煤油对浸取液进行分离，该操作的名称是_____。

(4) 从化学平衡角度解释过程 III 利用 NaCl 溶液进行反萃取的原理：_____。

(5) N_2H_4 具有碱性，可与 H^+ 结合生成 N_2H_5^+ 。过程 IV 中先用过量的 N_2H_4 将水层 2 中 Fe^{3+} 转化为 Fe^{2+} 并生成 N_2 ，反应的离子方程式为_____，得到的 Fe^{2+} 再被 O_2 氧化为 FeOOH 。

(6) 纳米 Fe_2O_3 在常压电化学法合成氨过程中起催化作用。该电解装置如图所示。



已知熔融 NaOH-KOH 为电解液， Fe_2O_3 在阴极发生电极反应生成中间体 Fe 。用化学用语表示 Fe_2O_3 在阴极催化生成 NH_3 的反应过程。

第一步：_____；

第二步：_____。

【解析】本题以把污染环境的粉煤灰变废为宝进行纳米 Fe_2O_3 的制备为素材，以铁元素为主题的对元素化合物知识、概念原理进行综合考查，以工业流程题的方式进行呈现。

(1) Fe_2O_3 是典型的碱性氧化物，与酸的反应为 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

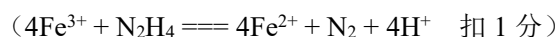
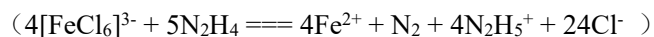
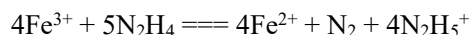
(2) 因为 Fe_3O_4 与硫酸反应后，溶液中还存在一部分 Fe^{2+} ，由信息 i 可知，伯胺 R-NH_2 能与 Fe^{3+} 反应生成易溶于煤油的产物，所以将 Fe^{2+} 完全氧化为 Fe^{3+} 会有利于与伯胺反应，提高萃取率。

(3) 考查物质的分离提纯：新物质易溶于煤油，而煤油与水不互溶，这个过程叫萃取，再将煤油层与水层分开，这个过程叫分液。

(4) 反萃取的目的是将 Fe^{3+} 从有机层进入水层，由信息 ii 可知加入 NaCl 后发生 $\text{Fe}^{3+} + 6\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_6]^{3-}$ 使 Fe^{3+} 浓度下降，从而使 $3\text{R-NH}_2 + \text{Fe}^{3+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons$

$\text{Fe}(\text{NH}_2\text{-R})_3(\text{OH})\text{SO}_4 + \text{H}^+$ （已知 i 中的反应）平衡向逆反应方向移动， Fe^{3+} 从易溶于煤油的物质中转化到易溶于水的物质中，实现反萃取。通过“平衡----变量----移动----结论”的固定模式进行答题。

（5）根据题意，反应物 N_2H_4 和 Fe^{3+} 或者 $[\text{FeCl}_6]^{3-}$ 生成 Fe^{2+} 和 N_2 ，需要注意的是不能写 H^+ ，因为 N_2H_4 过量，会与 H^+ 生成 N_2H_5^+ 。



（6）第一步中，由题干说明 Fe_2O_3 变成 2Fe 需得 6e^- ，然后用 6OH^- 配平电荷数，最后用 H_2O 进行原子守恒的配平。第一步： $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe} + 6\text{OH}^-$ 。

第二步中， Fe 为中间体，也就是说第一步生成，第二步被消耗， Fe_2O_3 为催化剂，也就是说第一步被反应，第二步生成，催化的目的是将 N_2 转化为 NH_3 ，然后进行方程式配平。



小结：

1. 关注流程图中的核心物质的价态及存在形式。
2. 深入理解题目新信息，并合理使用新信息解题。
3. 注意用平衡理论解释问题时的答题规范。
4. 理解图示中的进出箭头所代表的含义。