

高二化学知识点整理 1-化工生产与平衡

一、工业合成氨

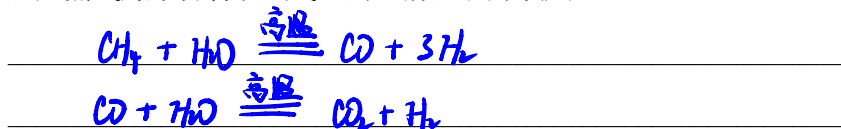
1. 工业合成氨的条件选择

化学方程式		$N_2 + 3H_2 \xrightleftharpoons[\text{高压}]{\text{高温、催化剂}} 2NH_3$, $\Delta H < 0, \Delta S < 0$, <u>低温</u> 自发
压强	原理分析	①提高压强,既可以增大 <u>反应速率</u> ,又可以使平衡 <u>正向移动</u> ②压强越大,需要的动力越大,设备要求越高,生产成本越大
	生产条件	①目前我国合成氨一般采用的压强是 <u>20~60 MPa</u>
温度	原理分析	① <u>高温</u> 提高反应速率, <u>低温</u> 使平衡正向移动 ②催化剂在一定温度下活性最大
	生产条件	①合成氨反应一般选择在 <u>500</u> °C左右的温度下进行
催化剂	原理分析	①常用 <u>铁触媒</u> (填催化剂名称) ② <u>H₂S</u> 、 <u>CO</u> 等杂质会使催化剂 <u>中毒</u> ③氮气在催化剂上的吸附活化是 <u>PH₂、AsH₃</u> <u>决速步骤</u>
	生产条件	①原料气必须经过 <u>净化</u> ②维持氢氮比 <u>2.8~2.9</u>
浓度	原理分析	① <u>提高</u> 反应物浓度, <u>降低</u> 生成物浓度有利平衡正向移动 ②氨气加压易 <u>液化</u>
	生产条件	①从合成塔出来的混合气经过 <u>冷凝</u> 分离氨后循环使用

2. 工业合成氨的流程

2.1 合成氨的工业生产主要包括 造气、净化、合成 三个步骤

2.2 以天然气为原料制取氢气主要包括以下两个反应:



2.3 使用 热交换器 (填设备名称) 来利用反应热预热混合气,实现绿色、低碳的工业生产

二、工业制硫酸

1. 工业制硫酸（接触法）的流程

流程名称	设备名称	方程式及设备特点
造气	沸腾炉	煅烧硫铁矿: $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$ 燃烧硫磺: $\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{SO}_2$ 将矿石粉碎成矿粉的原因: 增大接触面积, 提高反应速率 使反应更充分
转化	转化器 (热交换器)	方程式: $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}} 2\text{SO}_3$ 该反应 <u>放热</u> (填“放热”、“吸热”), 通过 <u>热交换器</u> (填设备名称) 可以预热混合气、维持反应温度、节约能源 催化剂: <u>V_2O_5</u> , 在 <u>475</u> °C 活性最高 出口气体含有氮气、 <u>O_2</u> 、 <u>SO_2</u> 、 <u>SO_3</u> , 单程转化率在90 %左右
吸收	吸收塔	方程式: $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$ 为了防止 <u>形成酸雾</u> , 使用 <u>98.3% H_2SO_4</u> 吸收而不使用水吸收 吸收后的混合气可循环使用

2. 硫酸工业中的三废处理

三废类型	主要污染物	处理方式
废气	二氧化硫、 硫酸酸雾、 颗粒物	氨酸法: <u>氨水</u> 吸收 SO_2 , 再加 <u>稀硫酸</u> 回收 SO_2 ; 有关方程式: $\text{SO}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ $\text{SO}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_4\text{HSO}_3$ $2\text{NH}_4\text{HSO}_3 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
废水	酸性废水	用石灰乳处理
废渣	含铁废渣	制备氯化铁、硫酸亚铁、铁红 (<u>Fe_2O_3</u>) 等

三、练习

1. 判断下列说法的正确性

合成氨工业常利用氨极易溶于水的性质分离氨气	$\times$ 加压液化	$\times$
采用500 °C的条件既可以加快反应速率	$\checkmark$ 又有利于化学平衡正向移动	$\times$
合成气在分离氨气后循环使用可以提高原料利用率		$\checkmark$
使用铁催化剂以降低合成氨反应的活化能	$\checkmark$ 提高平衡转化率	$\times$
维持氢氮比2.8 – 2.9是因为反应决速步是氮气在催化剂上的吸附活化		$\checkmark$
使用天然气制氢所得的混合气可以直接进入合成塔反应	需净化, 防止催化剂中毒	$\times$
沸腾炉出口的气体可以直接进入转化器进行反应		$\times$
为了增加SO ₃ 的溶解度, 吸收塔中使用冷水进行吸收		$\times$
转化器出口气体中只含有SO ₃	可逆	$\times$
硫酸工业多采用常压反应是综合考虑化学平衡和生产成本各种因素的结果		$\checkmark$

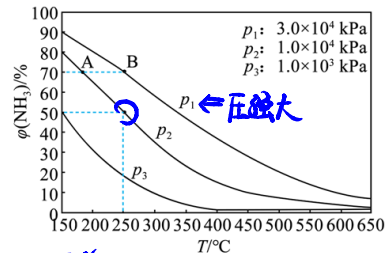
2. 在密闭容器中发生合成氨反应, 投料时氢氮比为3, 在相同催化剂条件下, 平衡混合物

中氨的体积分数 $\varphi(\text{NH}_3)$ 与温度、压强的关系如图所示:

①A, B两点的化学反应速率 $v_A(\text{NH}_3)$ $<$ $v_B(\text{NH}_3)$

②在250 °C, 1.0×10^4 kPa下计算H₂的平衡转化率

66.7 % (保留1位小数)



3. 研究表明金属催化剂可加速氨气的分解。下表为某温度

下等质量的不同金属分别催化等浓度氨气分解生成氢气的初始速率($\text{mmol} \cdot \text{min}^{-1}$)

催化剂	Ru	Rh	Ni	Pt	Pd	Fe
初始速率	7.9	4.0	3.0	2.2	1.8	0.5

①不同金属催化剂存在下, 氨气分解活化能最大的是 Fe

②某温度下, 向恒容密闭容器中通入2 mol NH₃, 此时压强为4 MPa; 若平衡时氨气分

解反应的转化率为50 %, 计算该温度下 $2\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{N}_2 + 3\text{H}_2$ 的平衡常数 $K_p = \frac{27}{4}$

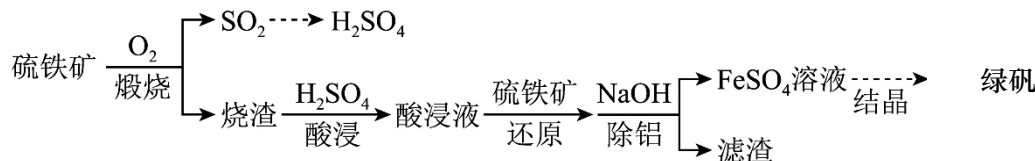
(用平衡分压代替平衡浓度计算)



$$K_p = \frac{1 \times 3^3}{2^2} = \frac{27}{4}$$

硫铁矿烧渣的处理

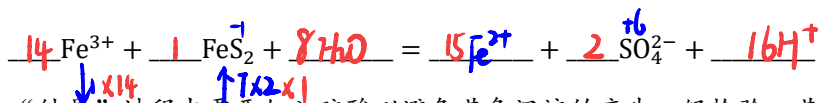
硫铁矿烧渣含有 Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , Al_2O_3 等成分, 常用于制备绿矾, 流程如下:



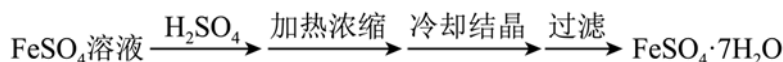
1. 绿矾的化学式 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

2. 煅烧硫铁矿的过程中, 被氧化的元素为 +2价的Fe, -1价的S $\uparrow$ 失电子

3. 补全“还原”过程的离子方程式:



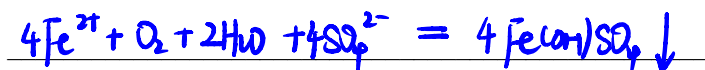
“结晶”过程中需要加入硫酸以避免黄色沉淀的产生, 经检验, 黄色沉淀为 $\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4$ 。结晶”过程的步骤如下:



5. 检验黄色沉淀中的铁元素: 取少量沉淀, 洗涤, 加入稀硫酸溶解,

取样, 加入KSCN溶液, 若显血红色, 则黄色沉淀中为 Fe^{3+} / 含铁元素 (填操作和现象)

6. 用离子方程式解释产生黄色沉淀的原因:



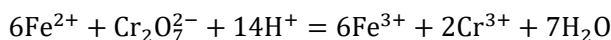
常采用重铬酸钾法测定制得晶体样品中 Fe^{2+} 的质量分数 $250 \times 10^{-3} \times 0.01 \times 294$

7. 测定质量分数需要配制200mL $0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液, 计算所需的 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 固体

质量 0.735g (已知 $M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 294 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

8. 配制上述溶液所需的玻璃仪器有: 烧杯、胶头滴管、250mL容量瓶、玻璃棒

9. 称取 $w \text{ g}$ 所制得的晶体样品, 溶解, 滴加 $0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液, 发生反应:



恰好完全反应时, 消耗 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液 $v \text{ mL}$, 计算其中 Fe^{2+} 的质量分数

(列出表达式)



$$\frac{v \times 10^{-3} \times 0.01 \times 6 \times 56}{w} = \frac{3.36 \times 10^{-3}}{w}$$

$$\text{或 } \frac{3.36 \times 10^{-3}}{w} \%$$