

真实问题解决 7——弱电解质及盐类水解、沉淀溶解平衡

学习目标

1. 熟练掌握分析水溶液中三大平衡的基本方法和规律
2. 学会分析真实问题情境的方法，从中找到离子平衡的规律，解决问题
3. 能够熟练运用化学平衡原理解决实际问题，尤其是在工业生产、实验分析等的定性分析，物质含量测定的定量计算等方面的应用

任务与问题

任务一：复杂体系平衡规律的辨识

问题：体系复杂，成分多样

平衡寻找困难；影响因素有多种，确定困难；多个平衡共同影响，主次区分困难

例 1：2015 年-11. 某消毒液的主要成分为 NaClO ，还含有一定量的 NaOH 。下列用来解释事实的方程式中，不合理的是（已知：饱和 NaClO 溶液的 pH 约为 11）

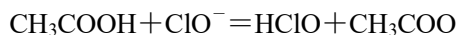
A. 该消毒液可用 NaOH 溶液吸收 Cl_2 制备： $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- = \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$

B. 该消毒液的 pH 约为 12： $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{OH}^-$

C. 该消毒液与洁厕灵（主要成分为 HCl ）混用，产生有毒 Cl_2 ：



D. 该消毒液加白醋生成 HClO ，可增强漂白作用：



2018 年-11. 测定 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{SO}_3$ 溶液先升温再降温过程中的 pH，数据如下。

时刻	①	②	③	④
温度/ $^{\circ}\text{C}$	25	30	40	25
pH	9.66	9.52	9.37	9.25

实验过程中，取①④时刻的溶液，加入盐酸酸化的 BaCl_2 溶液做对比实验，④产生白色沉淀多。

下列说法不正确的是

A. Na_2SO_3 溶液中存在水解平衡： $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HSO}_3^- + \text{OH}^-$

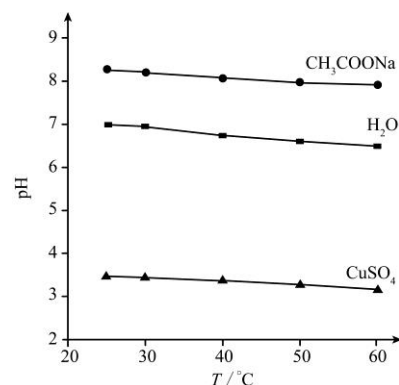
B. ④的 pH 与①不同，是由于 SO_3^{2-} 浓度减小造成的

C. ①→③的过程中，温度和浓度对水解平衡移动方向的影响一致

D. ①与④的 K_w 值相等

例 2：2019 年-12. 实验测得 $0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{COONa}$ 溶液、 $0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{CuSO}_4$ 溶液以及 H_2O 的 pH 随温度变化的曲线如图所示。下列说法正确的是

- A. 随温度升高, 纯水中 $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$
- B. 随温度升高, CH_3COONa 溶液的 $c(\text{OH}^-)$ 减小
- C. 随温度升高, CuSO_4 溶液的 pH 变化是 K_w 改变与水解平衡移动共同作用的结果
- D. 随温度升高, CH_3COONa 溶液和 CuSO_4 溶液的 pH 均降低, 是因为 CH_3COO^- 、 Cu^{2+} 水解平衡移动方向不同

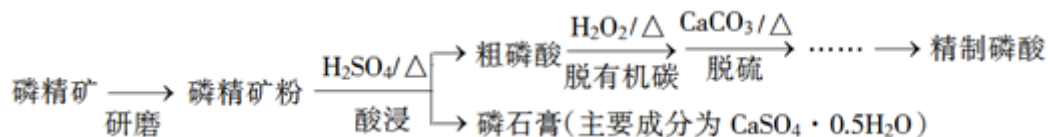


任务二：工业生产和实验探究中平衡规律的应用

问题：工业流程每步的作用和成分分析有难度, 进而影响分析离子平衡问题

实验探究对知识本质的理解, 以及不同模块的综合能力较高, 部分学生暂时达不到

例 1: 2018 年-27. 磷精矿湿法制备磷酸的一种工艺流程如下:



已知: 磷精矿主要成分为 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$, 还含有 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ 和有机碳等。

溶解度: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}) < \text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$

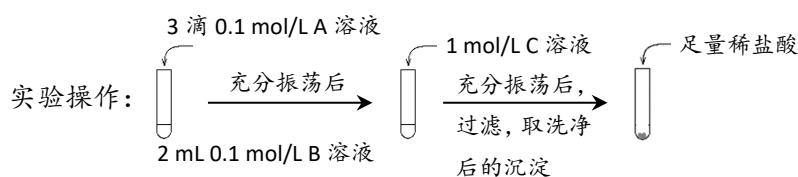
(5) 脱硫时, CaCO_3 稍过量, 充分反应后仍有 SO_4^{2-} 残留, 原因是_____; 加入 BaCO_3 可进一步提高硫的脱除率, 其离子方程式是_____。

例 2: 2019 东城一模-28 (15 分) 某小组同学探究物质的溶解度大小与沉淀转化方向之间的关系。

已知:

物质	BaSO_4	BaCO_3	AgI	AgCl
溶解度/g (20°C)	2.4×10^{-4}	1.4×10^{-3}	3.0×10^{-7}	1.5×10^{-4}

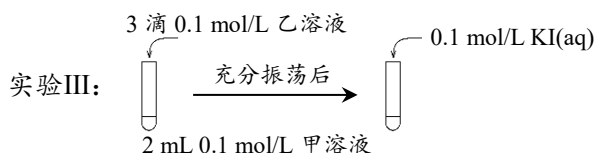
(1) 探究 BaCO_3 和 BaSO_4 之间的转化



	试剂 A	试剂 B	试剂 C	加入盐酸后的现象
实验 I	BaCl_2	Na_2CO_3	Na_2SO_4	
实验 II		Na_2SO_4	Na_2CO_3	有少量气泡产生, 沉淀部分溶解

- ① 实验 I 说明 BaCO_3 全部转化为 BaSO_4 , 依据的现象是加入盐酸后, _____。
- ② 实验 II 中加入稀盐酸后发生反应的离子方程式是_____。
- ③ 实验 II 说明沉淀发生了部分转化, 结合 BaSO_4 的沉淀溶解平衡解释原因: _____。

(2) 探究 AgCl 和 AgI 之间的转化



实验IV: 在试管中进行溶液间反应时, 同学们无法观察到 AgI 转化为 AgCl, 于是又设计了如下实验 (电压表读数: $a > c > b > 0$)。

装置	步骤	电压表读数
	i. 如图连接装置并加入试剂, 闭合 K	a
	ii. 向 B 中滴入 AgNO ₃ (aq), 至沉淀完全	b
	iii. 再向 B 中投入一定量 NaCl(s)	c
	iv. 重复 i, 再向 B 中加入与 iii 等量 NaCl(s)	a

注: 其他条件不变时, 参与原电池反应的氧化剂 (或还原剂) 的氧化性 (或还原性) 越强, 原电池的电压越大; 离子的氧化性 (或还原性) 强弱与其浓度有关。

- ① 实验III证明了 AgCl 转化为 AgI, 甲溶液可以是_____ (填序号)。
a. AgNO₃ 溶液 b. NaCl 溶液 c. KI 溶液
 - ② 实验IV的步骤i中, B 中石墨上的电极反应式是_____。
 - ③ 结合信息, 解释实验IV中 $b < a$ 的原因: _____。
 - ④ 实验IV的现象能说明 AgI 转化为 AgCl, 理由是_____。
- (3) 综合实验I~IV, 可得出结论: _____。

任务三: 酸碱中和滴定在实际定量分析中的应用与拓展

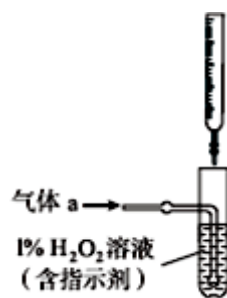
问题: 定量分析的思路有欠缺, 缺乏对滴定实验的本质理解, 酸碱滴定之外的延伸就缺乏思路

例 1: 2014 年-27. 碳、硫的含量影响钢铁性能。碳、硫含量的一种测定方法是将钢样中的碳、硫转化为气体, 再用测碳、测硫装置进行测定。

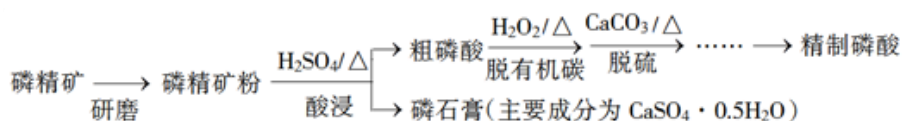
(2) 将气体 a 通入测硫装置中(如图), 采用滴定法测定硫的含量。

① H₂O₂ 氧化 SO₂ 的化学方程式: _____。

② 用 NaOH 溶液滴定生成的 H₂SO₄, 消耗 z mL NaOH 溶液。若消耗 1 mL NaOH 溶液相当于硫的质量为 y g, 则该钢样中硫的质量分数: _____。



例 2: 2018 年-27. 磷精矿湿法制备磷酸的一种工艺流程如下:



已知: 磷精矿主要成分为 Ca₅(PO₄)₃(OH), 还含有 Ca₅(PO₄)₃F 和有机碳等。

溶解度： $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}) < \text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$

(6) 取 $a \text{ g}$ 所得精制磷酸，加适量水稀释，以百里香酚酞作指示剂，用 $b \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液滴定至终点时生成 Na_2HPO_4 ，消耗 NaOH 溶液 $c \text{ mL}$ ，精制磷酸中 H_3PO_4 的质量分数是_____。(已知： H_3PO_4 摩尔质量为 $98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

例 3：2019 年-26. (12 分) 化学小组用如下方法测定经处理后的废水中苯酚的含量(废水中不含干扰测定的物质)。

- I. 用已准确称量的 KBrO_3 固体配制一定体积的 $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KBrO}_3$ 标准溶液；
- II. 取 $v_1 \text{ mL}$ 上述溶液，加入过量 KBr ，加 H_2SO_4 酸化，溶液颜色呈棕黄色；
- III. 向 II 所得溶液中加入 $v_2 \text{ mL}$ 废水；
- IV. 向 III 中加入过量 KI ；
- V. 用 $b \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定 IV 中溶液至浅黄色时，滴加 2 滴淀粉溶液，继续滴定至终点，共消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 $v_3 \text{ mL}$ 。

已知： $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和 $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ 溶液颜色均为无色

- (1) I 中配制溶液用到的玻璃仪器有烧杯、玻璃棒、胶头滴管和_____。
- (2) II 中发生反应的离子方程式是_____。
- (3) III 中发生反应的化学方程式是_____。
- (4) IV 中加 KI 前，溶液颜色须为黄色，原因是_____。
- (5) KI 与 KBrO_3 物质的量关系为 $n(\text{KI}) \geq 6n(\text{KBrO}_3)$ 时， KI 一定过量，理由是_____。
- (6) V 中滴定至终点的现象是_____。
- (7) 废水中苯酚的含量为_____ $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (苯酚摩尔质量： $94 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)。
- (8) 由于 Br_2 具有_____性质，II~IV 中反应须在密闭容器中进行，否则会造成测定结果偏高。

学法指导

任务一：复杂体系平衡规律的辨识

1. 分析反应和题干信息，明确体系各种粒子组成
2. 写出各种粒子存在的平衡反应，分析平衡的主次关系
3. 抓住影响平衡的因素，对照题目的数据分析问题

任务二：工业生产和实验探究中平衡规律的应用

1. 明确工业流程或实验探究体系的各种粒子组成，尤其是工业流程的成分分析，至关重要
2. 分析并准确写出各种粒子存在的所有平衡反应
3. 抓住影响平衡的因素，分析平衡移动的方向，认识平衡移动的原理，并结合工业实际

或者探究的本质原理，解释相关问题

任务三：酸碱中和滴定在实际定量分析中的应用与拓展

1.熟练掌握酸碱中和滴定的基本仪器，操作，数据处理和误差分析，尤其关注滴定终点的确定方法

2.明确滴定是定量分析的基础，掌握定量计算的基本步骤

3.掌握酸碱滴定所代表的定量计算问题的核心，就是利用滴定找到物质之间的定量关系，进而进行计算，进而将滴定方法拓展，如氧化还原滴定，沉淀滴定，络合滴定等等。