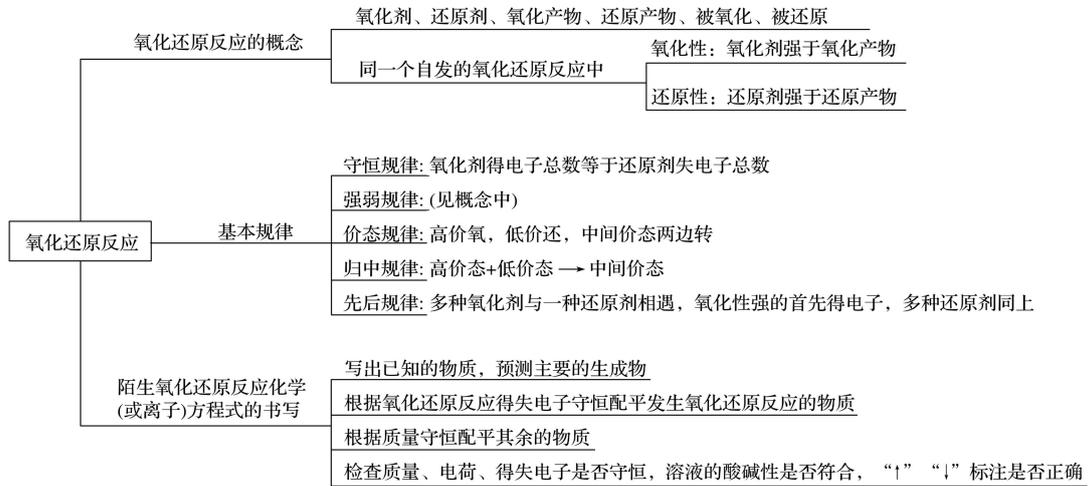


高考化学最后一次强基纠错辅导

一、氧化还原反应

一、要点知识



二、正误辨析

判断下列说法是否正确，正确的打“√”，错误的打“×”，错误的指明原因。

- (1)在氧化还原反应中有一种元素被氧化时，一定有另一种元素被还原 × 反例： Cl_2 的歧化反应
- (2)有单质参加或生成单质的反应一定属于氧化还原反应 × 反例：同素异形体的相互转化
- (3)某元素由游离态变成化合态时，该元素可能被氧化也可能被还原 √
- (4)阳离子只能得到电子被还原，阴离子只能失去电子被氧化 × 反例： Fe^{2+} 可被氧化为 Fe^{3+}
- (5)化合反应均为氧化还原反应 × 反例： $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH}$
- (6)氧化还原反应中的反应物，不是氧化剂就是还原剂 × 反例： Na_2O_2 与 H_2O 的反应中，水既不是氧化剂，也不是还原剂
- (7)含有最高价元素的化合物不一定具有强氧化性 √
- (8)物质氧化性的强弱不仅与物质的结构有关，还与反应物的浓度有关 √
- (9)在 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$ 中，氧化剂与还原剂均是 Cl_2 ，其物质的量之比为1：1 √
- (10) $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{稀}) = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 中，氧化剂与还原剂之比为8：3 × 反应中8个硝酸分子，只有两个参加氧化还原反应

二、物质结构与元素周期律

一、要点知识

1. 物质的构成

原子、分子、离子都能直接构成物质。

(1)原子间通过共价键构成分子，如： N_2 、 CO_2 、 HCl 、 H_2SO_4 、 NH_3 、 H_2O 。

注意 ①惰性气体是单原子分子，不存在共价键。

② $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 是共价分子，为纯净物；氨水是混合物。

(2)原子间通过共价键形成空间网状结构的一类物质，无分子，如：金刚石、 SiO_2 等，只能称化学式。

(3)原子形成离子，阴、阳离子通过离子键形成的一类物质，无分子，如： NaCl 、 Na_2O_2 、 KOH 、 NH_4Cl ，只能称化学式。

(4)金属单质形成的晶体中有金属阳离子和自由移动的电子，没有阴离子。

2. 物质结构决定物质的性质



3. 周期表的信息解读(四个关系式)

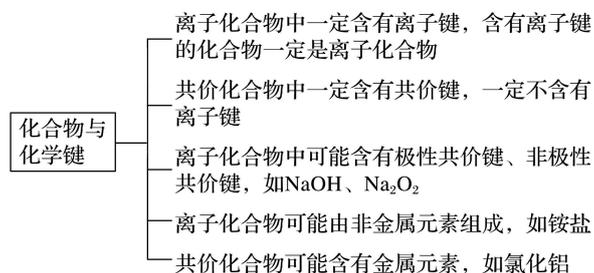
- (1)电子层数=周期数。
- (2)质子数=原子序数。
- (3)最外层电子数=主族序数。
- (4)主族元素的最高正价=族序数(O、F 除外)，负价=主族序数-8。

4. 利用“三看”规律比较微粒半径大小

- (1)“一看”是电子层数。当电子层数不同时，电子层数越多，半径越大。
 - (2)“二看”核电荷数。当电子层数相同时，核电荷数越大，半径越小。
- 如： $r(\text{O}^{2-}) > r(\text{F}^-) > r(\text{Na}^+) > r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Al}^{3+})$ 。

- (3)“三看”核外电子数。当电子层数和核电荷数均相同时，核外电子数越多，半径越大。

5. 离子化合物和共价化合物与化学键的关系



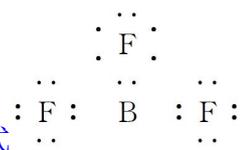
二、正误辨析

判断下列说法是否正确，正确的打“√”，错误的打“×”，错误的指明原因。

- (1) H_3O^+ 与 NH_4^+ 含有相同的电子数、质子数 √
- (2)最外层电子数为2的元素一定在第IIA族 × 反例：He
- (3)硅、锗位于金属与非金属的交界线处，二者均可以制作半导体材料 √
- (4)第IA族元素的金属性一定比同周期的第IIA族的强 √
- (5)第三周期元素的离子半径从左至右逐渐减小 × 反例： $r(\text{Cl}^-) > r(\text{Al}^{3+})$
- (6)气态氢化物的热稳定性： $\text{H}_2\text{O} > \text{NH}_3 > \text{SiH}_4$ √
- (7)碳酸的酸性强于次氯酸，因而碳的非金属性强于氯 × 应比较最高价含氧酸的酸性
- (8)非金属元素原子不可能形成离子化合物 × 反例： NH_4Cl

(9)同主族元素非金属性越强，其简单阴离子的还原性越强 × 简单阴离子的还原性越弱

(10)三氟化硼分子中，B 原子最外层满足 8 电子结构 × BF_3 的电子式



(11)第IA 族元素与第VIIA 族元素结合时，所形成的化学键都是离子键 × 反例：HCl

(12)NaCl 晶体不导电，说明晶体中不含离子 × NaCl 晶体中没有自由移动的离子

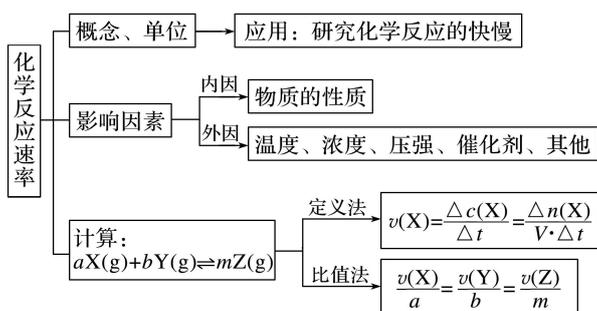
(13) SiO_2 分子中含有一个硅原子和两个氧原子 × SiO_2 晶体中不存在分子

(14)最外层电子数相同的元素，其化学性质一定相同 × 反例：He、Mg 最外层都是两个电子

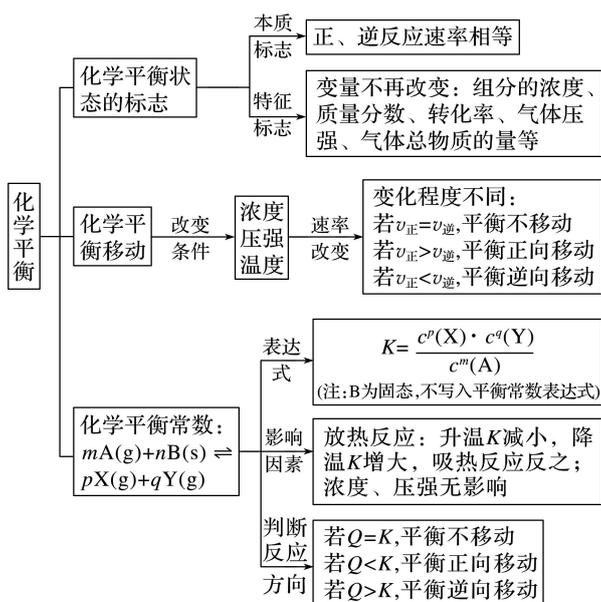
三、化学反应速率及化学平衡

一、要点知识

1. 化学反应速率



2. 化学平衡



二、正误辨析

1. 判断下列说法是否正确，正确的打“√”，错误的打“×”

(1)已知乙酸与乙醇的酯化反应为放热反应，加入少量浓硫酸并加热，该反应的反应速率和平衡常数均增大 ×

(2)在恒温条件下，增大压强，化学反应速率一定加快 ×

(3)在一定条件下，增加反应物的量，化学反应速率一定加快 ×

(4)某温度时 $\text{FeO}(\text{s}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ 达到平衡时 $n(\text{CO}) : n(\text{CO}_2) = 4 : 1$ 。则该反应此温度时的平衡常数 $K = 0.25$ ✓

(5)正反应为吸热反应的可逆反应达到平衡时，升高温度，正反应速率增大，逆反应速率减小，平衡向正反应方向移动 ×

(6)加入催化剂加快了反应速率，改变了反应吸收或放出的热量 ×

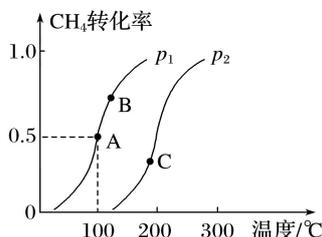
(7)在一定条件下，平衡向正反应方向移动，正反应速率变大 ×

(8)在 $\text{FeCl}_3 + 3\text{KSCN} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3 + 3\text{KCl}$ 平衡体系中，加入 KCl 固体，颜色变浅 ×

(9)平衡向正反应方向移动，反应物的转化率都增大 ×

2. 识图解答下列问题

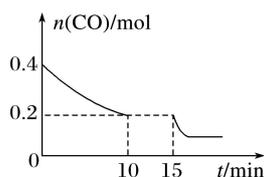
(1)将 2 mol CH_4 和 5 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 通入恒压容器中发生反应 $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ 。
 CH_4 的平衡转化率与温度、压强的关系如图：



①压强为 p_1 ，平衡时若容器的体积为 1 L，则 100 °C 时该反应的平衡常数 $K = 6.75$ 。

②若图中的 $p_1 < p_2$ ，A、B、C 三点的平衡常数 K_A 、 K_B 、 K_C 的大小关系是 $K_A < K_B < K_C$ 。

(2)一定温度下，将 CO 和 H_2 按照物质的量之比 1 : 2 充入容积为 2 L 的密闭容器中，发生 $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ $\Delta H < 0$ ，保持温度和体积不变，反应过程中 CO 的物质的量随时间变化如下图所示。



①0~10 min 内 H_2 的平均反应速率为 $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；该反应的平衡常数 $K = 25$ 。

②15 min 时，若保持温度不变，再向容器中充入 CO 和 CH_3OH 各 0.3 mol，平衡将不(填“向左”“向

右”或“不”)移动。若改变外界反应条件,导致 $n(\text{CO})$ 发生如图所示的变化,则改变的条件可能是 c(填字母)。

a. 增大 CO 浓度 b. 升温 c. 减小容器体积 d. 加入催化剂

解析 (1)① $\text{CH}_4(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})\rightleftharpoons\text{CO}(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g})$

开始/mol 2 5 0 0

转化/mol 1 1 1 3

平衡/mol 1 4 1 3

$$K=\frac{1\times 3^3}{1\times 4}=6.75。$$

②在相同压强下升高温度, CH_4 的转化率升高,说明该反应为吸热反应,因而温度越高,平衡常数越大。故 $K_A < K_B < K_C$ 。

(2)①由图可知, CO 、 H_2 的起始浓度分别 $0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $0.4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$,



初始/ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 0.2 0.4 0

平衡/ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 0.1 0.2 0.1

$$v(\text{H}_2)=\frac{0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}}{10 \text{ min}}=0.02 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} \quad K=\frac{0.1}{0.1\times 0.2^2}=25。$$

$$\textcircled{2}Q=\frac{\left[0.1+\frac{0.3}{2}\right]}{\left[0.1+\frac{0.3}{2}\right]\times 0.2^2}=25。 \text{故平衡不移动。}$$

四、电解质溶液

一、要点知识

1. 离子方程式书写注意事项

(1)易溶、易电离的物质(可溶性强电解质,包括强酸、强碱、可溶性盐)以实际参加反应的离子符号表示;非电解质、弱电解质、气体、单质、氧化物以及难溶盐均用化学式表示。

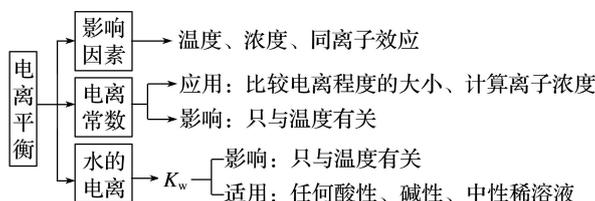
(2) HCO_3^- 、 HS^- 、 HSO_3^- 等弱酸的酸式酸根不能拆开写。

(3)浓硫酸不写离子符号;溶液中铵盐与碱反应加热放出 NH_3 ,不加热写成 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$;生成物中有微溶物析出时,微溶物写成化学式。

(4)盐类水解离子方程式一般用“ \rightleftharpoons ”,不用“ \uparrow ”和“ \downarrow ”;若为完全进行的水解反应,用“ = ”,“ \uparrow ”和“ \downarrow ”;沉淀转化离子方程式用“ = ”,不用“ \downarrow ”,可在难溶物后注“(s)”。

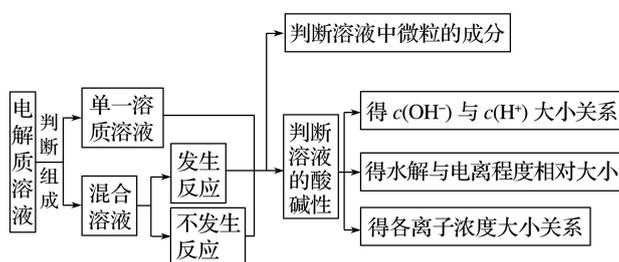
(5)多步连续化学反应,如 AlCl_3 与 NaOH , NaAlO_2 与盐酸, Na_2CO_3 与盐酸, $\text{CO}_2(\text{SO}_2)$ 通入 NaOH 溶液中等,此类反应可用分步书写再相加的方法,写出过量时的离子方程式。

2. 弱电解质的电离平衡

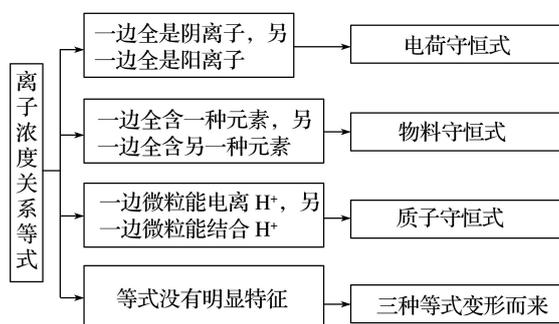


3. 离子浓度大小关系分析判断的基本解题框架

步骤一



步骤二



二、正误辨析

判断下列说法是否正确,正确的打“√”,错误的打“×”,错误的指明原因。

(1)任何温度下,根据水溶液中 $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{OH}^-)$ 的相对大小都可判断溶液的酸碱性 √

(2)pH=4 的醋酸加水稀释过程中,所有离子浓度都降低 × $c(\text{H}^+)$ 减小, $c(\text{OH}^-)$ 增大

(3)在 NaHCO_3 溶液中加入 NaOH 溶液,不会影响离子的种类 √

(4) $\text{AgCl}(\text{s})$ 溶解平衡常数表达式为 $K_{\text{sp}} = \frac{c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-)}{c(\text{AgCl})}$ × 固体物质不写入平衡常数表达式

(5)沉淀转化只能是 K_{sp} 大的沉淀转化为 K_{sp} 小的沉淀 × 反例: BaSO_4 在饱和 Na_2CO_3 溶液中可转化为 BaCO_3

(6)25 °C 时 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 在水中的溶解度大于其在 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中的溶解度 √

(7)中和等体积、等 pH 的盐酸和醋酸消耗的 NaOH 的量相同 × 醋酸的浓度大于盐酸，消耗 NaOH 的量较多

(8)制备无水 AlCl_3 、 FeCl_3 、 CuCl_2 均不能采用将溶液直接蒸干的方法 √

(9)某醋酸溶液的 $\text{pH}=a$ ，将此溶液稀释 10 倍后，溶液的 $\text{pH}=b$ ，则 $a < b < a + 1$ √

(10)常温下， $\text{pH}=5.6$ 的 CH_3COOH 与 CH_3COONa 混合溶液中， $c(\text{Na}^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ × 由于溶液显酸性， CH_3COOH 的电离程度大于 CH_3COONa 的水解程度，因而 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{Na}^+)$

(11)常温下， $\text{pH}=7$ 的氯化铵和氨水的混合溶液中，离子浓度顺序为 $c(\text{NH}_4^+) = c(\text{Cl}^-) > c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$ √

(12)常温下 $\text{NaHSO}_4 \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ ， $\text{pH}=1$ 的 NaHSO_4 溶液中： $c(\text{H}^+) = c(\text{SO}_4^{2-}) + c(\text{OH}^-)$ √

(13)锅炉中沉积的 CaSO_4 可用饱和 Na_2CO_3 溶液浸泡，再将不溶物用稀盐酸溶解除去 √

(14)常温下，在 NaHS 溶液中滴入少量 CuCl_2 溶液，产生黑色沉淀，水的电离程度增大 × $\text{HS}^- + \text{Cu}^{2+} \rightleftharpoons \text{CuS} \downarrow + \text{H}^+$ ，水的电离程度减小

(15)常温下，等体积的盐酸和 CH_3COOH 的 pH 相同，由水电离出的 $c(\text{H}^+)$ 相同 √

(16) $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{COONa}$ 与 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸等体积混合后的溶液中($\text{pH} < 7$): $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{Cl}^-) > c(\text{CH}_3\text{COOH}) > c(\text{H}^+)$ √

(17)向 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHSO}_3$ 溶液中通入 NH_3 至溶液 $\text{pH}=7$: 则 $c(\text{Na}^+) > c(\text{SO}_3^{2-}) > c(\text{NH}_4^+)$ √

(18) NH_4HSO_4 溶液中各离子浓度的大小关系是 $c(\text{H}^+) > c(\text{SO}_4^{2-}) > c(\text{NH}_4^+) > c(\text{OH}^-)$ √

(19) $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水中加入 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 固体， $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$ 比值变大 × $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 电离的 NH_4^+ ，抑制氨水的电离， $c(\text{OH}^-)$ 减小， $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ 增大，因而比值减小

(20)用标准 NaOH 溶液滴定未知浓度的 CH_3COOH 溶液到终点时， $c(\text{Na}^+) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ × 滴定终点为 CH_3COONa ， CH_3COO^- 水解，因而 $c(\text{Na}^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$

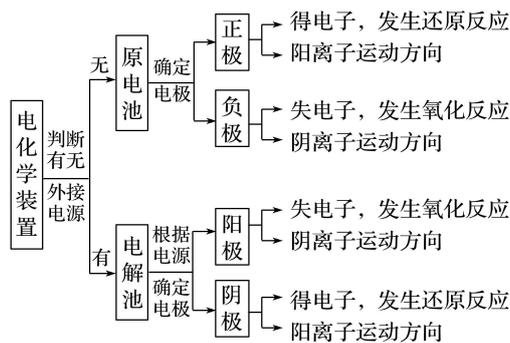
(21) 25°C 时，用 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸滴定 20 mL 某浓度的氨水时，应选用酚酞作为指示剂 × 盐酸滴定氨水，终点呈酸性，应选用甲基橙作指示剂

(22)向含 AgCl 、 AgBr 的浊液中加入少量 AgNO_3 ，溶液中 $\frac{c(\text{Cl}^-)}{c(\text{Br}^-)}$ 不变 √

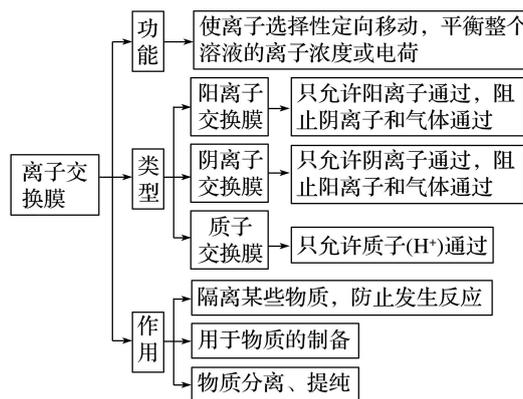
五、电化学原理

一、要点知识

1. 原电池、电解池的区别



2. 离子交换膜



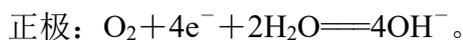
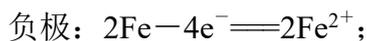
3. 电解原理的应用

(1) 电镀：待镀件作阴极、镀层金属作阳极、含镀层金属阳离子的溶液作电镀液。

(2) 电解精炼铜：纯铜作阴极、粗铜作阳极、硫酸铜溶液作电解质溶液。

4. 金属(以铁为例)的电化学腐蚀与防护

(1) 吸氧腐蚀电极反应：



(2) 防护方法：

① 原电池原理——牺牲阳极的阴极保护法：与较活泼的金属相连，较活泼的金属作负极被腐蚀，被保护的金属作正极；

② 电解池原理——外加电流的阴极保护法：被保护的金属与原电池负极相连，形成电解池，作阴极。

二、正误辨析

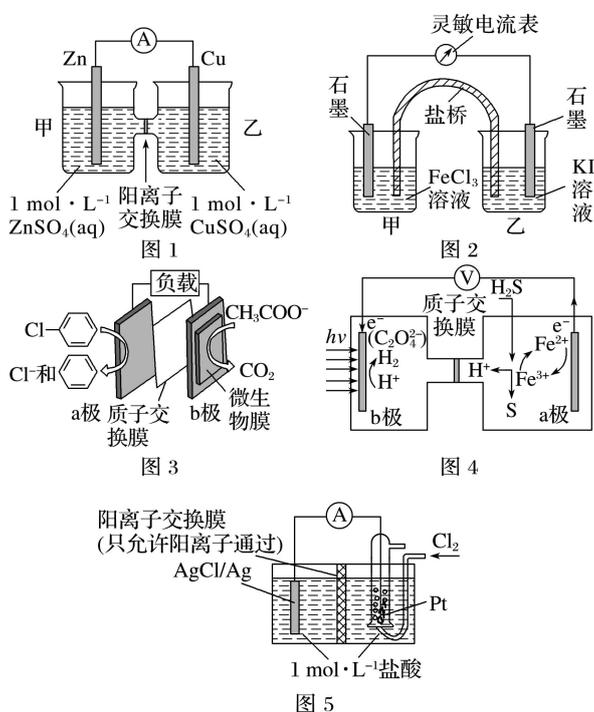
1. 判断下列说法是否正确，正确的打“√”，错误的打“×”

(1) $\text{Cu} + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\uparrow$ 既可在原电池中完成，也可在电解池中完成 ×

(2) 蓄电池充电时，标记着“-”的电极应与电源的负极相连 √

- (3)在 Mg—Al—NaOH 溶液组成的原电池中，因 Mg 比 Al 活泼，故 Mg 作负极 ×
- (4)铅蓄电池放电时的负极和充电时的阴极均发生还原反应 ×
- (5)电解质溶液导电的过程实际上就是电解的过程 √
- (6)电解时，电子流动路径是：负极→外电路→阴极→溶液→阳极→正极 ×
- (7)用惰性电极电解 MgCl₂ 溶液时，阴极可能得到固体镁 ×
- (8)用惰性电极电解 KOH 溶液时，阴极的电极反应式是 O₂+2H₂O+4e⁻====4OH⁻ ×
- (9)以 Pt 电极电解电解质溶液时，若两极只有 H₂ 和 O₂ 析出，则溶液的浓度一定改变 ×
- (10)镀锌铁，若保护层被破坏后，就完全失去了对金属的保护作用 ×

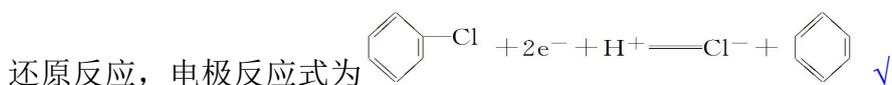
2. 关于下列五个电化学装置图的说法是否正确，正确的打“√”，错误的打“×”



(1)图 1 装置为有阳离子交换膜的锌铜原电池，电池工作一段时间后，甲池的 $c(\text{SO}_4^{2-})$ 减小 × 由于阳离子交换膜只允许阳离子和水分子通过，故甲池的 $c(\text{SO}_4^{2-})$ 不变。

(2)控制合适的条件，将反应 $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$ 设计成如图 2 所示的原电池。则反应开始时，乙中石墨电极上发生氧化反应，甲中石墨电极上 Fe^{3+} 被还原 √

(3)通过加入适量乙酸钠，设计成微生物电池可以将废水中的氯苯转化为苯而除去，其原理如图 3 所示。b 为负极，电极反应式为： $\text{CH}_3\text{COO}^- - 8\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 + 7\text{H}^+$ ，a 为正极，发生



(4)我国最近在太阳能光电催化—化学耦合分解硫化氢研究中取得新进展，相关装置如图 4 所示。

该装置工作时， H^+ 由b极区放电生成氢气， H^+ 由a极区流向b极区，a极上发生的电极反应为 $Fe^{2+} - e^- = Fe^{3+}$ ✓

(5)某原电池装置如图5所示，电池总反应为 $2Ag + Cl_2 = 2AgCl$ 。当电路中转移 $0.01 \text{ mol } e^-$ 时，交换膜左侧溶液中约减少 0.01 mol 离子 × $AgCl/Ag$ 为负极，电极反应为 $Ag - e^- + Cl^- = AgCl$ ，当电路中转移 $0.01 \text{ mol } e^-$ 时，有 $0.01 \text{ mol } AgCl$ 沉淀形成，同时还必然有 $0.01 \text{ mol } H^+$ 通过阳离子交换膜进入正极区，因而左侧减少 0.02 mol 离子。

3. 关于下列五个电化学装置图的说法是否正确，正确的打“√”，错误的打“×”

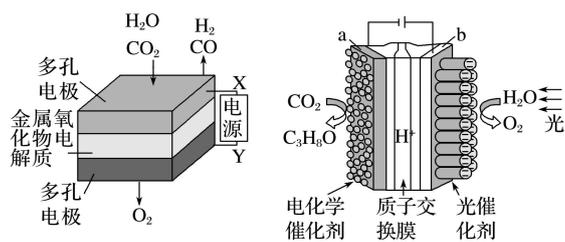


图1

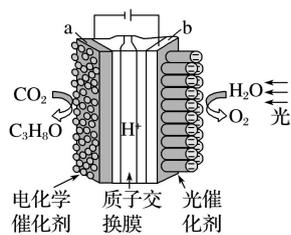


图2

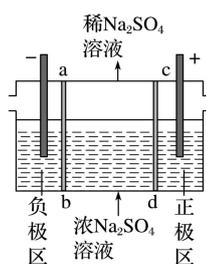


图3

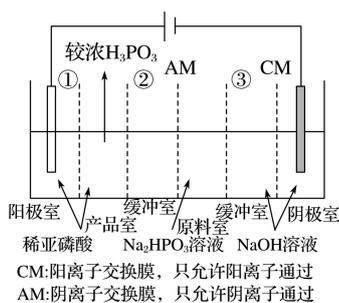


图4

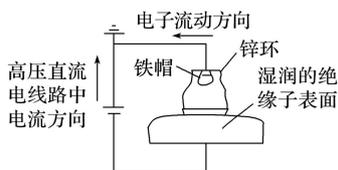


图5

(1)在固态金属氧化物电解池中，高温条件下电解 H_2O-CO_2 混合气体制备 H_2 和 CO 是一种新的能源利用方式，基本原理如图1所示。X是电源的负极，电池总反应是 $H_2O + CO_2 \xrightarrow{\text{电解}} H_2 + CO + O_2$ ✓

(2)某模拟“人工树叶”电化学实验装置如图2所示。该装置能将 H_2O 和 CO_2 转化为 O_2 和燃料 (C_3H_8O)。a电极的电极反应式为 $3CO_2 + 18H^+ - 18e^- = C_3H_8O + 5H_2O$ × a极为阴极， CO_2 中碳由+4价变为 C_3H_8O 中的-2价，应为得电子的还原反应。

(3)三室式电渗析法处理含 Na_2SO_4 废水的原理如图3所示，采用惰性电极，ab、cd均为离子交换膜，在直流电场的作用下，两膜中间的 Na^+ 和 SO_4^{2-} 可通过离子交换膜，而两端隔室中离子

被阻挡不能进入中间隔室。该法在处理含 Na_2SO_4 废水时可以得到 NaOH 和 H_2SO_4 产品 \checkmark

(4)亚磷酸钠(Na_2HPO_3)溶液电渗析法制备 H_3PO_3 (亚磷酸)的原理如图 4 所示,膜①、③均为 CM,

阳极的电极反应式为: $2\text{H}_2\text{O}-4\text{e}^-\text{---}4\text{H}^++\text{O}_2\uparrow$ \checkmark

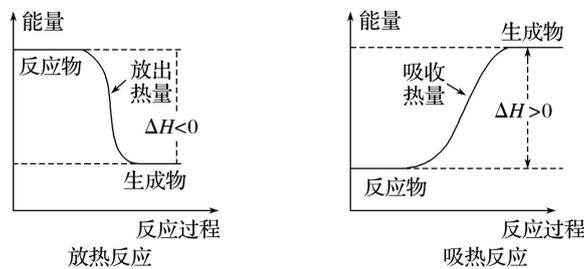
(5)近年来,我国多条高压直流电线路的瓷绝缘子出现铁帽腐蚀现象,在铁帽上加锌环能有效防止铁帽的腐蚀,如图 5 所示,该装置为牺牲阳极的阴极保护法,绝缘子表面产生的 OH^- 向阴极移动 \times 该装置为外加电流的阴极保护法, OH^- 向阳极移动。

六、化学反应与能量变化的关系

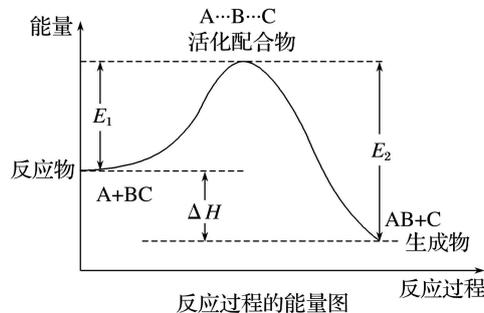
一、要点知识

1. 牢记两类能量变化图像的含义

(1)反应热与物质具有的能量的关系



(2)反应热与正、逆反应活化能的关系



如图所示, E_1 表示正反应的活化能, E_2 表示逆反应的活化能, $\Delta H = E_1 - E_2$ 。

2. 熟练掌握计算反应热的五种方法(根据条件作选择)

(1)根据热化学方程式计算: 反应热与热化学方程式中各物质的物质的量成正比($Q = n \cdot \Delta H$)。

(2)根据反应物和生成物的总能量计算: $\Delta H = E_{\text{生成物的总能量}} - E_{\text{反应物的总能量}}$ 。

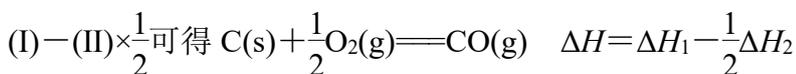
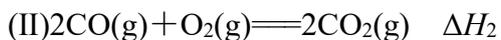
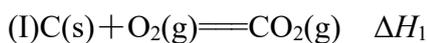
(3)根据键能计算: $\Delta H = E_{\text{反应物键能之和}} - E_{\text{生成物键能之和}}$ 。

(4)根据物质燃烧热计算: $Q = n(\text{可燃物}) \times \text{燃烧热}$ 。

(5)根据盖斯定律计算: ①合理设计反应途径, 如:



②热化学方程式相加或相减，如：



二、正误辨析

判断下列说法是否正确，正确的打“√”，错误的打“×”

(1)吸热反应一定需要加热才能反应，而放热反应在常温下一定能进行()

(2)物质所含的键能越大，能量越低，该物质越稳定()

(3) $\text{H}_2\text{(g)}$ 的燃烧热是 $285.8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，则 $2\text{H}_2\text{O(g)} = 2\text{H}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)}$ $\Delta H = +571.6 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ()

(4)在常温常压下， $2\text{SO}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} = 2\text{SO}_3\text{(g)}$ 和 $2\text{SO}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} = 2\text{SO}_3\text{(g)}$ 的 ΔH 相同()

(5)由石墨比金刚石稳定可推知： $\text{C(石墨)} = \text{C(金刚石)}$ $\Delta H > 0$ ()

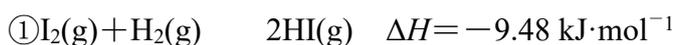
(6)等质量的硫蒸气和硫固体分别完全燃烧，相同条件下，前者放出的热量多()

(7)同温同压下， $\text{H}_2\text{(g)} + \text{Cl}_2\text{(g)} = 2\text{HCl(g)}$ 在光照和点燃条件下的 ΔH 不同()

(8) $\text{H}-\text{H}$ 、 $\text{O}=\text{O}$ 和 $\text{O}-\text{H}$ 键的键能分别为 $436 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、 $496 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 和 $462 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，则反应 $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$ 的 $\Delta H = -916 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ()

(9) $\text{H}_2\text{(g)} + \frac{1}{2}\text{O}_2\text{(g)} = \text{H}_2\text{O(g)}$ ΔH_1 和 $2\text{H}_2\text{O(g)} = 2\text{H}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)}$ ΔH_2 中的 $\Delta H_2 = 2\Delta H_1$ ()

(10)已知：



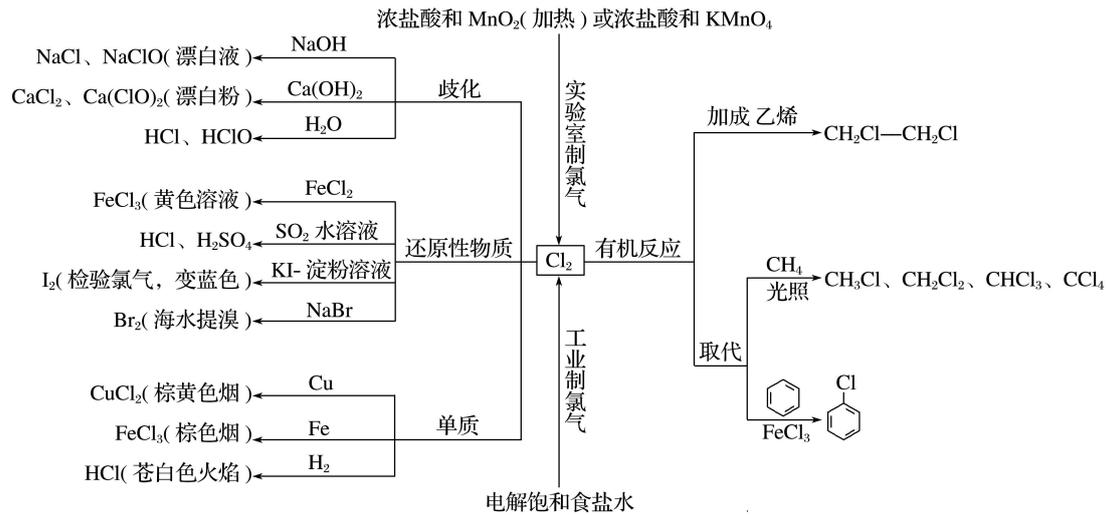
则 $\text{I}_2\text{(s)} + \text{H}_2\text{(g)} = 2\text{HI(g)}$ 的 $\Delta H = +26.48 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ()

答案 (1)× (2)√ (3)× (4)√ (5)√ (6)√ (7)× (8)× (9)× (10)√

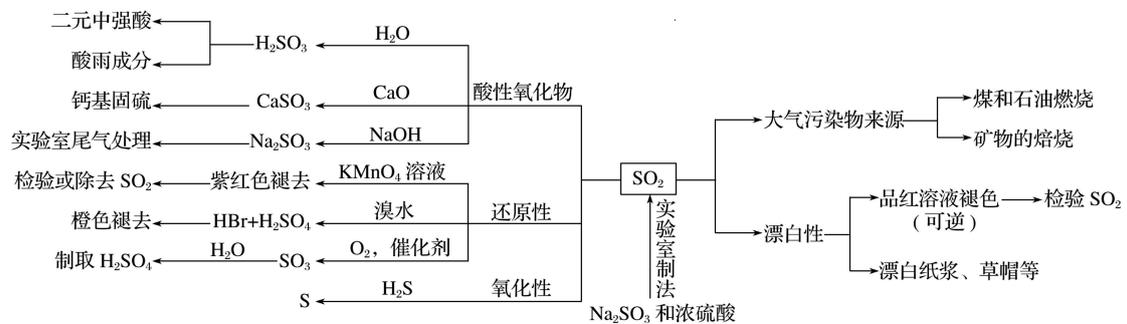
七、9种主要物质的性质及应用

(一) 由点到面构建知识框架

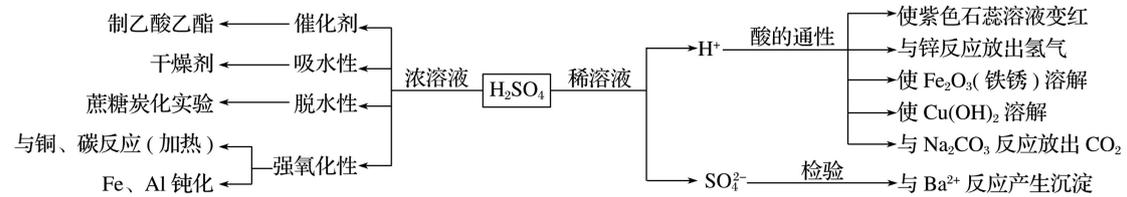
物质 1 氯气 黄绿色刺激性有毒气体



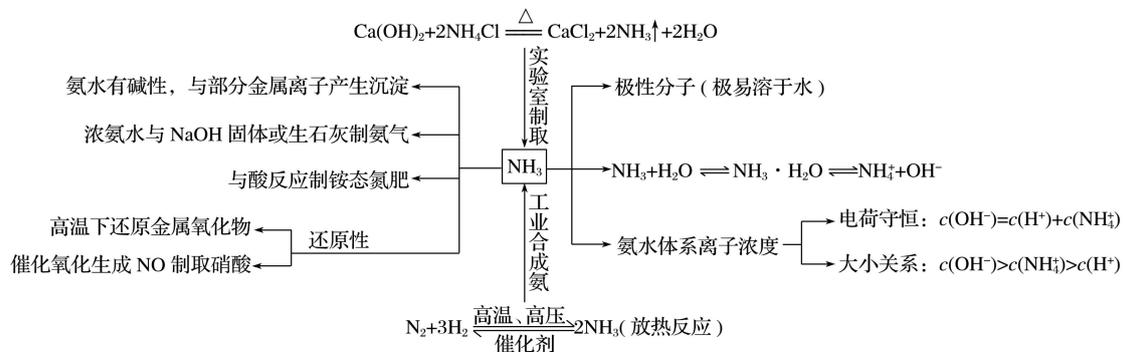
物质 2 二氧化硫 无色刺激性有毒气体



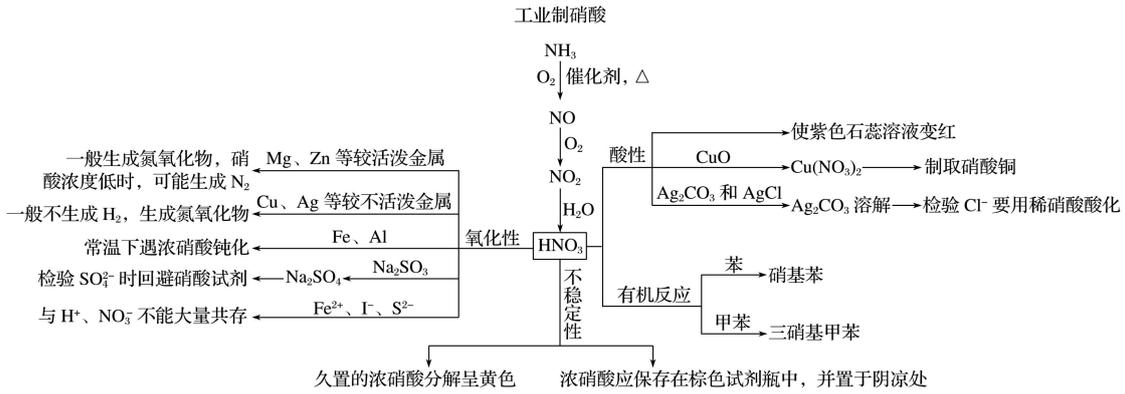
物质 3 硫酸 高沸点、难挥发性强酸



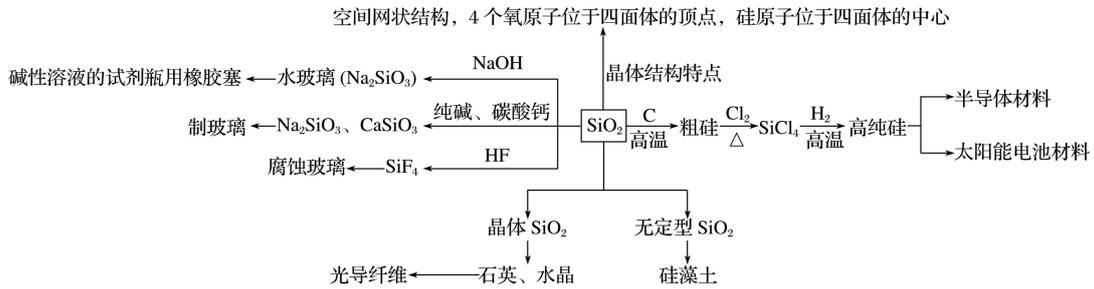
物质 4 氨气 无色刺激性气体



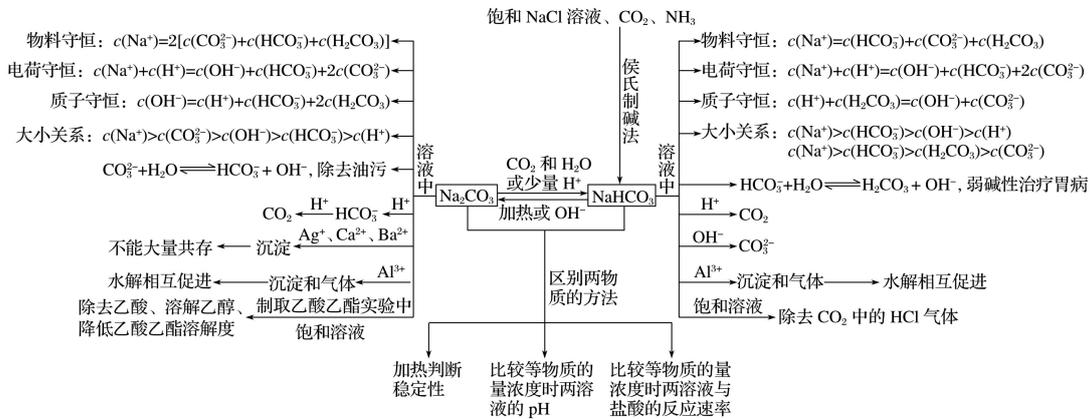
物质 5 硝酸 无色易挥发性强酸



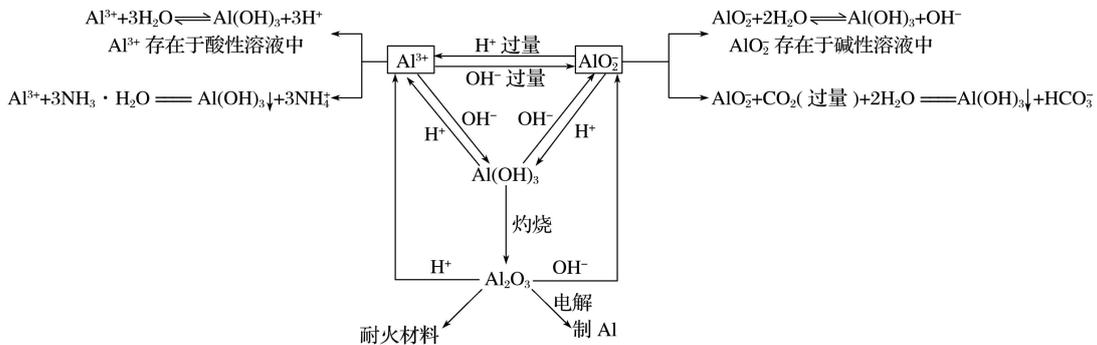
物质 6 二氧化硅 熔点高、硬度大、不溶于水的酸性氧化物



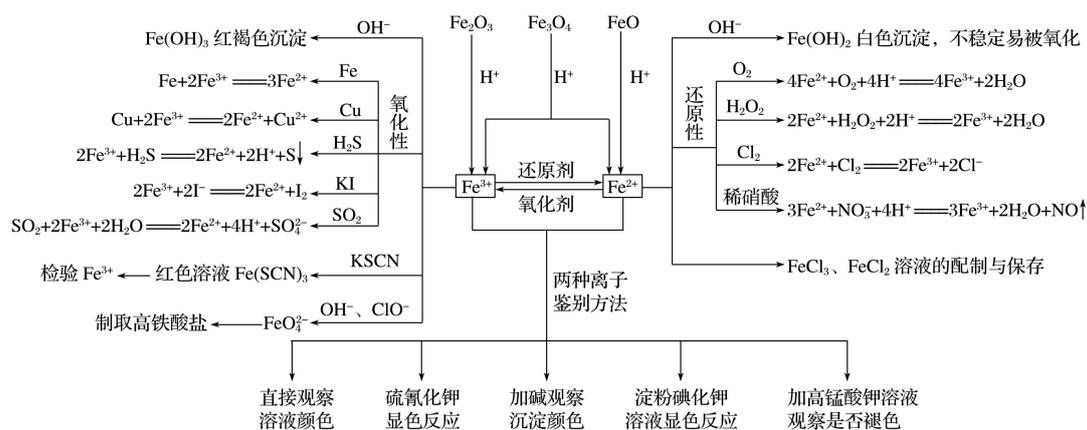
物质 7 碳酸钠和碳酸氢钠



物质 8 铝的化合物

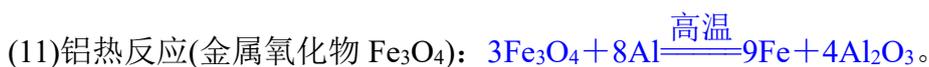
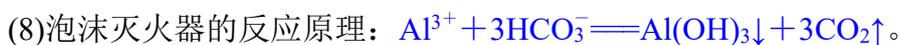
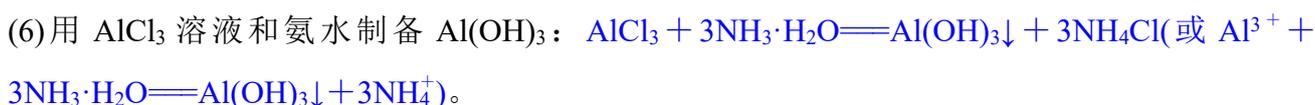
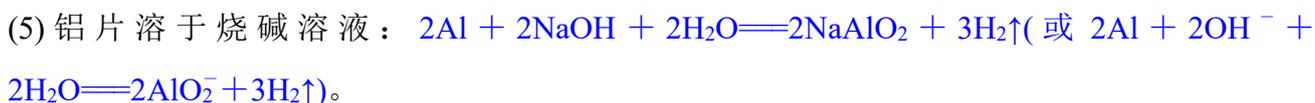
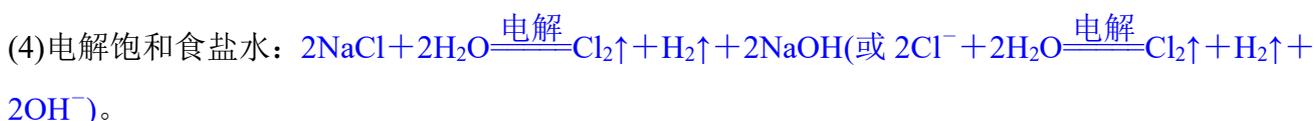
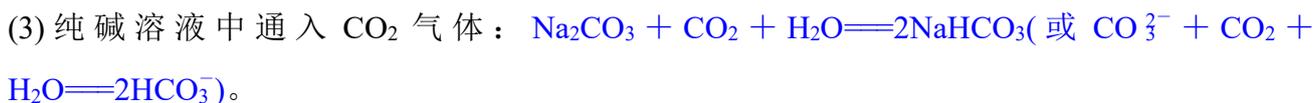


物质 9 铁盐与亚铁盐



(二) 重要方程式再现

1. 常见金属及其化合物



2. 常见非金属及其化合物



(2)用烧碱溶液吸收尾气中的 Cl_2 : $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ (或 $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- = \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$)。

(3)氯水滴入 KBr 溶液, 比较 Cl_2 和 Br_2 的氧化性: $2\text{KBr} + \text{Cl}_2 = 2\text{KCl} + \text{Br}_2$ (或 $2\text{Br}^- + \text{Cl}_2 = \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$)。

(4)铜片溶于浓硫酸: $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(5) SO_2 使溴水褪色: $\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HBr}$ (或 $\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Br}^-$)。

(6)硫化氢与二氧化硫气体混合产生浅黄色沉淀: $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(7) SO_2 型酸雨在空气中放置酸性增强: $2\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{SO}_4$ (或 $2\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 = 4\text{H}^+ + 2\text{SO}_4^{2-}$)。

(8) CuSO_4 溶液吸收 H_2S 气体: $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{S} = \text{CuS}\downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4$ (或 $\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{S} = \text{CuS}\downarrow + 2\text{H}^+$)。

(9)实验室用 NH_4Cl 取制氨气: $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(10)氨气的催化氧化反应: $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ 。

(11)铜溶于稀硝酸: $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{稀}) = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ (或 $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- = 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$)。

(12)久置浓硝酸变黄: $4\text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{光照或}\Delta} 4\text{NO}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(13)工业上制取粗硅: $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO}\uparrow$ 。

(14)硅酸钠溶液中通入少量 CO_2 : $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SiO}_3\downarrow + \text{Na}_2\text{CO}_3$ (或 $\text{SiO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SiO}_3\downarrow + \text{CO}_3^{2-}$)。

(三) 辨析易错易混

判断下列说法是否正确, 正确的打“√”, 错误的打“×”

(1)金属及其化合物

①金属钠着火, 可用泡沫灭火器灭火(×)

②钠与水 and 乙醇反应的实质相同(√)

③ Na_2O 和 Na_2O_2 晶体中, 阳离子和阴离子的个数比均为 2 : 1(√)

④ Na_2O_2 是碱性氧化物, 因而与 SO_2 反应生成 Na_2SO_4 (×)

⑤氧化铝与 NaOH 溶液反应可生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ (×)

⑥相同质量的铝分别溶于足量盐酸、 NaOH 溶液, 转移的电子数相同(√)

⑦明矾可用于治疗胃酸过多(×)

- ⑧红热的铁与水蒸气反应生成 Fe_2O_3 和 H_2 (×)
- ⑨将 FeCl_3 滴入 NaOH 溶液，制取 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体(×)
- ⑩用酸性 KMnO_4 检验 FeCl_3 溶液中是否含有 FeCl_2 (×)
- ⑪铜在干燥的空气中性质稳定，但是在潮湿的环境中则易被锈蚀，生成铜绿(√)
- ⑫铜与氯气、氧气、硫分别反应，得到的产物中铜的化合价均为+2价(×)
- ⑬无水硫酸铜常常被用来检验水蒸气的存在(√)

(2)非金属及其化合物

- ①利用高纯度单质硅可以制成太阳能光伏电池(√)
- ②制作宇宙飞船的玻璃纤维和玻璃的成分相同(×)
- ③ ClO_2 可用作自来水消毒剂(√)
- ④燃煤脱硫后，经气化或液化可以转化成清洁能源(√)
- ⑤使用“84”消毒液时，滴几滴白醋，能提高漂白效率(√)
- ⑥ SiO_2 既能与氢氟酸反应又能与 NaOH 反应，所以它是一种两性氧化物(×)
- ⑦用澄清的石灰水鉴别 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 (×)
- ⑧漂白粉和明矾都常用于自来水的处理，二者的作用原理是相同的(×)
- ⑨人体不能缺碘，需要正常补碘，“加碘食盐”中的“碘”是指碘单质(×)
- ⑩ Br_2 、 I_2 在有机溶剂中的溶解度大于其在水中的溶解度，利用此性质可以用四氯化碳将 Br_2 、 I_2 从其水溶液中萃取出来(√)
- ⑪ SO_2 通入 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液产生的白色沉淀是 BaSO_4 (√)
- ⑫焊接金属、填充灯泡、贮存粮食、罐头、水果等，常用氮气作保护气以防止氧化或腐烂(√)
- ⑬铵盐可作氮肥，贮藏时要密封包装并放在阴凉处，施肥时应埋在土下并及时灌水以保证肥效(√)
- ⑭将镁条放入氯化铵溶液中有气体放出(√)

八、化学实验常考知识及装置图

(一)重要仪器的使用

1. 可以直接加热的仪器有试管、坩埚、蒸发皿。必须垫石棉网加热的仪器有烧杯、烧瓶、锥形瓶。加热试管时，先均匀预热，后固定位置加热。
2. 标明使用温度的仪器有容量瓶、量筒、滴定管。
3. “0”刻度在上边的仪器是滴定管，“0”刻度在中间的仪器是温度计，没有“0”刻度的仪器是量

筒。托盘天平“0”刻度在刻度尺最左边(标尺中央是一道竖线，非零刻度)。

4. 药品的称量：先在左、右托盘上各放一张大小、质量相等的称量纸(腐蚀性药品放在烧杯等玻璃容器中)，再放药品称量；加热后的药品先冷却后称量。

5. 选择仪器时要考虑仪器的量程和精确度。如量取 3.0 mL 液体用 10 mL 量筒；量取 21.20 mL 高锰酸钾溶液用 25 mL 的酸式滴定管；配制 100 mL 15%的氢氧化钠溶液用 200 mL 烧杯。

6. 使用前必须检查是否漏水的仪器有容量瓶、分液漏斗、滴定管。

7. 试管上的油污可用热的氢氧化钠溶液洗涤，银镜用稀硝酸洗涤，久置高锰酸钾溶液的试剂瓶用热的浓盐酸洗涤，久置硫酸铁溶液的试剂瓶用稀盐酸洗涤等。用其他试剂洗过后的试剂瓶都必须再用蒸馏水洗涤至既不聚集成水滴又不成股流下。

(二) 基本实验操作的先后顺序

1. 制取气体时：先检验装置气密性后装药品。

2. 点燃可燃性气体时：先验纯再点燃。

3. 用石蕊试纸、淀粉-KI 试纸检验气体性质时：先用蒸馏水润湿试纸(用 pH 试纸测溶液 pH 不能先润湿)。

4. 中和滴定实验：洗净后的滴定管先用标准液或待测液润洗，再装入相应的溶液；观察锥形瓶内溶液颜色的改变时，先等半分钟，颜色不变后判定终点。

5. 定容操作：先加蒸馏水至容量瓶刻度线下 1~2 cm 后，再用胶头滴管定容。

6. 检验 SO_4^{2-} 时，先向待检验溶液中加入稀盐酸酸化，后加入 BaCl_2 溶液、观察。

(三) 常见实验事故的处理

1. 失火处理：酒精及有机物燃烧，小面积失火时，应迅速用湿布或沙土盖灭；钠、磷等着火时应用沙土盖灭。

2. 浓硫酸、浓烧碱沾到皮肤上，均先用干布迅速拭去，再用大量水冲洗，然后分别涂上稀 NaHCO_3 溶液、硼酸溶液。

3. 眼睛被酸、碱灼伤，先用大量水冲洗，并不断眨眼，一定不能揉眼；然后酸用稀 NaHCO_3 溶液淋洗、碱用硼酸溶液淋洗；最后用生理盐水清洗。

4. 汞洒在地面上，先收集然后撒上硫粉进行处理。

(四) 化学实验中的 5 个“标志”

1. 仪器洗涤干净的标志是内壁附有均匀水膜，不挂水珠，也不成股流下。

2. 中和滴定终点的标志是滴入最后一滴液体后溶液颜色发生突变且半分钟内保持不变。

3. 容量瓶不漏水的标志是加入一定量的水，用食指按住瓶塞，倒立观察，然后将容量瓶正立，

并将瓶塞旋转 180°后塞紧，再倒立，均无液体渗出。

4. 容量瓶、量筒、移液管、滴定管中液面达到刻度线的标志是平视时，视线、刻度线与凹液面相切。

5. 天平平衡的标志是指针在分度盘的中央或指针左右摆动的幅度相等。

(五) 20 个重要的实验现象

1. 镁条在空气中燃烧：发出耀眼的白光，有白色粉末生成。

2. 硫在空气中燃烧：淡蓝色火焰；在氧气中燃烧：蓝紫色火焰。

3. 铁丝在氧气中燃烧：剧烈燃烧，火星四射，放出热量，生成黑色固体。

4. 氢气在氯气中燃烧：安静地燃烧，发出苍白色火焰，瓶口有大量白雾生成。

5. 新制氯水呈黄绿色，光照有气泡生成，久置氯水呈无色。

6. 新制氯水中加石蕊溶液：先变红色后褪色。

7. 湿润的淀粉-KI 试纸遇氯气：试纸变蓝。

8. 氯气遇到湿润的有色布条：有色布条的颜色褪去。

9. 溴(碘)水中加入四氯化碳：溶液分层，上层接近无色，下层接近橙(紫)色。

10. 二氧化硫气体通入品红溶液：红色褪去，加热后又恢复原来的颜色。

11. 钠在空气中燃烧：火焰呈黄色，生成淡黄色物质。

12. 加热碳酸氢钠固体，并将产生的气体通入澄清石灰水：澄清石灰水变浑浊。

13. 氨气与氯化氢相遇：有大量白烟产生。

14. 加热(研磨)氯化铵与氢氧化钙的混合物：有刺激性气味的气体产生。

15. 加热氯化铵：在试管口附近有白色晶体产生。

16. 无色试剂瓶中长期放置浓硝酸：瓶中液面上部显红棕色，浓硝酸呈黄色。

17. 铜片与浓硝酸反应：反应剧烈，有红棕色气体产生。

18. 铜片与稀硝酸反应：试管下端产生无色气泡，气体上升逐渐变成红棕色。

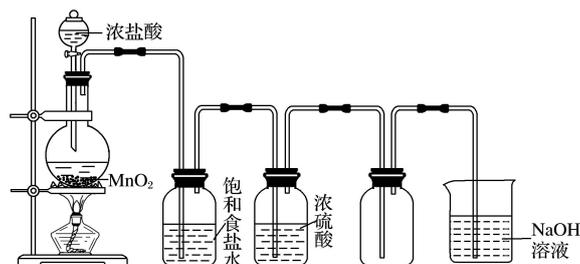
19. 向含 Fe^{2+} 的溶液中加入氢氧化钠：有白色沉淀出现，立即转变为灰绿色，最后转变成红褐色沉淀。

20. 向含 Fe^{3+} 的溶液中加入 KSCN 溶液：溶液变红色。

(六) 教材实验装置再现

1. 氯气的实验室制法

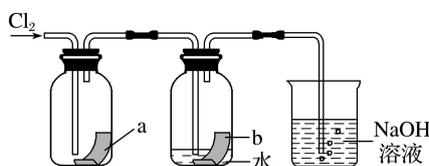
原理：
$$\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$$



先通过饱和食盐水除去氯气中的氯化氢，再通过浓硫酸除去水蒸气，然后用向上排空气法收集氯气，最后用 NaOH 溶液吸收尾气，以防污染环境。

注意事项 洗气瓶中的导气管应长进短出，集气瓶中的导管也是长进短出。

2. 氯气的漂白性实验

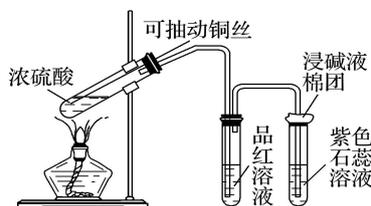


(a 是干燥的有色布条，b 是湿润的有色布条)

现象：干燥的有色布条不褪色，湿润的有色布条褪色。

结论：干燥的氯气不具有漂白性，氯水具有漂白性。

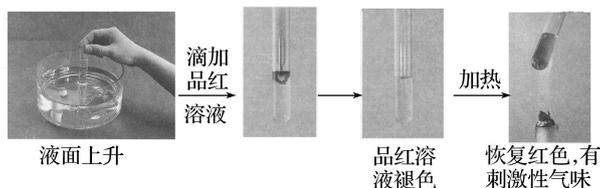
3. 浓硫酸与铜的反应



现象与结论：品红溶液褪色，紫色石蕊溶液变红。铜与浓硫酸加热反应产生 SO₂。

注意事项 反应后的溶液中仍剩余一定量的浓硫酸，要观察 CuSO₄ 溶液的颜色，需将冷却后的混合液慢慢倒入盛有少量水的另一烧杯里，绝不能直接向反应后的液体中加入水。

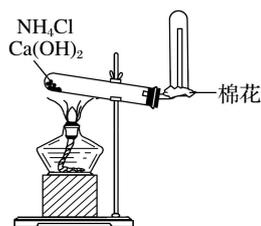
4. SO₂ 的水溶性及漂白性实验



5. 氨的实验室制法

(1)反应原理： $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3\uparrow$

(2)实验装置：属于固体与固体之间的反应，需加热才可进行，与制取氧气的发生装置相同。



(3)收集方法：由于氨极易溶于水，常用向下排空气法来收集。

(4)检验方法：

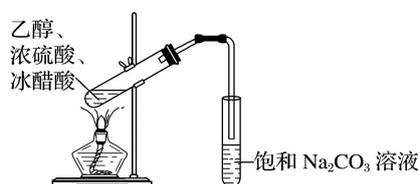
①湿润的红色石蕊试纸遇氨变蓝；

②蘸有浓盐酸的玻璃棒接近瓶口，有白烟生成。

注意事项 用固体加热法制取氨气时，一般用 NH_4Cl 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (一般不用 NaOH) 固体加热，不能用 NH_4NO_3 或 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 共热制氨气，因为这些铵盐受热易发生复杂的氧化还原反应，引起危险。也不能用单一的 NH_4Cl 固体加热，因为 NH_4Cl 受热分解生成氨气和氯化氢气体，但这两种气体遇冷又化合生成 NH_4Cl 固体，会堵塞导气管，带来危险。

6. 乙酸乙酯的制备

(1)反应原理



(2)装置

①大试管(试管口向上倾斜)；

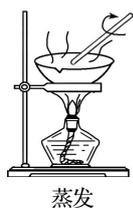
②长导管(冷凝回流、导气)。

(3)浓硫酸的作用：催化剂、吸水剂。

(4)饱和 Na_2CO_3 溶液的作用：降低乙酸乙酯的溶解度，消耗乙酸，溶解乙醇。

7. 物质的分离装置





(1)适用范围

- ①过滤：分离不溶于液体的固体和液体混合物。
- ②分液：分离互不相溶的两种液体。
- ③蒸馏：分离互溶而沸点不同的液体混合物。
- ④蒸发：加热使溶有不挥发性溶质的溶液沸腾，使溶液浓缩或结晶析出。
- ⑤灼烧：除去加热易分解的物质。

(2)易错警示

①玻璃棒的作用：

- a. 引流：过滤或向容量瓶中转移液体等；
- b. 搅拌：加速溶解，蒸发或固体灼烧时防止局部过热；
- c. 蘸取：如测定溶液 pH。

②温度计水银球的位置：

蒸馏烧瓶支管口处(测量气体的温度)、液体中(测量液体的温度)。

- ③沸石：做蒸馏实验时，在沸腾前发现忘记加沸石，应立即停止加热，冷却后补加。

(七) 辨析易错易混

判断下列说法是否正确，正确的打“√”，错误的打“×”

1. 操作或实验叙述的判断

- (1)氢氟酸或浓硝酸存放在带橡胶塞的棕色玻璃瓶中(×)
- (2)氯水或硝酸银溶液存放在配有磨口塞的棕色玻璃瓶中(√)
- (3)常压蒸馏时，加入液体的体积不超过圆底烧瓶容积的三分之二(√)
- (4)先用酒精清洗，再用水清洗，来清洗碘升华实验的试管(√)
- (5)用长颈漏斗分离出乙酸与乙醇反应的产物(×)
- (6)将碘水倒入分液漏斗，加适量乙醇，振荡后静置，可将碘萃取到乙醇中(×)
- (7)用 250 mL 容量瓶、烧杯、玻璃棒、胶头滴管，可完成用浓盐酸配制 250 mL $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ HCl 溶液的实验(×)

(8)称取 KMnO_4 固体 0.158 g,放入 100 mL 容量瓶中,加水溶解并稀释至刻度,配制浓度为 $0.010 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 KMnO_4 溶液(×)

(9)配制氯化铁溶液时,将氯化铁溶解在较浓的盐酸中再加水稀释(√)

(10)先在托盘上各放一张滤纸,然后在右盘上添加 2 g 砝码,左盘上添加 NaOH 固体,称取 2.0 g NaOH 固体(×)

(11)用滴定管量取 20.00 mL 稀硫酸,初读数时尖嘴处有气泡,末读数时气泡消失,则所取稀硫酸体积小于 20.00 mL(√)

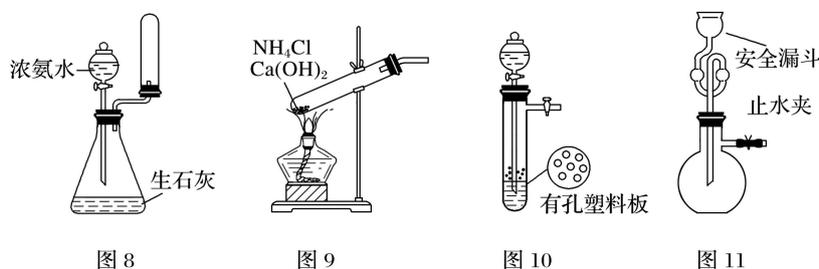
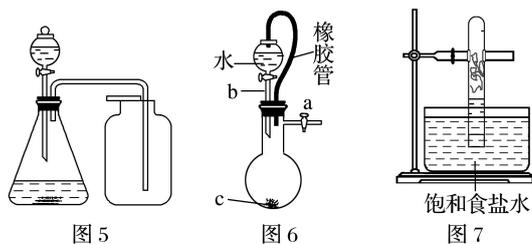
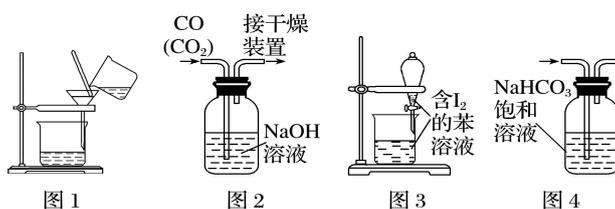
(12)分别加新制氯水后,用 CCl_4 萃取,鉴别 NaBr 和 KI 溶液(√)

(13)向沸水中逐滴加入 1~2 mL FeCl_3 饱和溶液,搅拌并继续煮沸至溶液呈红褐色来制备 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体(×)

(14)向久置的 Na_2SO_3 溶液中加入足量 BaCl_2 溶液,出现白色沉淀;再加入足量稀盐酸,部分沉淀溶解,部分 Na_2SO_3 被氧化(√)

(15)用铂丝蘸取某碱金属的盐溶液灼烧,火焰呈黄色,证明其中含有 Na^+ (√)

2. 实验装置叙述的判断



(1)洗涤沉淀时(如图 1),向漏斗中加适量水,搅拌并滤干(×)

(2)图 2 可除去 CO 中的 CO_2 (√)

(3)苯萃取碘水中的 I_2 ,分出水层后的操作为图 3(×)

- (4)图 4 可除去氯气中的 HCl 气体(×)
- (5)选择合适的试剂，用图 5 所示装置可分别制取少量 CO₂、NO 和 O₂(×)
- (6)图 6 装置：橡胶管的作用是能使水顺利流下(√)
- (7)图 7 装置，能正确反映甲烷与氯气在光照下反应一段时间后的实验现象(√)
- (8)实验室用图 8 装置制取少量氨气(×)
- (9)实验室用图 9 装置制取少量氨气(×)
- (10)图 10 装置可用于锌粒和盐酸反应制氢气，但不能用于二氧化锰与浓盐酸制取氯气(√)
- (11)图 11 装置可用于石灰石与稀盐酸制取 CO₂ 气体(√)



(1)加热试管中的液体()



(2)移走蒸发皿()



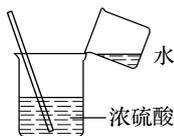
(3)加热结晶水合物()



(4)向容量瓶中转移溶液()



(5)滴加液体()



(6)稀释浓硫酸()



(7)从食盐水中提取 NaCl()

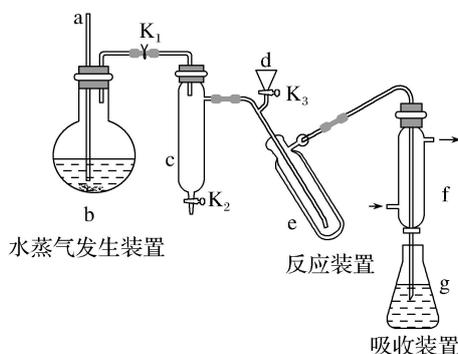


(8)量取 15.00 mL NaOH 溶液()

答案 (1)× (2)× (3)× (4)√ (5)× (6)× (7)× (8)√

3. 综合实验装置中仪器的辨认及作用分析

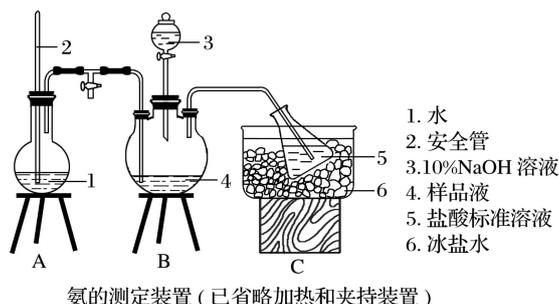
(1)凯氏定氮法是测定蛋白质中氮含量的经典方法，其原理是用浓硫酸在催化剂存在下将样品中有机氮转化成铵盐，利用如图所示装置处理铵盐。



①a 管与大气相通，防止 b 中压强过大。②碎瓷片可防止液体加热时暴沸。③f 为直形冷凝管。

④停止加热，管路中气体温度下降，水蒸气冷凝为液态水，形成负压，g 中蒸馏水倒吸入 c 中，打开 K₂，可将清洗液排出。⑤e 采用中空双层玻璃瓶的作用是保温(联想生活中的保温杯)。

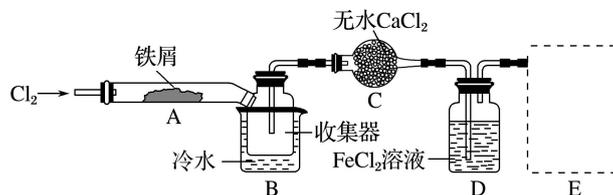
(2)某小组以 CoCl₂·6H₂O、NH₄Cl、H₂O₂、浓氨水为原料，在活性炭催化下，合成了橙黄色晶体 X。晶体中氮的测定方法如下：精确称取 w g X，加适量水溶解，注入如图所示的三颈瓶中，然后逐滴加入足量 10% NaOH 溶液，通入水蒸气，将样品液中的氨全部蒸出，用 V₁ mL c₁ mol·L⁻¹ 的盐酸标准溶液吸收。



①装置中安全管的作用原理是：当 A 中压力过大时，安全管中液面上升，使 A 瓶中压力稳定。

②锥形瓶用冰盐水冷却的目的是：防止氨气挥发。

(3)经查阅资料得知：无水 FeCl₃ 在空气中易潮解，加热易升华。某实验小组设计了制备无水 FeCl₃ 的实验方案，装置示意图(加热及夹持装置略去)如下：



①装置 B 中冷水浴的作用为冷却，使 FeCl₃ 沉积，便于收集产品。

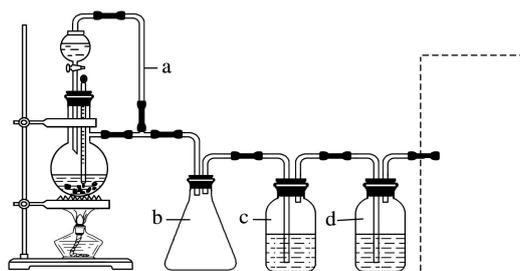
②装置 C 的名称为干燥管。

③装置 A、B 之间不用导管连接的目的是：防止 FeCl₃ 冷凝沉积、堵塞导管。

(4)若用下图装置制备干燥纯净的 CO。

①装置中 a 和 b 的作用分别是平衡压强，便于分液漏斗中的液体顺利加入反应器中、起安全瓶作用，防止 c 中的液体倒吸进入反应器中。

②虚线框内为 CO 收集装置，可以是真空袋(或球胆等)。



九、化学识图能力再提升

(一) 电化学装置示意图

1. 金属的腐蚀与防护

陌生装置	教材装置	知识联系
<p>外加电流的阴极保护法防腐</p>	<p>外加电流的阴极保护法示意图</p>	<p>钢管桩相当于钢闸门，是要保护的金属，应连接电源的负极；高硅铸铁相当于辅助阳极，应连接电源的正极，高硅铸铁作为惰性辅助电极，与辅助阳极一样不被损耗</p>

2. 新型化学电源

陌生装置	教材装置	知识联系
<p>全固态锂硫电池</p>	<p>铅蓄电池的构造示意图</p>	<p>两种电池都是二次电池，电池工作时，负极金属都被氧化；充电时，正极与外电源正极相连，变为电解池的阳极，负极与外电源负极相连，变为电解池的阴极</p>

3. 电解原理的应用

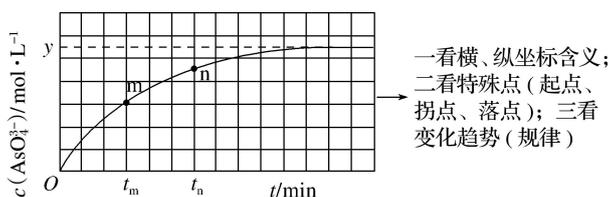
陌生装置	教材装置	知识联系
		<p>氯碱工业中，利用阳离子交换膜既能防止氯气与氢气混合爆炸，又能防止氯气与生成的 NaOH 反应，影响产品的纯度。电渗</p>

三室式电渗析法处理含 Na_2SO_4 废水	阳离子交换膜法电解饱和食盐水	析法是运用多种离子交换膜，使离子有选择性的定向移动，即可达到物质分离的目的
--	----------------	---------------------------------------

(二) 坐标曲线图

1. 单曲线

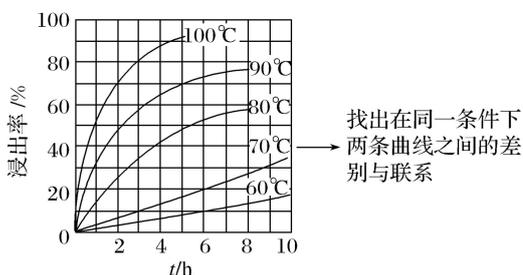
如：某溶液中存在： $\text{AsO}_3^{3-}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{AsO}_4^{3-}(\text{aq}) + 2\text{I}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 。溶液中 $c(\text{AsO}_4^{3-})$ 与反应时间(t)的关系如图所示。



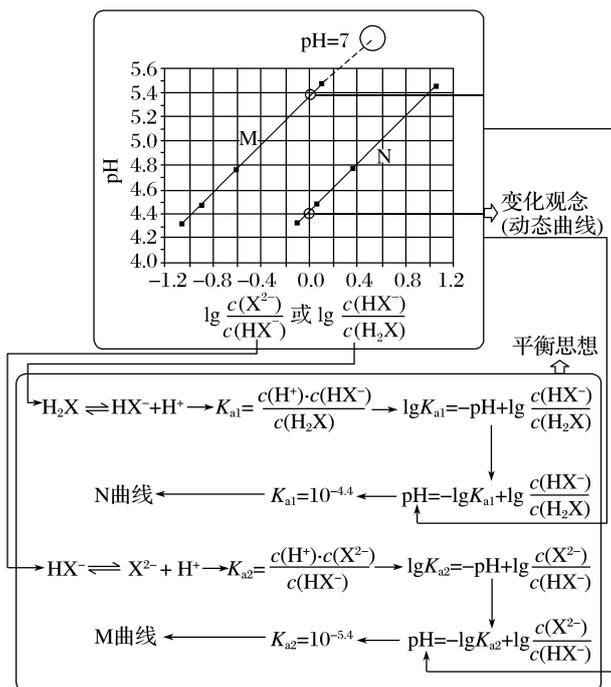
2. 对比曲线

如：铁的浸出率结果如下图：

(1)

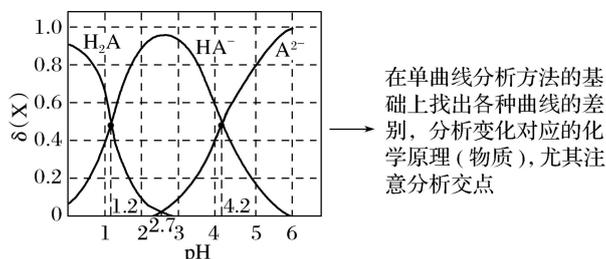


(2)常温下将 NaOH 溶液滴加到己二酸(H_2X)溶液中，混合溶液的 pH 与离子浓度变化的关系如图所示。



3. 多曲线

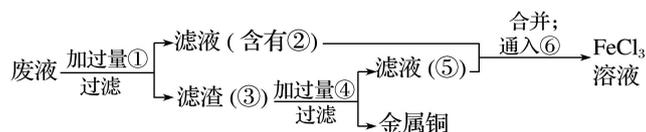
如：改变 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 二元弱酸 H_2A 溶液的 pH，溶液中的 H_2A 、 HA^- 、 A^{2-} 的物质的量分数 $\delta(\text{X})$ 随 pH 的变化如图所示。



(三) 物质转化关系图

1. 熟悉教材中的工艺流程

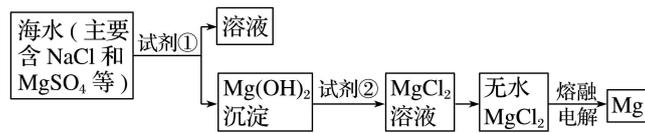
(1) 电子工业常用 30% 的 FeCl_3 溶液腐蚀敷在绝缘板上的铜箔，制造印刷电路板。某工程师为了从使用过的腐蚀废液中回收铜，并重新获得 FeCl_3 溶液，准备采用下列步骤：



分析过程 废液加入过量铁粉过滤，滤液中的主要成分为 FeCl_2 ，滤渣为 Cu 和过量的铁，再加盐酸溶解过量的铁，得 FeCl_2 溶液和单质铜，并将 FeCl_2 合并后用 Cl_2 氧化，实现了 FeCl_3 再生回收利用。

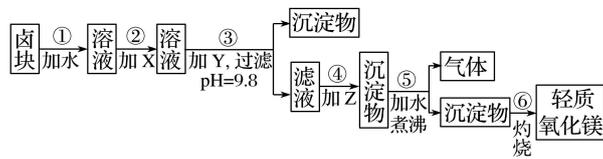
(2) 镁及其合金是一种用途很广的金属材料，目前世界上 60% 的镁是从海水中提取的。主要步

骤如下：



分析过程 海水中首先加入生石灰沉淀 Mg^{2+} ，过滤得到 $Mg(OH)_2$ ，将沉淀分离，加入盐酸溶解，变成氯化镁溶液，完成 Mg^{2+} 的富集；再经过蒸发结晶、过滤得到氯化镁晶体，在 HCl 气流中脱水干燥得到无水氯化镁；最后电解熔融的无水氯化镁制得金属镁和氯气。

(3) 卤块的主要成分是 $MgCl_2$ ，此外还含有 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 等离子。若以它为原料按下图所示工艺流程进行生产，可制得轻质氧化镁。



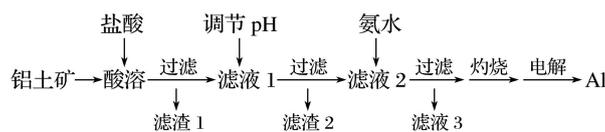
生成氢氧化物沉淀的 pH

物质	开始沉淀	沉淀完全
$Fe(OH)_3$	2.7	3.7
$Fe(OH)_2$	7.6	9.6
$Mn(OH)_2$	8.3	9.8
$Mg(OH)_2$	9.6	11.1

Fe^{2+} 的氢氧化物呈絮状，不易从溶液中除去，所以，常将它氧化为 Fe^{3+} ，生成 $Fe(OH)_3$ 沉淀除去。

分析过程 卤块溶于水，加入氧化剂(如氯水)，将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ，加 MgO 调 pH，沉淀 $Fe(OH)_3$ 和 $Mn(OH)_2$ ，滤液的主要成分是 $MgCl_2$ ，用碱性物质(氨水)沉淀 Mg^{2+} 生成 $Mg(OH)_2$ ，加水煮沸使 $Mg(OH)_2$ 充分沉淀。

(4) 以铝土矿(主要成分为 Al_2O_3 ，含 SiO_2 和 Fe_2O_3 等杂质)为原料制备铝的工艺流程中，其中一种酸溶流程如下：



部分金属离子在实验条件下开始沉淀和完全沉淀的 pH 如下表：

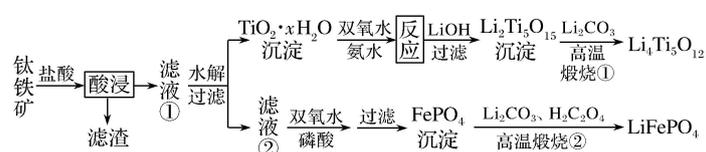
金属离子	Fe^{3+}	Al^{3+}
------	-----------	-----------

开始沉淀时 pH	1.9	3.3
沉淀完全时 pH	3.2	5.2

分析过程 铝土矿(Al_2O_3 、 SiO_2 、 Fe_2O_3)，经盐酸反应后所得物(Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 SiO_2)，滤渣 1 是 SiO_2 ，结合表格信息，经调节 pH 后所得物 $[\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3]$ ，滤渣 2 是 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。滤液 2 是 Al^{3+} ，经加入氨水后所得物为 $[\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl}]$ ，滤液是 NH_4Cl ，滤渣是 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ，经灼烧后得 Al_2O_3 ，经电解后得 Al 。

2. 高考真题示例

(1)(2017·全国卷I, 27) $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 和 LiFePO_4 都是锂离子电池的电极材料，可利用钛铁矿(主要成分为 FeTiO_3 ，还含有少量 MgO 、 SiO_2 等杂质)来制备，工艺流程如下：

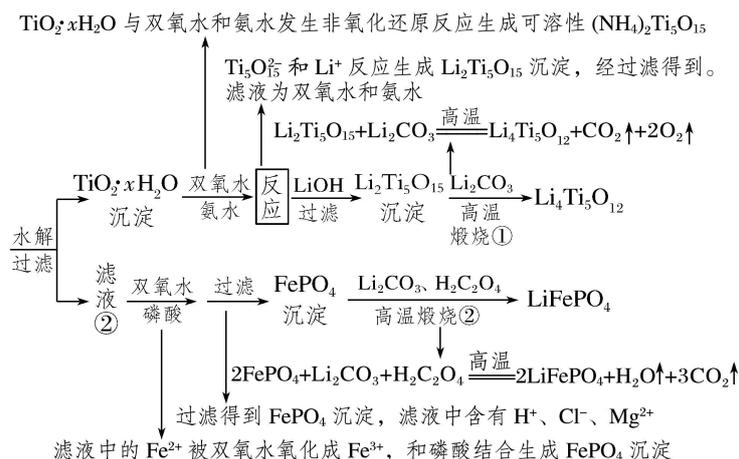


分析过程

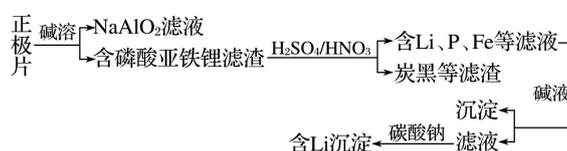
①看反应原料和产物。反应原料为 FeTiO_3 、 MgO 、 SiO_2 ，产物为 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 和 LiFePO_4 。根据元素守恒可知原料中 FeTiO_3 为主原料， MgO 、 SiO_2 为杂质需要从主线中分离出去。

②看流程图，从图中可观察到有一条支线和两条主线。支线的作用是分离酸浸后的难溶物。由两条主线结合题设提供的信息，可知 FeTiO_3 中的 Ti 元素转移到 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 中。元素的化合价在整个过程中未发生变化，所以得到 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 的反应路线主要是溶液中的反应和最后的固体反应，未涉及氧化还原反应。得到 LiFePO_4 的反应路线，Fe 元素的化合价先升高后降低，涉及两步氧化还原反应。

③将反应原料带入反应路线中。酸浸后滤渣为难溶于酸的 SiO_2 。滤液①中含有的离子为 H^+ 、 Cl^- 、 Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 、 TiOCl_2^- 。滤液经过水解并过滤分别得到的沉淀物 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 和滤液②作为上下两条主线的反应原料。在两条主线中分别经历的反应和分离过程以图示的形式分析如下：



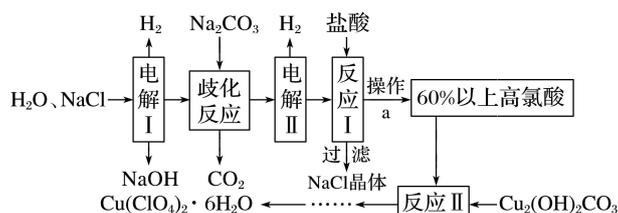
(2)(2018·全国卷I, 7)磷酸亚铁锂(LiFePO_4)电池是新能源汽车的动力电池之一。采用湿法冶金工艺回收废旧磷酸亚铁锂电池正极片中的金属，其流程如下：



分析过程 明确流程中元素的转化关系，正极片碱溶时铝转化为偏铝酸钠，滤渣中含有磷酸亚铁锂，加入硫酸和硝酸酸溶时，碳不与硫酸、硝酸反应，硝酸将亚铁离子氧化为铁离子，过滤后滤渣是炭黑，滤液中含有 Li^+ 、 PO_4^{3-} 、 Fe^{3+} ，加入碱液时 Fe^{3+} 转化为氢氧化铁沉淀，滤液中加入碳酸钠时 Li^+ 转化为沉淀。

(四) 综合训练

1. (2019·泰安二模)六水合高氯酸铜 $[\text{Cu}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ 是一种易溶于水的蓝色晶体，常用作助燃剂。以食盐等为原料制备高氯酸铜晶体的一种工艺流程如下：



回答下列问题：

(1) $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 在物质类别上属于 **B**(填字母)。

A. 碱 B. 盐 C. 碱性氧化物

(2)发生“电解I”时所用的是**阳离子**(填“阳离子”或“阴离子”)交换膜。

(3)歧化反应是同一种物质中同种元素自身的氧化还原反应，已知上述工艺流程中“歧化反应”的产物之一为 NaClO_3 。该反应的化学方程式为 $3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{Cl}_2 = 5\text{NaCl} + \text{NaClO}_3 + 3\text{CO}_2$ 。

(4)“电解II”的阳极产物为 ClO_4^- (填离子符号)。

(5)操作 a 的名称是蒸发浓缩，该流程中可循环利用的物质是 NaCl (填化学式)。

(6)“反应II”的离子方程式为 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 + 4\text{H}^+ = 2\text{Cu}^{2+} + \text{CO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

解析 根据流程图，电解氯化钠溶液生成氢氧化钠、氢气和氯气，生成的氯气与碳酸钠发生歧化反应生成氯化钠和 NaClO_3 ，同时生成二氧化碳，电解生成的 NaClO_3 溶液生成高氯酸钠和氢气，用盐酸酸化，过滤除去氯化钠晶体，蒸发浓缩得到 60%以上的高氯酸溶液，在高氯酸溶液中加入碱式碳酸铜反应生成高氯酸铜溶液，蒸发浓缩，冷却结晶得到高氯酸铜晶体。(6)“反应II”涉及物质碱式碳酸铜不溶于水，高氯酸为强酸，高氯酸铜易溶于水。

2. 研究和深度开发二氧化碳的应用对发展低碳经济，构建生态文明社会具有重要的意义。

I.我国科学家设计的 CO_2 熔盐捕获与转化装置如图 1。

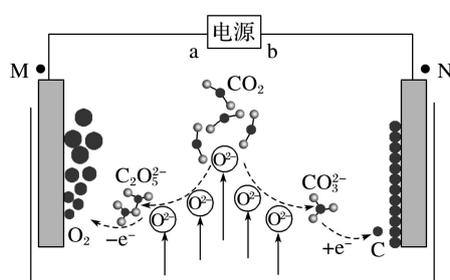


图 1

(1)回答下列问题：

①a 极的电极名称为正极，N 极的电极反应式为： $\text{CO}_3^{2-} + 4\text{e}^- = \text{C} + 3\text{O}^{2-}$ 。

②若该装置中转移 2 mol 电子，最多可捕获标准状况下 CO_2 的体积为 11.2L。

II.一定条件下，将一定量的 CO_2 和 H_2 通入恒容密闭容器中发生如下反应，

主反应： $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H \quad \text{I}$

副反应： $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H < 0 \quad \text{II}$

测定平衡时 CH_3OH 的体积分数 $\varphi(\text{CH}_3\text{OH})$ 随 X、Y 条件变化如图 2 所示：

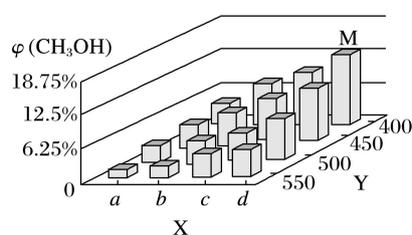


图 2

解答下列问题：

(2)①图中 X 轴表示压强， $a < b$ (填“>”或“<”)，判断的理由是主反应I正向气体分子数减小，副反应II前后气体分子数不变，增大压强反应I平衡正向移动，反应II平衡不移动，符合图示中 $a \rightarrow b$,

$\varphi(\text{CH}_3\text{OH})$ 增大。

②图中 Y 轴表示温度，判断反应I的 ΔH <(填“>”或“<”)0，判断的理由是降低温度，反应I平衡正向移动，因而该反应为放热反应。

(3)若将 2 mol CO_2 和 6 mol H_2 通入 2 L 密闭容器中发生上述两个反应，平衡时，M 点 CH_3OH 的体积分数为 12.5%， $c(\text{CH}_3\text{OCH}_3)=0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

①则此时 CO_2 的转化率为 56%；用 H_2 表示I的反应速率为 $\frac{1.68}{t} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (时间为 $t \text{ min}$)。

②反应II的平衡常数 $K_{\text{II}}=\frac{55}{108}$ (用分数表示)。

十、有机化学基础

1. 有机反应类型

- (1) 当反应条件为 NaOH 醇溶液并加热时，必定为卤代烃的消去反应。
- (2) 当反应条件为 NaOH 水溶液并加热时，通常为卤代烃或酯的水解反应。
- (3) 当反应条件为浓 H_2SO_4 并加热时，通常为醇脱水生成醚或不饱和化合物，或者是醇与酸的酯化反应。
- (4) 当反应条件为稀酸并加热时，通常为酯或淀粉的水解反应。
- (5) 当反应条件为催化剂并有氧气时，通常是醇氧化为醛或醛氧化为酸的反应。
- (6) 当反应为催化剂存在下的加氢反应时，通常为碳碳双键、碳碳三键、苯环或醛基的加成反应。
- (7) 当反应条件为光照且与 X_2 反应时，通常是 X_2 与烷或苯环侧链烃基上的 H 原子发生的取代反应，而当反应条件为催化剂存在且与 X_2 反应时，通常为苯环上的 H 原子直接被取代。
- (8) 根据反应类型的概念判断不易得出结果时，要特别用好“加氢、去氧——还原反应，加氧、去氢——氧化反应”。

(9) 错别字辨析：

常见错别字：酯化、油脂、炭化、褪色、加成、钝化、气体逸出、金刚石、铵盐、苯、硝化、溶解、熔点、容量瓶等。(此处为正确书写)

2. 有机合成中官能团的转化方法

(1) 官能团的引入

①引入卤素原子：烯烃、炔烃与 HX 或 X_2 发生加成反应；烷烃与 X_2 发生取代反应；醇与 HX 发生取代反应。

②引入羟基：烯烃与水发生加成反应；醛(酮)与氢气发生加成反应；卤代烃在碱性条件下发生水解反应；酯的水解等。

③引入双键：加成反应(炔烃加氢或HX)；消去反应(卤代烃、醇的消去)；醇的氧化引入C=O等。

(2) 官能团的消除

①通过加成反应或聚合反应消除不饱和键。

②通过取代反应、消去反应、酯化反应、氧化反应等消除羟基(—OH)。

③通过加成反应或氧化反应消除醛基(—CHO)。

④通过水解反应消除酯基。

⑤通过水解反应、消去反应消除卤素原子。

(3) 碳链的增减

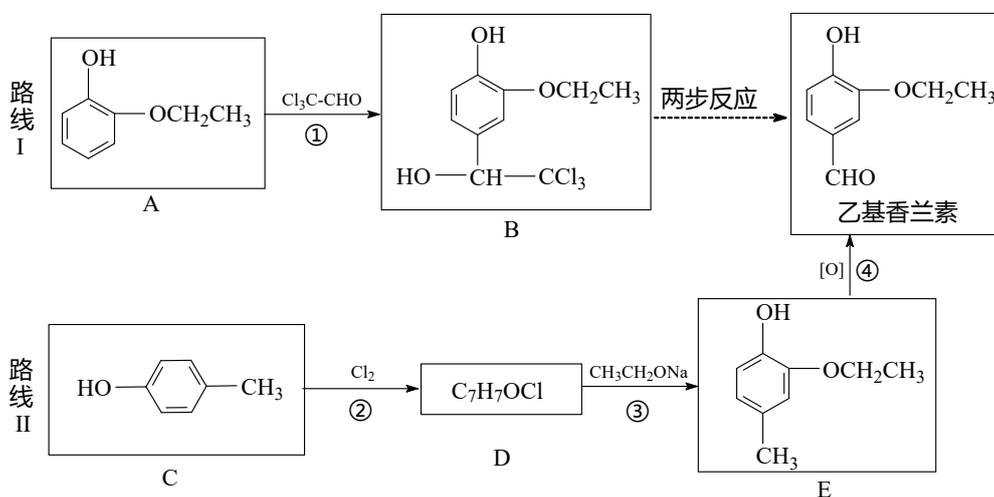
①增长：如不饱和物质的加成或聚合；有机物与HCN反应(一般会以信息形式给出)。

②缩短：如苯的同系物、烯烃的氧化；烃的裂化或裂解；酯的水解反应等。

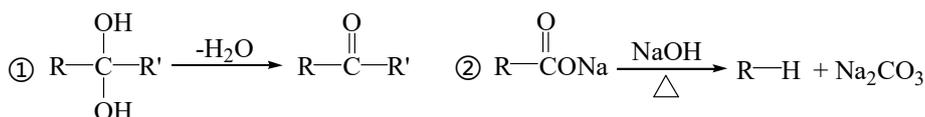
3. 综合训练

乙基香兰素为允许使用的食用香料之一。主要用于配制香草、巧克力、汽水、冰淇淋等香精。

有以下两种常见的合成线路。



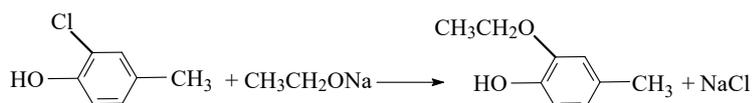
已知：



回答下列问题：

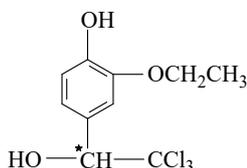
(1) 乙基香兰素的分子式为 $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_3$ ，C 的系统名称为 **4-甲基苯酚**

(2) ②的反应类型为取代反应



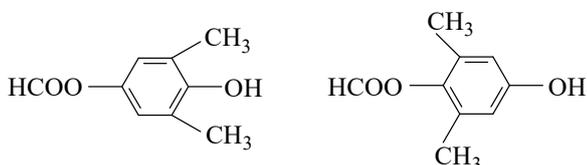
(3) 写出反应③的化学方程式

(4) 碳原子上连有 4 个不同的原子或基团时，该碳称为手性碳。用星号(*)标出 B 中的手性碳



(5) 1 mol B 分别与浓溴水和氢氧化钠溶液反应，消耗 Br_2 和氢氧化钠的物质的量之比 1:5

(6) 写出满足以下条件的乙基香兰素的同分异构体的结构简式

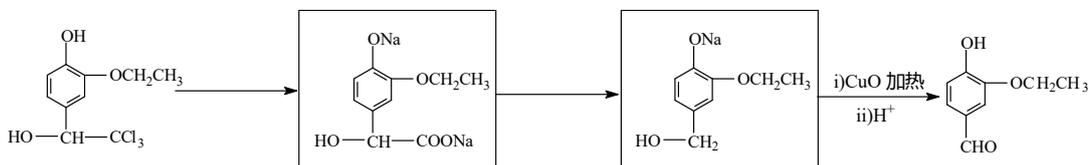


i) 能发生银镜反应和水解反应

ii) 遇 FeCl_3 发生显色反应

iii) 核磁共振氢谱有四组峰，峰面积比为 6:2:1:1

(7) 写出路线 I 中两步反应的物质的结构简式:



等值模拟卷

(限时 50 分钟)

一、选择题(本题包括 7 小题，每小题 6 分，共 42 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。)

7. (2019·石家庄模拟)化学与人类生产生活、社会可持续发展密切相关，下列说法不正确的是 ()

A. 利用高纯度硅制造的太阳能电池板可将光能直接转化为电能

B. “春蚕到死丝方尽，蜡炬成灰泪始干”其中的“丝”和“泪”化学成分都是蛋白质

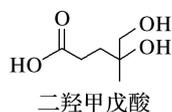
C. 纯碱溶液清洗油污，加热可增强其去污能力

D. 《元丰行示德逢》里“雷蟠电掣云滔滔，夜半载雨输亭皋”涉及化学反应： $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2\text{NO}$

答案 B

解析 硅是良好的半导体材料，可将光能直接转化为电能，故 A 项正确；诗句中的“丝”的主要成分是蛋白质，诗句中的“泪”指的是液态石蜡，石蜡主要成分是烃，故 B 项错误；纯碱溶液清洗油污，是利用了碳酸根离子水解使溶液显碱性，促进了酯的水解，加热促进水解，所以可增强其去污能力，故 C 项正确；诗中主要涉及“雷雨发庄稼”，这是由于在放电条件下，空气中的氧气和氮气化合生成了氮的氧化物， $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2\text{NO}$ ，D 项正确。

8. 我国科学家屠呦呦因发现青蒿素而获得 2015 年的诺贝尔生理学或医学奖。已知二羟甲戊酸是生物合成青蒿素的原料之一，下列关于二羟甲戊酸的说法正确的是()

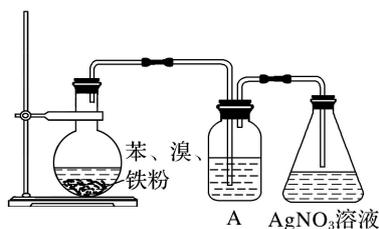


- A. 与乙醇发生酯化反应生成的酯的分子式为 $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}_4$
- B. 能发生加成反应，不能发生取代反应
- C. 在铜的催化下与氧气反应的产物可以发生银镜反应
- D. 1 mol 该有机物可以与足量金属钠反应产生 22.4 L(标况下) H_2

答案 C

解析 二羟甲戊酸分子中只有 $-\text{COOH}$ 可与乙醇发生酯化反应，由原子守恒可知，与乙醇发生酯化反应生成的酯的分子式为 $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_4$ ，故 A 项错误；二羟甲戊酸分子中含 $-\text{COOH}$ 和 $-\text{OH}$ ，不能发生加成反应，可以发生取代反应，故 B 项错误；二羟甲戊酸分子中的 $-\text{CH}_2\text{OH}$ 在铜的催化下被氧气氧化为 $-\text{CHO}$ ，可以发生银镜反应，故 C 项正确； $-\text{COOH}$ 、 $-\text{OH}$ 均能与金属钠反应生成氢气，则 1 mol 该有机物可以与足量金属钠反应产生标况下 $1.5 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 33.6 \text{ L}$ 的 H_2 ，故 D 项错误。

9. 为了证明液溴与苯发生的反应是取代反应($\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Br}_2 \xrightarrow{\text{Fe}} \text{C}_6\text{H}_5\text{Br} + \text{HBr}$)，有如下图所示装置。则装置 A 中盛有的物质是()。



- A. 水
- B. NaOH 溶液

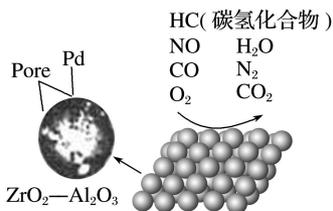
C. CCl_4

D. NaI 溶液

答案 C

解析 苯与 Br_2 的取代反应可生成 HBr ，而若发生加成反应，则无 HBr 生成，可借助是否生成 HBr 证明反应是否为取代反应；装置 A 的作用是除去挥发出来的溴，但不吸收 HBr 。

10. 研发汽车尾气转化中催化剂是有效解决汽车尾气污染造成雾霾天气的重大科学议题。某催化剂转化汽车尾气示意图如下所示，下列有关叙述正确的是()



A. 转化过程中 CO 、 HC 和 NO 均被氧化

B. 使用催化剂的目的是降低污染物转化反应的活化能，提高反应速率

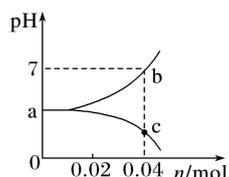
C. 汽车尾气中的 CO 、 NO 都是汽油燃烧的产物

D. 研发催化剂的目的是提高 CO 、 HC 和 NO 的平衡转化率

答案 B

解析 转化过程中 CO 和 HC 均被氧化，但 NO 作氧化剂，被还原，故 A 项错误；使用催化剂可以降低反应的活化能，加快化学反应速率，所以转化过程中使用催化剂的目的是降低污染物转化反应的活化能，提高反应速率，故 B 项正确； NO 是空气中氮气和氧气在电火花的作用下生成的，不是汽油燃烧的产物，故 C 项错误；催化剂不能改变平衡转化率，只能加快反应速率，故 D 项错误。

11. 常温下，向 1 L 浓度为 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的乙醇酸 $[\text{CH}_2(\text{OH})\text{COOH}]$ 溶液中加入 8 g NaOH 固体得到 X 溶液，将 X 溶液平均分成两等份，一份通入 HCl 气体，得到 Y 溶液，另一份加入 NaOH 固体得到 Z 溶液，Y、Z 溶液的 pH 随所加物质的物质的量的变化情况如图所示(体积变化忽略不计)。下列说法正确的是()



A. c 点对应曲线代表的是加入 NaOH 的曲线

B. 溶液中的电离程度： $c > b$

C. a 点： $c[\text{CH}_2(\text{OH})\text{COO}^-] > c(\text{Na}^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$

D. 稀释 Y 溶液后, 溶液中 $\frac{c[\text{CH}_2(\text{OH})\text{COO}^-] \cdot c(\text{H}^+)}{c[\text{CH}_2(\text{OH})\text{COOH}]}$ 变大

答案 C

解析 本题考查弱电解质的离子平衡, c 点对应曲线 pH 减小, 则代表的是通入 HCl 气体的曲线, A 项错误; b 点时溶液中含 0.06 mol $\text{CH}_2(\text{OH})\text{COOH}$ 和 0.14 mol $\text{CH}_2(\text{OH})\text{COONa}$, c 点时溶液中含 0.14 mol $\text{CH}_2(\text{OH})\text{COOH}$ 和 0.06 mol $\text{CH}_2(\text{OH})\text{COONa}$, 溶液中水的电离程度: $b > c$, B 项错误; a 点时含等物质的量的 $\text{CH}_2(\text{OH})\text{COOH}$ 和 $\text{CH}_2(\text{OH})\text{COONa}$, 溶液呈酸性, 则 $\text{CH}_2(\text{OH})\text{COOH}$ 的电离程度大于 $\text{CH}_2(\text{OH})\text{COONa}$ 的水解程度, C 项正确; $\frac{c[\text{CH}_2(\text{OH})\text{COO}^-] \cdot c(\text{H}^+)}{c[\text{CH}_2(\text{OH})\text{COOH}]}$ 是乙醇酸的电离平衡常数, 稀释后 K_a 不变, D 项错误。

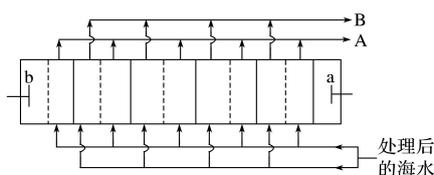
12. 短周期主族元素 X、Y、Z、W 原子序数依次增大, X、W 同主族, Y 的氧化物与 Z 的氧化物在水中反应可生成一种含有两种金属元素的盐且 Y、Z 的离子具有相同的电子层结构, 这四种元素的最外层电子数之和为 16。下列说法正确的是()

- A. 简单离子半径: $X < Y < Z < W$
- B. 最高价氧化物对应水化物的碱性: $Y < Z$
- C. X 与 W 形成的化合物可使紫色石蕊溶液变红
- D. 工业上冶炼 Y、Z 的单质均是电解其熔融的氯化物

答案 C

解析 本题考查元素周期表与元素周期律。X、Y、Z、W 分别是氧、钠、铝、硫。简单离子半径: $\text{S}^{2-} > \text{O}^{2-} > \text{Na}^+ > \text{Al}^{3+}$, A 项错误; 碱性: $\text{NaOH} > \text{Al}(\text{OH})_3$, B 项错误; O 和 S 形成的化合物是 SO_2 或 SO_3 , 均能使紫色石蕊溶液变红, C 项正确; 工业上冶炼铝单质是电解熔融的氧化铝, D 项错误。

13. 海水淡化是解决沿海城市饮用水问题的关键技术。下图是电渗析法淡化海水装置的工作原理示意图(电解槽内部的“|”和“|”表示不同类型的离子交换膜)。工作过程中 b 电极上持续产生 Cl_2 。下列关于该装置的说法错误的是()



- A. 工作过程中 b 极电势高于 a 极
- B. “|”表示阴离子交换膜, “|”表示阳离子交换膜

C. 海水预处理主要是除去 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等

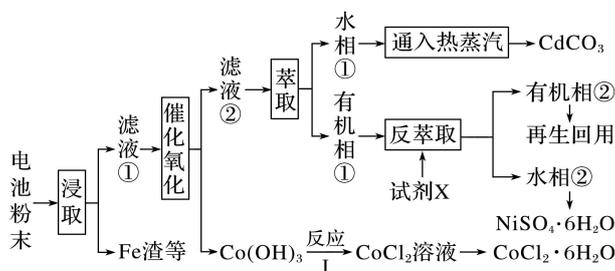
D. A 口流出的是“浓水”，B 口流出的是淡水

答案 D

解析 由于 b 极上产生 Cl_2 ，则 b 极为阳极，电势较高，a 极为阴极， Cl^- 必须通过“ \downarrow ”进入 b 极区，在电极 b 放电，因而“ \downarrow ”为阴离子交换膜，“ \uparrow ”为阳离子交换膜；电解一段时间后 a 极区显碱性，因而必须除 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} ，否则会产生 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀；A、B、C 均正确。D 项中，从 B 口流出的是“浓水”，从 A 口流出的是淡水。

二、非选择题(本题包括必考题和选考题两部分，共 58 分。第 26 题~28 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 35 题~第 36 题为选考题，考生任选一题作答。)

26. (14 分)如图为从预处理后的可充电电池粉末(主要为 NiO 、 CdO 、 CoO 和 Fe_2O_3 等)中回收重金属的工艺流程。



回答下列问题:

(1)浸取过程为先加入 NH_4HCO_3 溶液，再向其中通入 NH_3 ，滤液①中主要含 $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 、 $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 、 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 及 CO_3^{2-} 。写出 NiO 浸取时发生反应的化学方程式： $\text{NiO} + 5\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{HCO}_3 \rightleftharpoons [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

(2)为探究“催化氧化”步骤中 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 氧化为 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ 的实验条件，向 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 含量为 $0.38 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的溶液中通入空气，待反应完全后，记录数据如下表：

反应时间	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}/\text{g}\cdot\text{L}^{-1}(25\text{ }^\circ\text{C})$	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}/\text{g}\cdot\text{L}^{-1}(90\text{ }^\circ\text{C}, \text{石墨催化})$
1.5 h	0.090	0.35
2.5 h	0.14	0.38
5 h	0.35	0.38

由表中数据可得， $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 氧化的最佳条件为 $90\text{ }^\circ\text{C}$ ，石墨催化，反应时间为 2.5 h。

(3)已知 $\text{Co}(\text{OH})_3$ 为强氧化剂，向 $\text{Co}(\text{OH})_3$ 中加入浓盐酸发生反应 I，写出该反应的离子方程式： $2\text{Co}(\text{OH})_3 + 6\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \rightleftharpoons 2\text{Co}^{2+} + \text{Cl}_2\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$ 。

(4)“反萃取”的原理为 $\text{NiR}_{\text{有机}} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + 2\text{HR}_{\text{有机}}$ ，需加入的试剂 X 为硫酸溶液(或 H_2SO_4 溶液)，分离有机相和水相的操作为分液。

(5)水相①的主要溶质为 $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]\text{CO}_3$ (填化学式)。

(6)生成 CdCO_3 沉淀是利用反应 $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{CdCO}_3\downarrow + 4\text{NH}_3\uparrow$ 。已知：常温下，该反应平衡常数 $K = 2.75 \times 10^5$ ， $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons \text{Cd}^{2+} + 4\text{NH}_3$ 的平衡常数 $K_{\text{不稳}} = 2.75 \times 10^{-7}$ ，列式计算

$$K_{\text{sp}}(\text{CdCO}_3): K_{\text{sp}}(\text{CdCO}_3) = c(\text{CO}_3^{2-}) \cdot c(\text{Cd}^{2+}) \\ = \frac{c^4(\text{NH}_3) \cdot c(\text{Cd}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) \cdot c\{[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}\}}{c\{[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}\} \cdot c^4(\text{NH}_3)} = \frac{K_{\text{不稳}}}{K} = \frac{2.75 \times 10^{-7}}{2.75 \times 10^5} = 1.0 \times 10^{-12}。$$

解析 (1)由题给信息，浸取过程得到的滤液①中含 $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 、 $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 、 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 和 CO_3^{2-} ，可知 NiO 浸取时发生反应的化学方程式为 $\text{NiO} + 5\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{HCO}_3 \rightleftharpoons [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 。

(2)由题给信息可知，催化氧化前溶液中 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 的浓度为 $0.38 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ，“90 °C，石墨催化，反应时间为 2.5 h”和“90 °C，石墨催化，反应时间为 5 h”两个条件下均可将溶液中的 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 全部氧化为 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ ，但同等条件下，反应时间越短越好，故最佳条件为 90 °C，石墨催化，反应时间为 2.5 h。

(3) $\text{Co}(\text{OH})_3$ 为强氧化剂，由工艺流程可知经反应 I 得到 CoCl_2 溶液，因此 $\text{Co}(\text{OH})_3$ 被浓盐酸还原为 CoCl_2 ，而浓盐酸被氧化为 Cl_2 ，故反应的离子方程式为 $2\text{Co}(\text{OH})_3 + 6\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \rightleftharpoons 2\text{Co}^{2+} + \text{Cl}_2\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$ 。

(4)为促进 Ni 向水相转移，平衡需正向移动，结合流程中的产物为 $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，故应加入 H_2SO_4 溶液。分离有机相和水相的操作为分液。

(5)由流程分析可得，水相①的主要溶质为 $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]\text{CO}_3$ 。

$$(6)K_{\text{sp}}(\text{CdCO}_3) = c(\text{CO}_3^{2-}) \cdot c(\text{Cd}^{2+}) \\ = \frac{c^4(\text{NH}_3) \cdot c(\text{Cd}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) \cdot c\{[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}\}}{c\{[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}\} \cdot c^4(\text{NH}_3)} = \frac{K_{\text{不稳}}}{K} = \frac{2.75 \times 10^{-7}}{2.75 \times 10^5} = 1.0 \times 10^{-12}。$$

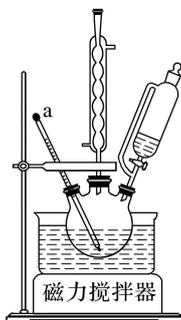
27. (15 分)纳米 TiO_2 是一种重要的光催化剂。以钛酸酯 $\text{Ti}(\text{OR})_4$ 为原料制备纳米 TiO_2 的步骤如下：

①组装装置如下图所示，保持温度约为 65 °C，先将 30 mL 钛酸四丁酯 $[\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4]$ 加入盛有无水乙醇的三颈烧瓶，再加入 3 mL 乙酰丙酮，充分搅拌；

②将含水 20%的乙醇溶液缓慢滴入三颈烧瓶中，得到二氧化钛溶胶；

③将二氧化钛溶胶干燥得到二氧化钛凝胶，灼烧凝胶得到纳米 TiO_2 。

已知：钛酸四丁酯能溶于除酮类物质以外的大部分有机溶剂，遇水剧烈水解； $\text{Ti}(\text{OH})_4$ 不稳定，易脱水生成 TiO_2 。回答下列问题：



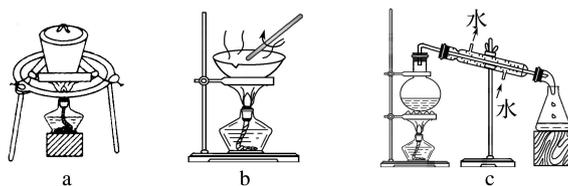
(1)仪器 a 的名称是**温度计**，冷凝管的作用是**冷凝回流**。

(2)加入的乙酰丙酮可以减慢水解反应的速率，其原理可能是 **B**(填字母)。

- A. 增加反应的焓变
- B. 增大反应的活化能
- C. 减小反应的焓变
- D. 降低反应的活化能

制备过程中，减慢水解反应速率的措施还有**用含水 20% 的乙醇溶液代替水，缓慢滴加**。

(3)步骤②中制备二氧化钛溶胶的化学方程式为 $\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{TiO}_2 + 4\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ 。下图所示实验装置中，可用于灼烧二氧化钛凝胶的是 **a**(填字母)。



(4)测定样品中 TiO_2 纯度的方法是：精确称取 0.200 0 g 样品放入锥形瓶中，加入硫酸和硫酸铵的混合溶液，加强热使其溶解。冷却后，加入一定量稀盐酸得到含 TiO^{2+} 的溶液。加入金属铝，将 TiO^{2+} 全部转化为 Ti^{3+} 。待过量的金属铝完全溶解并冷却后，加入指示剂，用 $0.100\ 0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\ \text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 溶液滴定至终点。重复操作 2 次，消耗 $0.100\ 0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\ \text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 溶液的平均值为 20.00 mL(已知： $\text{Ti}^{3+} + \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{TiO}^{2+} + \text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+$)。

①加入金属铝的作用除了还原 TiO^{2+} 外，另一个作用是**与酸反应生成氢气，形成氢气氛围，防止 Ti^{3+} 在空气中被氧化**。

②滴定时所用的指示剂为 **b**(填字母)。

- a. 酚酞溶液
- b. KSCN 溶液

c. KMnO_4 溶液

d. 淀粉溶液

③样品中 TiO_2 的质量分数为 80%。

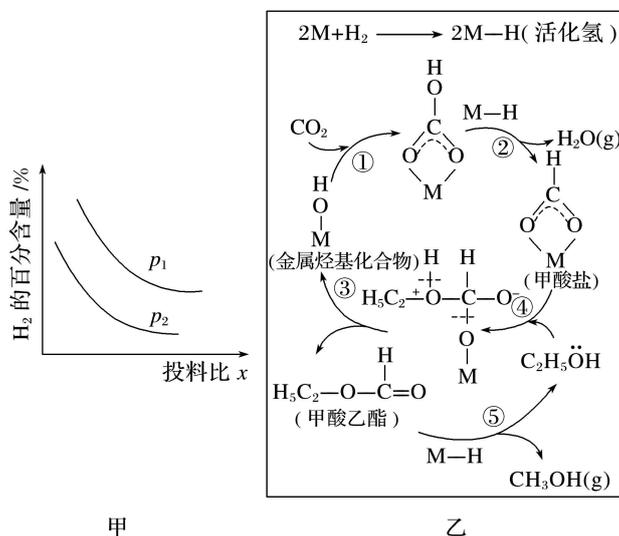
28. (14 分) 甲醇是一种重要的基础化工原料，也是一种很有前景的燃料。利用工业废气中的 CO_2 和 CO 与 H_2 反应都可以制得甲醇。回答下列问题：

(1) $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \quad \Delta H = -90.14 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，该反应平衡常数的表达式为

$$K = \frac{c(\text{CH}_3\text{OH})}{c(\text{CO}) \cdot c^2(\text{H}_2)}$$

若压强、投料比 $x \left[\frac{n(\text{CO})}{n(\text{H}_2)} \right]$ 对 H_2 的百分含量的影响如图甲所示，则图中曲线所示的压强关系：

$p_1 <$ (填“=”“>”或“<”) p_2 。



(2) 在某温度下，在一恒容密闭容器中进行该反应，若反应各物质起始浓度分别为 $c(\text{CO}) = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $c(\text{H}_2) = 2.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，5 min 后达到平衡， $c(\text{CO}) = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则 5 min 内 H_2 的平均反应速率为 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

下列能说明反应达到平衡状态的是 ac (填字母)。

- a. 容器内气体压强不再改变
- b. 容器内气体密度不再改变
- c. $c(\text{H}_2)$ 与 $c(\text{CH}_3\text{OH})$ 的比值保持不变
- d. 单位时间内有 2 mol H_2 消耗的同时有 1 mol CH_3OH 生成

(3) 在相同温度下，若反应物的起始浓度分别为 $c(\text{CO}) = 4.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $c(\text{H}_2) = a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，达平衡后 $c(\text{CH}_3\text{OH}) = 2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则 $a = 5.4$ 。

(4) 利用 CO_2 和 H_2 的混合气在催化剂 M 存在的条件下制甲醇的催化过程如图乙所示。若生成 1

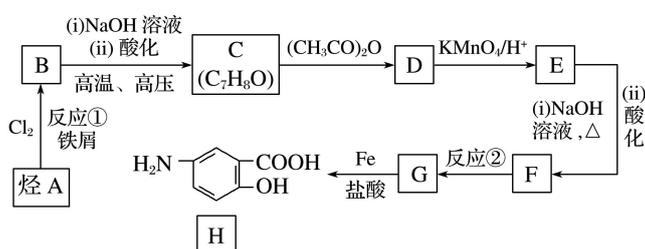
mol CH_3OH 放出热量 48.97 kJ，写出其反应的热化学方程式： $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{M}} \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -48.97 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

生成 CH_3OH 的同时，还存在副反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ，其 $\Delta H = +41.17 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，则从化学反应的自发性角度分析，温度应控制在低温(填“高温”或“低温”)下才有利于主反应进行。

[选考部分]

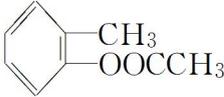
36. (15分)[化学—选修5：有机物化学基础]

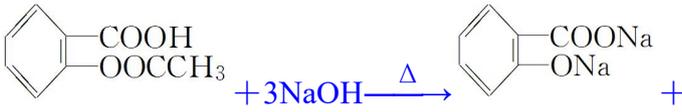
由烃 A 制备抗结肠炎药物 H 的一种合成路线如下(部分反应略去试剂和条件)：



回答下列问题：

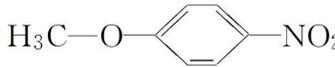
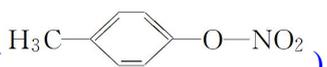
(1)H 的分子式是 $\text{C}_7\text{H}_7\text{O}_3\text{N}$ ，A 的化学名称是甲苯。反应②的反应类型是取代反应。

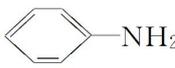
(2)D 的结构简式是 ，F 中含有的官能团的名称是羧基、羟基。

(3)E 与足量 NaOH 溶液反应的化学方程式是  + $3\text{NaOH} \xrightarrow{\Delta} \text{CH}_3\text{COONa} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

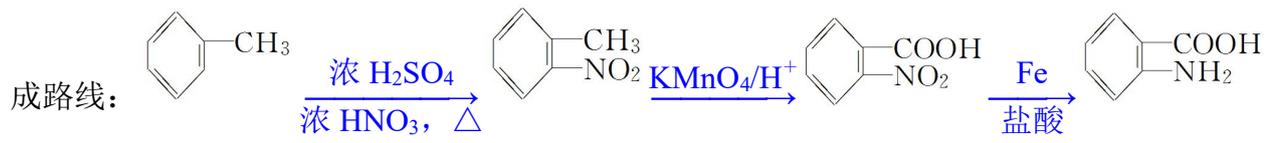
(4)设计 $\text{C} \rightarrow \text{D}$ 和 $\text{E} \rightarrow \text{F}$ 两步反应的共同目的是保护酚羟基(或防止酚羟基被氧化)。

(5)化合物 X 是 H 的同分异构体，X 遇 FeCl_3 溶液不发生显色反应，其核磁共振氢谱显示有 3 种不同化学环境的氢原子，峰面积之比为 3 : 2 : 2，写出 1 种符合要求的 X 的结构简式：

 (或 )。

(6)已知  易被氧化，苯环上连有烷基时再引入一个取代基，常取代在烷基的邻、对

位，而当苯环上连有羧基时则取代在间位。据此写出以 A 为原料制备化合物  的合



(无机试剂任选)。