

第六章 化学反应与电能

第1节 原电池

基础

1. C 命题点 ▶ 二次电池的工作原理, 涉及离子移向、电极反应、电化学计算等

信息梳理

充电时

| 电极 | 电极判定 | 电极反应式 |
|-------------------|------|---|
| Zn 电极 | 阴极 | $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Zn}$ |
| MnO_2 电极 | 阳极 | $\text{MnOOH} + \text{OH}^{-} - \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{ZnMn}_2\text{O}_4 - 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons 2\text{MnO}_2 + \text{Zn}^{2+}$ |

放电时

| 电极 | 电极判定 | 电极反应式 |
|-------------------|------|---|
| Zn 电极 | 负极 | $\text{Zn} - 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$ |
| MnO_2 电极 | 正极 | $\text{MnO}_2 + \text{e}^{-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnOOH} + \text{OH}^{-}$ $2\text{MnO}_2 + 2\text{e}^{-} + \text{Zn}^{2+} \rightleftharpoons \text{ZnMn}_2\text{O}_4$ |

【解析】充电时 Zn^{2+} 向阴极方向移动, A 错误; 充电时, 会发生反应 $\text{ZnMn}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{MnO}_2 + \text{Zn}$, B 错误; 放电时, 正极反应有 $\text{MnO}_2 + \text{e}^{-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnOOH} + \text{OH}^{-}$, C 正确; 放电时, Zn 电极质量减少 0.65 g (即 0.01 mol), 电路中通过 0.02 mol e^{-} , 因为 MnO_2 电极存在 $\text{MnO}_2 + \text{e}^{-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnOOH} + \text{OH}^{-}$ 、 $2\text{MnO}_2 + 2\text{e}^{-} + \text{Zn}^{2+} \rightleftharpoons \text{ZnMn}_2\text{O}_4$ 两个竞争反应, 所以 MnO_2 电极生成的 MnOOH 小于 0.020 mol, D 错误。

2. C 考查点 ▶ 燃料电池的工作原理及分析

思路分析

① 电极 A 上存在厌氧产电菌, 不能直接暴露在空气中, 而正极需直接暴露在空气中, 则电极 A 为负极, 电极 B 为正极; ② 燃料电池中正极通入的 O_2 得到电子生成 H_2O , 电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{H}^{+} + 4\text{e}^{-} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$; ③ 乙酸盐在负极失去电子生成 CO_2 , 电极反应式为 $\text{CH}_3\text{COO}^{-} + 2\text{H}_2\text{O} - 8\text{e}^{-} \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 \uparrow + 7\text{H}^{+}$ 。

【解析】电极 B 为正极, 燃料电池中正极通入的 O_2 得到电子生成 H_2O , “气体 a” 为氧气, A 正确; 电极 A 为负极, 乙酸盐在负极失去电子生成 CO_2 , 电极反应式为 $\text{CH}_3\text{COO}^{-} + 2\text{H}_2\text{O} - 8\text{e}^{-} \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 \uparrow + 7\text{H}^{+}$, B 正确; 电极 A 上存在厌氧产电菌, 将整套装置暴露在空气中, 会抑制厌氧产电菌的活性, 不可以增大电流强度, C 错误; 正极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{H}^{+} + 4\text{e}^{-} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$, 消耗 1 mol O_2 时, 得到 4 mol 电子, 由负极的电极反应可知生成 1 mol CO_2 , 在标准状况下的体积为 22.4 L, D 正确。

3. C 考查点 ▶ 二次电池的工作原理及分析

信息梳理

放电时

| 电极 | 电极判定 | 电极反应式 |
|---------------------------|------|---|
| a 极(非晶硅薄膜) | 负极 | $\text{Li}_x\text{Si} - xe^- \rightleftharpoons \text{Si} + x\text{Li}^+$ |
| b 极(LiCoO_2 薄膜) | 正极 | $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + x\text{Li}^+ + xe^- \rightleftharpoons \text{LiCoO}_2$ |

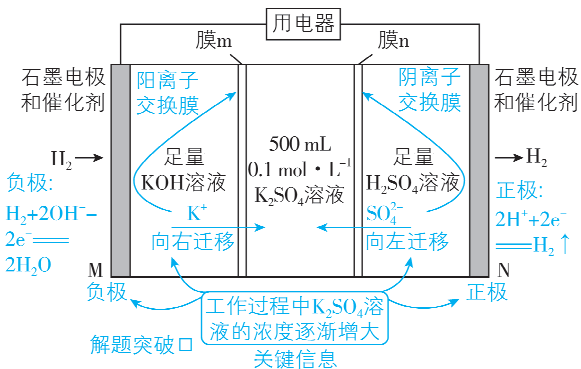
充电时

| 电极 | 电极判定 | 电极反应式 |
|---------------------------|------|---|
| a 极(非晶硅薄膜) | 阴极 | $x\text{Li}^+ + xe^- + \text{Si} \rightleftharpoons \text{Li}_x\text{Si}$ |
| b 极(LiCoO_2 薄膜) | 阳极 | $\text{LiCoO}_2 - xe^- \rightleftharpoons \text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + x\text{Li}^+$ |

【解析】放电时, a 极为负极, A 错误; 由于 $2\text{Li} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{LiOH} + \text{H}_2 \uparrow$, 故导电介质 c 中不能有水, 则不可为 Li_2SO_4 溶液, 一般锂离子电池、钠离子电池等都不会选择水溶液作电解液, B 错误; 充电时 b 极为阳极, 电极反应式为 $\text{LiCoO}_2 - xe^- \rightleftharpoons \text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + x\text{Li}^+$, C 正确; 放电时, b 极为正极, 电极反应式为 $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + x\text{Li}^+ + xe^- \rightleftharpoons \text{LiCoO}_2$, 则当外电路中通过 0.5 mol 电子时, 有 0.5 mol 锂离子得电子嵌入正极, 故 b 极 LiCoO_2 薄膜质量增加 $0.5 \text{ mol} \times 7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 3.5 \text{ g}$, D 错误。

4. C 考查点 ▶ 新型电池的工作原理及分析

要点图解



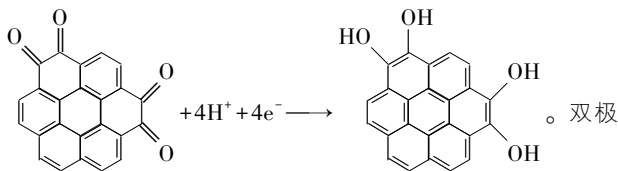
【解析】由要点图解可知, 膜 m 是阳离子交换膜, 膜 n 是阴离子交换膜, A 正确; 负极反应式为 $\text{H}_2 + 2\text{OH}^- - 2e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$, 正极反应式为 $2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$, 将两极反应相加可得电池总反应为 $\text{OH}^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$, B 正确; 原电池的能量转化率无法达到 100%, 所以生成 1 mol H_2O 时, 酸碱中和反应放出的热量与放出的电能不相等, C 错误; 电极 M 上消耗标准状况下 2.24 L H_2 时, 转移电子 0.2 mol, 有 0.2 mol K^+ 、0.1 mol SO_4^{2-} 转移至中间室, 即 K_2SO_4 物质的量增加 0.1 mol, 忽略溶液体积变化, 则 K_2SO_4 溶液浓度增加 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 故 K_2SO_4 溶液的浓度变为 $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, D 正确。

刷提分

1. BD 考查点 ▶ 原电池原理的应用

思路分析

该装置为原电池装置。M 极发生氧化反应,为负极,电极反应式为 $\text{B}_2\text{H}_6 + 14\text{OH}^- - 12\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{BO}_2^- + 10\text{H}_2\text{O}$; N 极有机物加氢发生还原反应, N 极为正极,电极反应式为



膜中间的 H_2O 解离为 H^+ 和 OH^- , H^+ 通过膜 b 移向正极 N, 膜 b 为阳离子交换膜; OH^- 通过膜 a 移向负极 M, 膜 a 为阴离子交换膜。

【解析】 M 极的电极反应式为 $\text{B}_2\text{H}_6 + 14\text{OH}^- - 12\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{BO}_2^- + 10\text{H}_2\text{O}$, A 正确; M 极为负极, N 极为正极, 电流从正极流向负极, 从高电势流向低电势, 因此电势: $\text{M} < \text{N}$, B 错误; 双极膜中的 H_2O 解离出 H^+ 、 OH^- , H^+ 移向 N 极, OH^- 移向 M 极, 再根据 M 极的电极反应式, 可知装置中需要定期补充 H_2O 和 NaOH , C 正确; 根据 N 极的电极反应式可知, 制取 1 mol 邻苯二酚类物质转移 4 mol 电子, 则有 4 mol OH^- 通过膜 a, D 错误。

2. A 考查点 ▶ 原电池的工作原理及分析

思路分析

① a 电极发生氧化反应: $\text{Cu} - 2\text{e}^- + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, a 电极为负极。② b 电极发生还原反应: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$, b 电极为正极。③ 综合正、负极反应式可知, 电池总反应为 $\text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 。

【解析】 在原电池中阳离子向正极移动, 若离子交换膜为阳离子交换膜, a 电极溶解生成的 Cu^{2+} 将向 b 电极室移动, 但 a 电极室中 NH_3 要消耗 Cu^{2+} , 显然 a 电极室中 Cu^{2+} 不断减少, 不利于电池反应正常进行, 故离子交换膜为阴离子交换膜, A 错误; a 电极为原电池的负极, 氨分子作用下铜在负极失去电子发生氧化反应生成四氨合铜离子, 电极反应式为 $\text{Cu} - 2\text{e}^- + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, B 正确; 电池部分的总反应为 $\text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, C 正确; 该装置为原电池装置, 可以富集铜离子并产生电能, 同时 a 电极室流出液受热分解释放出氨气, 能循环利用氨气, D 正确。

3. 低 14.4

考查点 ▶ 原电池原理的应用

【解析】 由图可知, “厌氧阳极”上葡萄糖 $\rightarrow \text{CO}_2$, 发生氧化反应, 则“厌氧阳极”是原电池的负极; “好氧阴极”上 $\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$, 发生还原反应, 则“好氧阴极”为正极, 故“厌氧阳极”的电势比“好氧阴极”低。“厌氧阳极”的电极反应式为 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} - 24\text{e}^- \rightleftharpoons 6\text{CO}_2 \uparrow + 24\text{H}^+$, 若流出 1.2 mol 电子, 反应生成 0.3 mol CO_2 , 同时有 1.2 mol H^+ 透过质子交换膜向两侧迁移, 其总质量为 $1.2 \text{ mol} \times 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 0.3 \text{ mol} \times 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 14.4 \text{ g}$, 故该区域“出水”比“进水”质量减少了 14.4 g。

4. D 创新点 ▶ 晶体结构、二次电池相结合

【解析】 由题意可知, Cu_{2-x}Se 填充碳纳米管作正极材料, 钠单质作负极材料。根据“均摊法”可知, 每个 Cu_{2-x}Se 晶胞中含 Se^{2-} 的个数为 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$, 则晶胞内铜离子、亚铜离子共有 $4 \times (2-x)$ 个, 设晶胞中铜离子、亚铜离子个数分别为 a、b, 则 $a+b=4 \times (2-x)$, 由化合物中元素正负化合价代数和为 0 可知, $2a+b=4 \times 2$, 解得 $a=4x$, A 正确; 由 Na_2Se 晶胞结构可知, Se^{2-} 占据的位置是顶点和面心, B 正确; 充分放电时, 正极 Cu_{2-x}Se 得到电子发生还原反应生成 0 价铜, 电极反应式为 $\text{Cu}_{2-x}\text{Se} + 2\text{Na}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons$

$\text{Na}_2\text{Se} + (2-x)\text{Cu}$, C 正确; 充电时外电路中转移 1 mol 电子时, 阳极释放出 1 mol 钠离子, 质量减小 23 g, 阴极生成 1 mol 钠单质, 质量增加 23 g, 两极质量变化差为 46 g, D 错误。

第2节 电解池

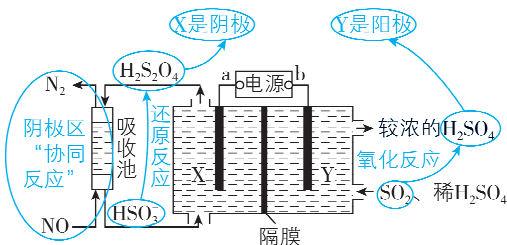
刷基础

1. D 考点 ▶ 电解原理及分析、电极反应式及计算

要点图解

阴极: $2\text{HSO}_3^- + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

阳极: $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$



【解析】X 是阴极, 根据电极连接方式可知, a 极是电源的负极, A 正确; 阴极反应消耗 H^+ , 阳极反应生成 H^+ , 推测隔膜为质子交换膜, 阳极产生的 H^+ 经隔膜向阴极区迁移, 并参与电极反应, B 正确; 由要点图解可知, 阴极的电极反应式为 $2\text{HSO}_3^- + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$, C 正确; $\text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$, 1 mol SO_2 参与反应失去 2 mol 电子, $\text{NO} \rightarrow \text{N}_2$, 1 mol NO 参与反应得到 2 mol 电子, 根据得失电子守恒, 在相同条件下吸收 SO_2 和 NO 的体积比为 1:1, D 错误。

2. BD 考点 ▶ 电解原理及分析、电极反应式及计算

【解析】由工作原理图示可知, Cu 电极 A 上生成 Cu^{2+} , 发生氧化反应, 则 Cu 电极 A 是阳极, A 错误; Cu 电极 B 是阴极, 发生还原反应, 电极反应式为 $[\text{Cu}(\text{EDA})_2]^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu} + 2\text{EDA}$, B 正确; 由图示可得反应: $\text{Cu}^{2+} + 2(\text{EDA})\text{CO}_2 \longrightarrow [\text{Cu}(\text{EDA})_2]^{2+} + 2\text{CO}_2 \uparrow$, 标准状况下, 闪蒸罐中分离获得 22.4 L (即 1 mol) CO_2 , 消耗 0.5 mol Cu^{2+} , 故 Cu 电极 A 质量减少 $0.5 \text{ mol} \times 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 32 \text{ g}$, C 错误; 电解过程中, Cu 电极 A 消耗 Cu, Cu 电极 B 生成 Cu, 工作一段时间后, 调换阴、阳两极可实现 Cu 的循环利用, D 正确。

3. B 考点 ▶ 电极判断、电极反应式、离子移动方向

思路分析

由题图可知, 在外加电源作用下石墨电极上 C 转化为 CO , 失电子, 发生氧化反应, 石墨电极作阳极, 与电源正极相连, 则电极 A 作阴极, TiO_2 和 SiO_2 获得电子产生电池材料 TiSi , 电极反应式为 $\text{TiO}_2 + \text{SiO}_2 + 8\text{e}^- \rightleftharpoons \text{TiSi} + 4\text{O}^{2-}$ 。

【解析】由思路分析可知, 石墨电极上失电子发生氧化反应, 石墨电极为阳极, A 正确; 电极 A 的电极反应式为 $\text{TiO}_2 + \text{SiO}_2 + 8\text{e}^- \rightleftharpoons \text{TiSi} + 4\text{O}^{2-}$, B 错误; 根据图中信息可知, 该体系中, 石墨优先于 Cl^- 参与反应, C 正确; 电解池中石墨电极为阳极, 阳离子向阴极 (电极 A) 移动, D 正确。

4. CD 考点 ▶ 电解原理的应用

【解析】由题图可知, 苯酚在钛基电极区被 $\cdot\text{OH}$ (自由基) 氧化, 并非被 OH^- 氧化, A 错误; 由于溶解度: $\text{Mg}(\text{OH})_2 < \text{MgCO}_3$, $\text{CaCO}_3 < \text{Ca}(\text{OH})_2$, 故冷却水减少结垢的原因是生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和 CaCO_3 沉淀, B 错误; 电解过程中, 碳钢电极上 H_2O 生成 H_2 和 OH^- , 电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$, C 正确; $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ (苯酚) $\rightarrow \text{CO}_2$, 碳元素由 $-\frac{2}{3}$ 价升高到 +4 价, 生成标准状况下

13.44 L (即 0.6 mol) CO_2 , 转移电子数目为 $0.6 \times (4 + \frac{2}{3}) \times N_A =$

2. $8N_A$, D 正确。

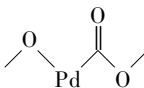
易错警示

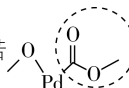
解答本题的两个易错点: ①混淆 $\cdot OH$ 和 OH^- 的性质, 前者具有较强氧化性, 后者不具有较强氧化性; ②忽视 $Mg(OH)_2$ 和 $MgCO_3$ 、 $CaCO_3$ 和 $Ca(OH)_2$ 溶解度的差异, 错误判断使冷却水减少结垢的原因。

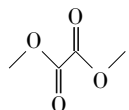
刷提分

1. BD 考查点 ▶ 电解原理的应用及相关计算

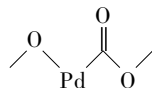
【解析】催化电极 a 上 $CO_2 \rightarrow CO$, 发生还原反应, 则催化电极 a 是阴极, 与电源的负极相连, A 正确; 催化电极 b 的电极反应式为 $2Br^- - 2e^- = Br_2$, Br_2 与 Pd 反应生成 $PdBr_2$, $PdBr_2$ 与 CO 、 CH_3O^- 反应生成


 和 Br^- , 实现 Br^- 的循环, 故不需

要补充 Br^- , B 错误; 生产过程中, 若  圈中部分相互结

合, 可生成 , C 正确; 由图可知, 1 mol CH_3OH 与

1 mol CO_2 在阴极得到 2 mol 电子后, 生成 1 mol CO 与 2 mol

CH_3O^- , 再与 $PdBr_2$ 反应生成 1 mol , 最后生成

1 mol , 在此过程中, 外电路中转移 2 mol 电子, D 错误。

2. BC 考查点 ▶ 电解原理的应用及相关计算

信息梳理

定位: 电解池

金催化电极: $N_2 \rightarrow NH_3$, 发生还原反应, 作阴极;

惰性电极: 发生氧化反应, 作阳极。

| 电极 | 电极反应式 |
|-----------|---|
| 金催化电极(阴极) | $N_2 + 6CH_3OH + 6e^- = 2NH_3 + 6CH_3O^-$ |
| 惰性电极(阳极) | $2H_2O - 4e^- = O_2 \uparrow + 4H^+$ |

【解析】惰性电极为阳极, 则 a 为电源的正极, A 错误; 该电解池工作时, 金催化电极为阴极, 阴极上氮气得电子结合甲醇生成氨气和 CH_3O^- , 电极反应式为 $N_2 + 6CH_3OH + 6e^- = 2NH_3 + 6CH_3O^-$, B 正确; 惰性电极上生成 O_2 , 根据得失电子守恒, 理论上反应消耗的氮气和生成氧气的物质的量之比为 2:3, C 正确; 结合阴极反应式, 理论上产生 1 mol NH_3 时, 电路中通过 3 mol 电子, 根据得失电子守恒可知, 阳极上生成 0.75 mol O_2 和 3 mol H^+ , 为保持溶液呈电中性, 有 3 mol H^+ 通过质子交换膜向右侧移动, 故 Na_2SO_4 溶液质量减少 $0.75 \text{ mol} \times 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 3 \text{ mol} \times 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 27 \text{ g}$, D 错误。

3. C 考查点 ▶ 电解原理的应用、电极反应式及计算

思路分析

①光伏电池(原电池): 电子向电极 N 移动, 从电极 N 流出 $\xrightarrow{\text{推测}}$ 电极 N 为负极, 电极 P 为正极。

②电解池: 电极 B 上发生析氧反应和尿素氧化反应, 电极 B 为阳极, 电极 A 为阴极。

【解析】电极 A 为阴极, 与光伏电池的负极相连, 故与电极 N 相连, A 正确; 电极 A 为阴极, 电解液是 KOH 溶液, 电极反应式为 $2H_2O + 2e^- = 2OH^- + H_2 \uparrow$, 溶液碱性增强, pH 增大, B 正确; 标

准状况下,电极 A 生成 6.72 L (即 0.3 mol) H_2 , 电路中通过 0.6 mol 电子,若电极 B 上只发生尿素氧化反应: $CO(NH_2)_2 + 6OH^- - 6e^- \rightleftharpoons CO_2 \uparrow + N_2 \uparrow + 5H_2O$,根据得失电子守恒可知,生成 0.1 mol CO_2 和 0.1 mol N_2 ,右室中生成气体的体积为 $0.2 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 4.48 \text{ L}$,若只发生析氧反应: $4OH^- - 4e^- \rightleftharpoons O_2 \uparrow + 2H_2O$,则析出 0.15 mol O_2 ,体积为 3.36 L,由于电极 B 上析氧反应和尿素氧化反应同时发生,故右室生成气体的

关键点

的体积介于 3.36 L 和 4.48 L 之间,C 错误、D 正确。

4. B 考查点 ▶ 电流流向、离子交换膜的判断

【解析】该技术是采用电解原理制备纳米碳酸钙,结合题图可知,左侧圆底烧瓶中制取二氧化碳,二氧化碳通入电解池左侧溶液中用于生成碳酸钙,电极 a 区域产生气体 Y,推测发生反应 $2H_2O + 2e^- \rightleftharpoons 2OH^- + H_2 \uparrow$,则电极 a 为阴极,电极 b 为阳极,则电流方向为电极 a → 外电路 → 电极 b → 电解质溶液 → 电极 a, A 正确;如果 X 是块状大理石,则会生成微溶的 $CaSO_4$ 覆盖在大理石表面,不利于 CO_2 的生成, B 错误;电解池中右侧区域的钙离子应通过离子交换膜进入左侧区域,由此可知离子交换膜为阳离子交换膜, C 正确;外电路中每通过 2 mol 电子时,根据电荷守恒可知,溶液中有 1 mol Ca^{2+} 通过离子交换膜, D 正确。

5. D 考查点 ▶ 电解原理的应用

信息梳理

①b 极发生氧化反应: $HCHO + 2OH^- - e^- \rightleftharpoons HCOO^- + \frac{1}{2}H_2 \uparrow + H_2O$, 为阳极。

②a 极为阴极,发生还原反应: $H_2O + e^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}H_2 \uparrow + OH^-$ 。

【解析】电解时电子由 b 极流向电源正极,再由电源负极流向 a 极, A 错误;阳极上 1 mol $HCHO$ 被氧化为 $HCOO^-$ 时,需消耗 2 mol OH^- ,由于转移 1 mol 电子,根据电荷守恒,有 1 mol OH^- 通过阴离子交换膜进入阳极区域,实际消耗 1 mol OH^- ,故通电一段时间后,阳极区域 $c(OH^-)$ 降低, pH 减小, B、C 错误;该电解反应转移 1 mol 电子时,阳极和阴极均产生 0.5 mol H_2 ,即累计产生 1 mol H_2 ,传统电解水的反应: $2H_2O \xrightarrow{\text{电解}} 2H_2 \uparrow + O_2 \uparrow$,转移 1 mol 电子时,仅阴极产生 0.5 mol H_2 ,故相同电量下,该方法中 H_2 的理论产量是传统电解水的 2 倍, D 正确。

6. AD 考查点 ▶ 电解原理的应用

思路分析

由题图可知, M 是阳极,电解液为 K_2SO_4 溶液,则阳极反应式为 $2H_2O - 4e^- \rightleftharpoons 4H^+ + O_2 \uparrow$; N 是阴极,电解液为 K_2SO_4 溶液,则阴极反应式为 $2H_2O + 2e^- \rightleftharpoons 2OH^- + H_2 \uparrow$ 。电解的目的是实现氯化铵废水的处理,同时制得盐酸和氨水,结合两极反应推测, NH_4Cl 溶液中 Cl^- 通过 a 膜向左侧迁移形成盐酸, NH_4^+ 通过 b 膜向右侧迁移形成氨水。

【解析】由思路分析可知, NH_4Cl 溶液中 Cl^- 通过 a 膜向左侧迁移形成盐酸, NH_4^+ 通过 b 膜向右侧迁移形成氨水,故 a 膜是阴离子交换膜, b 膜是阳离子交换膜, A 正确;由思路分析可知, I 室生成盐酸, II 室生成氨水, B 错误;生成 1 mol HCl 时,有 1 mol Cl^- 通过 a 膜,与 1 mol H^+ 形成 1 mol HCl ,有 1 mol NH_4^+ 通过 b 膜,与 1 mol OH^- 形成 $NH_3 \cdot H_2O$,故两处双极膜共有 2 mol 水解离, C 错误;与平面结构的双极膜相比,“卵榫”结构与溶液的接触面积更大,可提高产品生成速率, D 正确。

7. (1) $H_2 - 2e^- + 2OH^- \rightleftharpoons 2H_2O$

(2) $CaCl_2$ $NaHCO_3$

(3) 50% (4) b $NH_4^+ - 8e^- + 3H_2O \rightleftharpoons NO_3^- + 10H^+$ 0.75

创新点 ▶ 学科融合:结合物理知识进行电化学的相关计算

思路分析

图甲装置为原电池,电极 a 上氢气失电子,电极 a 为负极,则电极 b 为正极;结合图甲装置可知正极上氢离子得电子生成氢气;图乙装置为电解池,电极 c 上硝酸根离子得电子生成氮气和铵根离子,电极 c 为阴极,电极 d 为阳极。

【解析】(1) 电极 a 的电极反应式为 $\text{H}_2 - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 若通入足量 CO_2 , I 室中钙离子与从 II 室转移过来的氯离子形成 CaCl_2 , II 室中电极 b 上发生反应: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- + 2\text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow + 2\text{HCO}_3^-$, II 室中得到 NaHCO_3 。

(3) 电极 a 处消耗标准状况下 H_2 体积为 560 mL, 物质的量为 0.025 mol, 结合电极反应可知转移电子的物质的量为 0.05 mol; 4 A 恒定电流工作 10 分钟, 则电路中转移电子的物质的量为

$$\frac{4 \text{ A} \times 600 \text{ s}}{1.60 \times 10^{-19} \text{ C} \times 6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 0.025 \text{ mol}, \text{ 则该电池将化学能转}$$

化为电能的转化率为 $\frac{0.025 \text{ mol}}{0.05 \text{ mol}} \times 100\% = 50\%$ 。

(4) 电极 d 为阳极, 应连接电源正极, 即与电极 b 相连, 电极反应式为 $\text{NH}_4^+ - 8\text{e}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_3^- + 10\text{H}^+$; 电极 c 上发生反应: $\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ + 8\text{e}^- \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\text{e}^- \rightleftharpoons \text{N}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$, 生成 1 mol N_2 和 1 mol NH_4^+ 时转移 18 mol 电子, 同时消耗 3 mol NO_3^- , 此时电极 d 上生成的 NO_3^- 的物质的量为 $\frac{18 \text{ mol}}{8} = 2.25 \text{ mol}$,

则实际处理污水中 NO_3^- 的物质的量为 $3 \text{ mol} - 2.25 \text{ mol} = 0.75 \text{ mol}$ 。

8. B 创新点 利用三腔电化学装置处理废水中的 NO_3^-

思路分析

X 腔电极发生还原反应, 为阴极, NO_3^- 转化成 NH_3 的电极反应式为 $\text{NO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 \uparrow + 9\text{OH}^-$; Z 腔电极发生氧化反应, 为阳极, 电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$, 由题图可判断: Na^+ 移向 X 腔, 且 X 腔的电解液经脱氨后, 循环至 Y 腔, 中和迁移过来的 H^+ 。

【解析】X 腔电极发生还原反应, 与外接电源的负极相连, 电势低于 Z 腔电极电势, A 正确; 由题图可判断: Na^+ 移向 X 腔, 且 X 腔的电解液经脱氨后, 循环至 Y 腔, 中和迁移过来的 H^+ , NO_3^- 转化成 NH_3 的电极反应式为 $\text{NO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 \uparrow + 9\text{OH}^-$, 从电极反应式可以得出, 每有 8 mol 电子转移, 循环进入 Y 腔的

关键点

9 mol OH^- 比由 Z 腔进入 Y 腔的 8 mol H^+ 多 1 mol, 从 Y 腔流出的净化水应该显弱碱性, B 错误、C 正确; Z 腔电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$, 故当 Z 腔生成标准状况下 22.4 L (即 1 mol) O_2 时, 理论上有 4 mol H^+ 透过质子交换膜, D 正确。

第 3 节 金属的腐蚀与防护

刷基础

1. B 考查点 金属电化学腐蚀原理、金属的腐蚀与防护

【解析】题图甲中电解液是经酸化的 3% NaCl 溶液, 溶液呈酸性, Zn 比 Fe 活泼, 发生电化学腐蚀时, Fe 电极是正极, 电极反应式为

易错点

$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$, 未生成 Fe^{2+} , 故滴加铁氰化钾溶液不会产生蓝色沉淀, A 错误; 题图乙中铁丝处于干燥的空气氛围中, 不易发生腐蚀, 不易生成 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, B 正确; 题图丙是利用牺牲阳极法保护钢铁输水管, 金属 M 比铁活泼, 防护过程中电子由金属 M 流入钢铁输水管, C 错误; 题图丁是利用外加电流法保护金属, 钢铁闸门连接电源的负极, 作电解池的阴极而受到保护, 可减缓其腐蚀速率, D 错误。

2. B 命题点 金属的腐蚀与防护

信息梳理

图甲为利用原电池原理的牺牲阳极法,图乙为利用电解原理的外加电流法。

| 电极 | 电极反应式 |
|----------|---|
| 图甲左侧: 正极 | $O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$ |
| 图甲右侧: 负极 | $Zn - 2e^- \longrightarrow Zn^{2+}$ (假设负极为锌板) |
| 图乙左侧: 阴极 | $2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 \uparrow + 2OH^-$ |
| 图乙右侧: 阳极 | $2H_2O - 4e^- \longrightarrow 4H^+ + O_2 \uparrow$ |

【解析】题图乙中辅助阳极为惰性电极,其本身不参与反应,不失去电子,A 错误;外加电压偏高时,钢闸门附近聚集较多电子,除 H_2O 得电子发生还原反应外, O_2 也可能在阴极上得电子,B 正确;当调节外加电压使钢闸门表面的腐蚀电流为零时,防护效果最好,随着外界环境改变,腐蚀电流会发生变化,外加电压也应随之调节,C 错误;当钢闸门表面的腐蚀电流为零时,说明牺牲阳极或外加电源传递过来的电子阻止了 $Fe - 2e^- \longrightarrow Fe^{2+}$ 的发生,起到金属防腐的效果,但牺牲阳极与辅助阳极上的反应仍在进行,保证有电子传递给钢闸门,D 错误。

3. C 考查点 ▶ 青铜器的腐蚀

【解析】生成 $CuCl$ 的过程中负极反应式为 $Cu - e^- + Cl^- \longrightarrow CuCl$,正极反应式为 $O_2 + 4e^- + 4H^+ \longrightarrow 2H_2O$,发生的是吸氧腐蚀,A 错误; Cu_2O 被王水中的硝酸氧化成 Cu^{2+} ,无法生成 $CuCl$,B 错误;隔绝空气高温加热条件下, $Cu_2(OH)_2CO_3$ 先分解生成 CuO 、 CO_2 、 H_2O , CuO 再分解生成 Cu_2O ,C 正确;生成 $Cu_2(OH)_3Cl$ 的离子方程式为 $2Cu_2O + O_2 + 2H^+ + 2Cl^- + 2H_2O \longrightarrow 2Cu_2(OH)_3Cl$,D 错误。

4. A 考查点 ▶ 金属腐蚀的原理、金属的腐蚀与防护

【解析】金属离子不易向外扩散,其增加会吸引外部 Cl^- 嵌入,以维持电中性,同时会使孔内介质导电性增强,导致腐蚀速率加快,A 正确;根据题图可知,孔的表面发生吸氧腐蚀,而其内部介质含有 HCl ,会发生析氢腐蚀,B 错误;由于金属的活泼性: $Zn > Fe > Sn$,故铁合金与锡相连时,铁合金作负极而被腐蚀,起不到保护作用,C 错误;若使铁合金表面被氧化产生钝化膜,铁合金应与电源的正极相连,作电解池的阳极,发生氧化反应,D 错误。

5. D 考查点 ▶ 原电池原理的应用、吸氧腐蚀

思路分析

氯化钠溶液滴在一块光亮清洁的铁板表面上,铁和碳在氯化钠溶液中组成原电池发生吸氧腐蚀,铁作负极发生氧化反应生成亚铁离子,电极反应式为 $Fe - 2e^- \longrightarrow Fe^{2+}$,液滴边缘的碳是正极,氧气在正极得到电子,发生还原反应生成氢氧根离子,电极反应式为 $O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$,亚铁离子与氢氧根离子反应生成氢氧化亚铁, $Fe(OH)_2$ 又被氧化为氢氧化铁,氢氧化铁脱水形成了棕色铁锈环(b),铁片腐蚀过程发生的总化学方程式为 $4Fe + nH_2O + 3O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ 。

【解析】由分析可知,铁片作负极发生氧化反应而被腐蚀,A 错误;液滴边缘是正极区,发生反应: $O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$,B 错误;铁片腐蚀最严重的区域不是生锈最多的区域,而是液滴覆盖的圆周中心区,C 错误;出现该现象与氧气含量多少有关,由于液滴之下氧气含量较少,液滴边缘氧气含量较高,边缘处的

关键点

氧气得到电子形成氢氧根离子,与亚铁离子结合后发生一系列反应最终产生棕色铁锈环,D 正确。

刷提分

1. C 考查点 ▶ 金属腐蚀的原理

【解析】由题图可知,钢铁发生吸氧腐蚀,氧气在正极得电子,电极反应式为 $O_2 + 4e^- + 2H_2O \rightleftharpoons 4OH^-$, A 正确;酸雨地区的钢铁易发生析氢腐蚀,酸性溶液可以加速铁的锈蚀, B 正确; $Fe(OH)_2$ 具有较强还原性,易被氧气氧化生成 $FeO(OH)$,反应的化学方程式为 $4Fe(OH)_2 + O_2 \rightleftharpoons 4FeO(OH) + 2H_2O$, C 错误;锈层内若有硫酸盐则会加快金属的腐蚀,是因为硫酸盐能增加导电性,从而加速电子传递,对金属的锈蚀有一定的催化作用, D 正确。

2. (1) ②③④ (2) ③④

(3) 变大 $2H_2O + 2e^- \rightleftharpoons H_2 \uparrow + 2OH^-$

(4) ①2 : 1 ②75 : 1

考查点 ▶ 金属的腐蚀与防护、原电池电极反应式书写

【解析】(1) 喷涂油漆是将油漆涂在待保护的金属表面,并没有在表面形成钝化膜, ①不符合题意;表面渗镀是在高温下将气态、固态或熔化状态的欲渗镀的物质(金属或非金属元素)通过扩散作用从被渗镀的金属的表面渗入内部以形成表层合金镀层的一种表面处理的方法, ②符合题意;阳极氧化是将待保护的金属与电源正极连接,在金属表面形成一层氧化膜的过程, ③符合题意;“发蓝”处理技术通常用于钢铁等黑色金属的保护,通过将其浸泡于浓氧化性溶液中来实现,可在金属表面形成一层致密的氧化膜,这层氧化膜能有效保护内部金属不被腐蚀, ④符合题意。

(2) 钢铁外壳镶嵌了锌块,由于金属活动性: $Zn > Fe$,即锌块为负极,钢铁为正极,形成原电池, Zn 失去电子,发生氧化反应: $Zn - 2e^- \rightleftharpoons Zn^{2+}$,从而保护钢铁,延缓其腐蚀。镶嵌的锌块如用铜块替代,即钢铁为负极,铜块为正极,在江水中形成原电池,钢铁外壳腐蚀会加快,因此钢铁外壳镶嵌的锌块不可以用铜块替代, ①错误;该方法为牺牲阳极法, ②错误; Zn 失去电子,发生氧化反应: $Zn - 2e^- \rightleftharpoons Zn^{2+}$, ③正确;由于金属活动性: $Zn > Fe$,钢铁外壳为正极,锌块为负极, ④正确。

(3) 腐蚀的总反应式为 $Zn + 4NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons [Zn(NH_3)_4]^{2+} + H_2 \uparrow + 2H_2O + 2OH^-$,有 OH^- 生成,溶液的 pH 变大;该电化学腐蚀中 Zn 作负极, Fe 作正极,正极上水得电子生成氢气和氢氧根离子,铁电极上的电极反应式为 $2H_2O + 2e^- \rightleftharpoons H_2 \uparrow + 2OH^-$ 。

(4) ①要考虑碳钢在不同浓度的硫酸和缓蚀剂介质中的腐蚀速率,由图可知,要使碳钢的缓蚀效果最优,钼酸钠和 BTA 的浓度比应为 $300 : 150 = 2 : 1$ 。②硫酸中碳钢的最高腐蚀速率为 $60 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$,缓蚀剂中碳钢的最低腐蚀速率为 $0.8 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$,二者之比为 $75 : 1$ 。

3. D **创新点** ▶ 压强随时间变化曲线与 pH 随时间变化曲线相结合

思路分析

题图甲中铁粉、炭粉、氯化钠溶液构成原电池,铁作负极,开始时 pH 较小, AB 段溶液 pH 增大,体系压强增大,铁主要发生析氢腐蚀; BD 段溶液的 pH 增大,体系压强减小,正极反应式为 $O_2 + 4e^- + 4H^+ \rightleftharpoons 2H_2O$; DE 段溶液 pH 基本不变,但压强减小,产生的 Fe^{2+} 被 O_2 氧化。

【解析】由思路分析可知, AB 段铁主要发生析氢腐蚀,负极反应式为 $Fe - 2e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$,正极反应式为 $2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2 \uparrow$, pH 越大,析氢速率越小, A 错误;铁发生析氢腐蚀时,其他条件不变,析出 H_2 质量与氧气浓度无关, B 错误;由题图乙可知 BC 段的 pH 在 3~5 之间,溶液呈酸性,正极不能产生氢氧根离子,电极反应式为 $O_2 + 4e^- + 4H^+ \rightleftharpoons 2H_2O$, C 错误; DE 段溶液 pH 基本不变可能的原因:相同时间内, $2Fe + O_2 + 4H^+ \rightleftharpoons 2Fe^{2+} + 2H_2O$ 消耗 H^+ 的量与 $4Fe^{2+} + O_2 + 10H_2O \rightleftharpoons 4Fe(OH)_3 + 8H^+$ 产生 H^+ 的量基本相同, D 正确。

热点 3 电极反应式的书写

刷热点

1. D **考查点** ▶ 电极反应式的书写、二次电池的充放电原理

思路分析

由题图可知,放电时,Pb 为负极,电极反应式为 $\text{Pb}-2\text{e}^{-}+\text{SO}_4^{2-}=\text{PbSO}_4$;多孔碳电极为正极,电极反应式为 $\text{Fe}^{3+}+\text{e}^{-}=\text{Fe}^{2+}$ 。充电时,Pb 电极为阴极,电极反应式为 $\text{PbSO}_4+2\text{e}^{-}=\text{Pb}+\text{SO}_4^{2-}$;多孔碳电极为阳极,电极反应式为 $\text{Fe}^{2+}-\text{e}^{-}=\text{Fe}^{3+}$ 。

【解析】放电时左侧的 H^{+} 通过质子交换膜进入右侧(正极区),其 pH 逐渐减小,A 错误;电池充电时,多孔碳电极反应为 $\text{Fe}^{2+}-\text{e}^{-}=\text{Fe}^{3+}$,B 错误;放电时,Pb 为负极,电极反应式为 $\text{Pb}-2\text{e}^{-}+\text{SO}_4^{2-}=\text{PbSO}_4$,负极质量增加,C 错误;由放电时两极反应可知,放电总反应为 $\text{Pb}+\text{SO}_4^{2-}+2\text{Fe}^{3+}=\text{PbSO}_4+2\text{Fe}^{2+}$,D 正确。

2. AB 考查点 ▶ 电极反应式的书写、电解原理的应用

【解析】由题图甲、乙可知,开始阶段,n 接电源正极,石墨作阳极,阳极上 Cl^{-} 放电生成 Cl_2 ,铁棒作阴极,电极上发生还原反应,A 错误;若开始时 n 接电源负极,则铁棒作阳极,Fe 被氧化生成 Fe^{2+} ,不能生成 HClO 及 ClO^{-} ,不能有效脱除氮,B 错误; Cl_2 与水反应生成 HCl 和 HClO , ClO^{-} 氧化 NH_4^{+} 生成 N_2 、 Cl^{-} 、 H^{+} ,故电解一段时间(正、负极交换前),溶液的酸性增强,pH 减小,C 正确;除磷过程中,电解质溶液呈酸性,阴极反应式为 $2\text{H}^{+}+2\text{e}^{-}=\text{H}_2\uparrow$,电池中除磷的总反应为 $3\text{Fe}+6\text{H}^{+}+2\text{PO}_4^{3-}\xrightarrow{\text{电解}}\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2+3\text{H}_2\uparrow$,D 正确。

3. BC 考查点 ▶ 电极反应式的书写、离子转移、元素化合物性质

【解析】根据已知信息可知,放电时,Zn 转化为 $x\text{ZnCO}_3 \cdot y\text{Zn}(\text{OH})_2$,锌电极为负极,在碱性条件下失去电子发生氧化反应生成 $x\text{ZnCO}_3 \cdot y\text{Zn}(\text{OH})_2$,则负极反应式为 $(x+y)\text{Zn}-2(x+y)\text{e}^{-}+x\text{CO}_3^{2-}+2y\text{OH}^{-}=x\text{ZnCO}_3 \cdot y\text{Zn}(\text{OH})_2$,A 正确;放电时,Zn 转化为 $x\text{ZnCO}_3 \cdot y\text{Zn}(\text{OH})_2$,故不会有锌离子向正极 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 电极迁移,B 错误;碳酸氢钠和二氧化硫反应,但是不和二氧化碳反应,不能吸收二氧化碳,C 错误;由已知②,吸收废气后溶液 pH 约为 8,并产生 CO_2 ,则溶液中应含 SO_3^{2-} ,乙装置为电解池, SO_3^{2-} 在 c 电极(阳极)失去电子,发生氧化反应生成硫酸根离子,二氧化碳在 d 电极(阴极)得到电子,发生还原反应生成 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$,总反应为 $\text{SO}_3^{2-}+2\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}\xrightarrow{\text{电解}}\text{SO}_4^{2-}+\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$,D 正确。

4. (1) $10\text{HCO}_3^{-}+8\text{e}^{-}=\text{CH}_4\uparrow+9\text{CO}_3^{2-}+3\text{H}_2\text{O}$ (2) 1 : 2

突破点 ▶ 电极反应式的书写、电解的计算

【解析】(1) 当电解电压为 U_1 V 时,电解过程中含碳还原产物的 $FE\%$ 为 0,无含碳还原产物生成,则阴极电解产物为 H_2O 得到电子后生成的 H_2 。当电解电压为 U_2 V 时,碱性条件下阴极由 HCO_3^{-} 生成 CH_4 的电极反应式为 $10\text{HCO}_3^{-}+8\text{e}^{-}=\text{CH}_4\uparrow+9\text{CO}_3^{2-}+3\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 当电解电压为 U_3 V 时,电解过程中还原产物 C_2H_4 的 $FE\%$ 为 24%,还原产物 HCOO^{-} 的 $FE\%$ 为 8%,每生成 1 mol C_2H_4 转移 12 mol 电子,每生成 1 mol HCOO^{-} 转移 2 mol 电子,结合题给信息可知,

$\frac{FE\%(\text{C}_2\text{H}_4)}{FE\%(\text{HCOO}^{-})}=\frac{12 \times n(\text{C}_2\text{H}_4)}{2 \times n(\text{HCOO}^{-})}$,故电解生成的 C_2H_4 和 HCOO^{-} 的物质的量之比为 1 : 2。

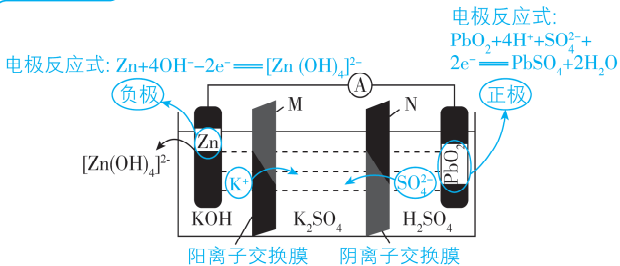
热点 4 电化学装置中的隔膜分析

刷 热点

1. CD 考查点 ▶ 原电池原理及应用、离子交换膜、电化学计算

要点图解

定位：原电池



【解析】由要点图解可知，Zn 电极作负极，发生氧化反应，生成 $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ ，电极反应式为 $\text{Zn} + 4\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ ，A 正确；由要点图解可知，M 膜为阳离子交换膜，N 膜为阴离子交换膜，B 正确； K^+ 通过 M 膜向 K_2SO_4 溶液迁移， SO_4^{2-} 通过 N 膜向 K_2SO_4 溶液迁移，故 K_2SO_4 浓度将增大，C 错误；由要点图解可知， PbO_2 电极是正极，电极反应式为 $\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，电路中通过 1 mol 电子时，消耗 0.5 mol PbO_2 的同时生成 0.5 mol PbSO_4 沉积于 PbO_2 电极上，电极质量增加 $0.5 \text{ mol} \times 303 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} - 0.5 \text{ mol} \times 239 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 32 \text{ g}$ ，D 错误。

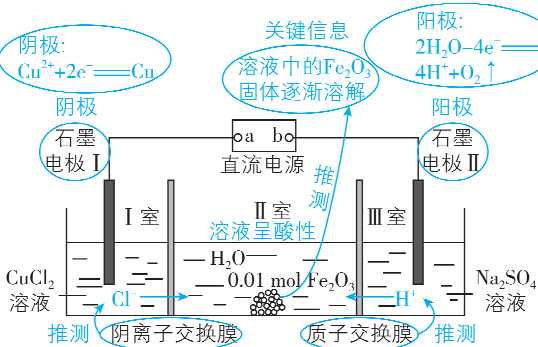
2. AC 考查点：电解原理及其应用、双极膜

【解析】由题图可知，乙室中 KHCO_3 转化为 CO ，发生还原反应，则 Ag/活性炭是阴极，泡沫镍是阳极，甲室中盛有 KOH 溶液，电极反应式为 $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ ，每消耗 4 mol OH^- ，转移 4 mol e^- ，有 4 mol 双极膜产生的 OH^- 向左侧移动，由于反应生成水，pH 减小，A 错误；装置工作时，双极膜产生的 H^+ 移向乙室，与 KHCO_3 作用生成 CO_2 ， CO_2 再被还原生成 CO ，B 正确；乙室电解液呈碱性，电极上反应为 $4\text{HCO}_3^- + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CO} \uparrow + 3\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ ，C 错误；溶液 Y 中含有 K_2CO_3 和 KHCO_3 ，可进入乙室进行循环利用，D 正确。

3. D 考查点：电解原理及应用、离子交换膜、电化学计算

要点图解

定位：电解池



【解析】由要点图解可知，石墨电极 I 是阴极，则 a 是电源的负极，A 错误；石墨电极 II 上 H_2O 失电子生成 H^+ 和 O_2 ，通电一段时间后，III 室溶液呈酸性，故向石墨电极 II 附近滴加石蕊试液，出现红色，B 错误；电解池中阴离子向阳极移动，故 Cl^- 通过阴离子交换膜由左向右移动，C 错误；当 1.6 g Fe_2O_3 （即 0.01 mol）完全溶解时，消耗 0.06 mol H^+ ，则阳极至少生成 0.06 mol H^+ 和 0.015 mol O_2 ，故至少产生标准状况下气体的体积为 $0.015 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.336 \text{ L}$ ，D 正确。

方法技巧

离子交换膜的种类判断

- (1) 明确电解的目的，基于电解目的推测阴、阳极上物质的变化。
- (2) 正确书写阴、阳极的电极反应式，判断各电极消耗（或生成）离子情况，明确“剩余”阳离子还是阴离子。
- (3) 考虑溶液呈电中性的特点，结合电解目的判断离子的移动方向，继而确定离子交换膜的种类。

4. B 考点 ▶ 原电池和电解池串联、电极反应式及计算

思路分析

(1) 由题图知,左侧为原电池,其中左边吸附层为负极发生氧化反应: $\text{H}_2 - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$; 右边吸附层为正极发生还原反应: $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$ 。

(2) 右侧为电解池,该装置目的是以“全氢电池”为电源直接电解氯化钠溶液制备 H_2 和 HClO , 则阳极反应式为 $\text{Cl}^- - 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{H}^+$, 阴极反应式为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$ 。

【解析】“全氢电池”的总反应为 $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$, 为非氧化还原反应, A 正确; 原电池工作时, 阳离子向正极迁移, 阴离子向负极迁移, 故“全氢电池”的双极膜中产生的 H^+ 向右移动, B 错误; 电解氯化钠溶液制备 H_2 和 HClO , 则阳极反应式为 $\text{Cl}^- - 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{H}^+$, C 正确; 理论上, 双极膜中解离 2 mol H_2O 时, 可以生成 2 mol H^+ 、2 mol OH^- , 则电路中转移 2 mol 电子, 根据阳极反应式可知, 阳极生成 1 mol 氢离子, 有 2 mol Na^+ 通过阳离子交换膜进入阴极区, 故阳极区减少 1 mol 阳离子(忽略 HClO 的电离), D 正确。

5. C 考点 ▶ 燃料电池工作原理、离子交换膜、电极反应式

思路分析

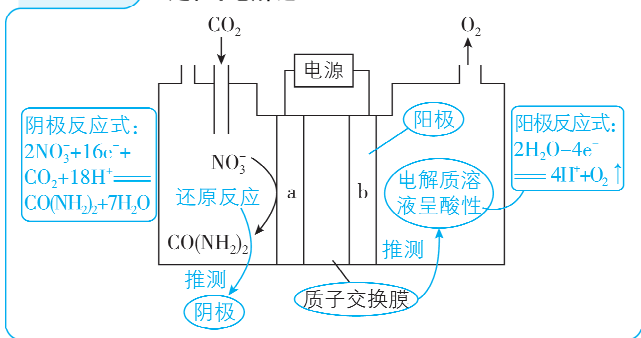
由装置可知,甲烷和水经重整生成 CO 和 H_2 , a 极上 CO 和 H_2 失电子生成 CO_2 和 H_2O , 则 a 极为负极, 电极反应式为 $\text{H}_2 + \text{CO}_3^{2-} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ 、 $\text{CO} + \text{CO}_3^{2-} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{CO}_2$; b 极为正极, b 极上 O_2 得电子结合 CO_2 生成 CO_3^{2-} , 电极反应式为 $\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{CO}_3^{2-}$ 。

【解析】由分析可知, a 极产物 X 中的 CO_2 由 H_2 、 CO 放电产生, A 错误; 由分析可知, b 极电极反应式为 $\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{CO}_3^{2-}$, B 错误; a 极为负极, b 极为正极, 正极电势高于负极电势, C 正确; 熔融碳酸盐为电解质, 正极生成碳酸根离子, 负极消耗碳酸根离子, 故隔膜允许碳酸根离子通过, 为阴离子交换膜, D 错误。

6. CD 考点 ▶ 电解原理的应用、质子交换膜、电化学计算

要点图解

定位: 电解池



【解析】由分析可知, 电极 b 是阳极, 连接电源正极, A 正确; 电极 a 反应为 $2\text{NO}_3^- + 16\text{e}^- + \text{CO}_2 + 18\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 7\text{H}_2\text{O}$, 消耗 H^+ 和 NO_3^- , 电解一段时间, 左室加入一定浓度的硝酸来补充消耗的电解质溶液, B 正确; 0.1 mol CO_2 转化为尿素需要 1.8 mol H^+ , 转移 1.6 mol e^- , 从电极 b 迁移至电极 a 的 H^+ 的量为 1.6 mol, C 错误; 若以铅酸蓄电池作为电源, 其工作时负极反应为 $\text{Pb} - 2\text{e}^- + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PbSO}_4$, 电极质量增加, D 错误。

7. D 考点 ▶ 双极膜应用、原电池正负极判断、原电池电极反应式书写

思路分析

该装置为原电池, Zn 为活泼金属作负极, Zn 失电子发生氧化反应, 正极 NO 得电子生成氨气, 双极膜中的 OH^- 向左侧负极移动, H^+ 向右侧正极移动。

【解析】该装置为原电池, Zn 为活泼金属作负极, Zn 失电子发生

氧化反应, A 正确; 负极发生反应: $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O}$, 正极反应式为 $\text{NO} + 5\text{e}^- + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + 5\text{OH}^-$, 总反应为 $2\text{NO} + 5\text{Zn} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 + 5\text{ZnO}$, B 正确; 原电池中阳离子向正极移动, 阴离子向负极移动, 则 OH^- 向左侧负极移动, H^+ 向右侧正极移动, C 正确; 负极发生反应: $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O}$, $n(\text{OH}^-)$ 不变, 但生成了 H_2O , 所以 OH^- 浓度减小, pH 降低, D 错误。

8. D 考查点 ▶ 原电池和电解池的串联、离子交换膜、电极反应式

思路分析

电解池 a 电极区 $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$ 溶液浓度增大, 可推出 $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$ 通过 c 膜向 a 电极区移动, 则 a 电极为阴极, c 膜为阳离子交换膜; Cl^- 通过 d 膜向右侧移动, 则 d 膜为阴离子交换膜; Na^+ 通过 e 膜向左侧移动, 则 e 膜为阳离子交换膜。从图中可以看出, 光伏并网发电装置中, a 电极连接 N 型半导体, 则其为负极; b 电极连接 P 型半导体, 则其为正极。

【解析】由分析可知, c、e 为阳离子交换膜, d 为阴离子交换膜, A 错误; 光伏并网发电装置中, N 型半导体为负极, B 错误; a 极为阴极, 电极反应式为 $2(\text{CH}_3)_4\text{N}^+ + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2(\text{CH}_3)_4\text{NOH} + \text{H}_2 \uparrow$, C 错误; Na^+ 通过 e 膜向左侧移动, 导致 b 极区 Na^+ 浓度减小, b 为阳极, 溶液中的氢氧根离子失去电子生成氧气, 电极反应为 $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$, OH^- 被消耗, OH^- 浓度减小, 则氢氧化钠溶液浓度减小, 即 $m\% > n\%$, D 正确。

9. (1) $\text{Zn}^{2+} + \text{NO}_3^- + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{ZnO} + \text{NO}_2^-$

(2) 阴极的电极反应式为 $7\text{CO}_2 + 6\text{e}^- + 5\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH} + 6\text{HCO}_3^-$, 每转移 6 mol 电子, 必有 6 mol H^+ 通过质子交换膜进入阴极室, 发生 $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 故阴极室中 $c(\text{HCO}_3^-)$ 基本不变

考查点 ▶ 电解原理的应用、质子交换膜

【解析】(1) 由题意可知, 制备 $\text{Cu}_2\text{O}-\text{ZnO}$ 薄膜电极的反应为 Zn^{2+} 作用下, NO_3^- 在阴极得到电子发生的还原反应, 生成 ZnO 和 NO_2^- , 电极反应式为 $\text{Zn}^{2+} + \text{NO}_3^- + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{ZnO} + \text{NO}_2^-$ 。

10. (1) $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$ B、C

(2) 提高产品的纯度

考查点 ▶ 电解原理的应用、离子交换膜的判断

【解析】产品室中得到次磷酸 (H_3PO_2), 说明交换膜 A 是阳离子交换膜, 氢离子通过; 交换膜 B 是阴离子交换膜, H_2PO_2^- 通过; M 极为阳极, 交换膜 C 为阴离子交换膜; 交换膜 D、E 是阳离子交换膜, 钠离子通过; N 极为阴极, 发生还原反应, 电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$ 。

(1) 阴极室的电极反应为 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$, 阴离子交换膜有 B、C。

(2) 传统四室电解槽中没有膜 B 与膜 D, 用六室电解槽代替四室电解槽, H_2PO_2^- 和 Na^+ 的迁移得到缓冲, 生成的次磷酸 (H_3PO_2) 和 NaOH 纯度更高。

突破 3 电化学相关计算

刷 难关

1. B 考查点 ▶ 电解原理的应用及相关计算

思路分析

从题目“湿法冶铁”得出装置图左侧电极上 Fe_2O_3 在碱性条件下转化为 Fe , 发生还原反应, 为阴极, 电极反应为 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{e}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Fe} + 6\text{OH}^-$; 中间为阳离子交换膜, Na^+ 由阳极移向阴极; 右侧电极为电解池的阳极, 氯离子放电生成氯气, 电极反应为 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \uparrow$ 。

【解析】右侧电极作阳极, 失去电子, 发生氧化反应, A 正确; 由 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{e}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Fe} + 6\text{OH}^-$ 可知, 理论上每消耗 0.1 mol Fe_2O_3 , 转移 0.6 mol 电子, 由 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \uparrow$ 可知, 阳极生成 0.3 mol 氯气, 同时有 0.6 mol Na^+ 由阳极移向阴极, 阳极室溶液减少质量为 $0.3 \text{ mol} \times 71 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 0.6 \text{ mol} \times 23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 35.1 \text{ g}$, B 错误; 由阴极电极反应知, 阴极区溶液中 OH^- 浓度逐渐升高, C

正确;理论上每消耗 $0.1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3$, 转移 0.6 mol 电子, 阳极生成 0.3 mol 氯气, 标准状况下的体积为 $0.3 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 6.72 \text{ L}$, D 正确。

2. B 考查点 ▶ 原电池和电解池的串联及计算

思路分析

(1) 浓差电池中, 根据甲室隔膜两侧溶液的浓度知, Cu (2) 电极失去电子, 为负极, 电极反应式为 $\text{Cu} - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+}$; Cu (1) 电极为正极, 发生得电子的还原反应: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ 。

(2) 电解槽中石墨 (1) 电极为阴极、石墨 (2) 电极为阳极, 阳极上水失电子生成氧气和氢离子, 电极反应为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$, 阴极上丙烯腈得电子生成己二腈: $2\text{CH}_2 = \text{CHCN} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{NC}(\text{CH}_2)_4\text{CN}$ 。

【解析】根据思路分析, Cu (1) 电极为正极, 电极上发生得电子的还原反应, A 正确; 当甲室两电极质量差为 6.4 g 时, 转移电子的物质的量为 0.1 mol , 由思路分析可知, 生成己二腈的反应为 $2\text{CH}_2 = \text{CHCN} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{NC}(\text{CH}_2)_4\text{CN}$, 则生成 0.05 mol 己二腈, B 错误, D 正确; 根据乙室阳极、阴极的反应, 乙室选用阳离子交换膜, H^+ 移向阴极, C 正确。

3. B 考查点 ▶ 电极反应式及相关计算

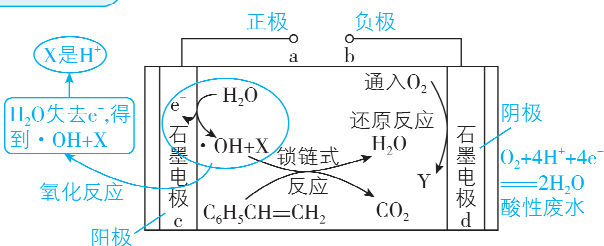
思路分析

Zn 电极为负极, 发生氧化反应: $\text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$, MnO_2 为正极, 发生还原反应: $\text{MnO}_2 + 2\text{e}^- + 4\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$; 剥落的正极材料与加入的 I^- 发生反应: $\text{MnO}_2 + 3\text{I}^- + 4\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + \text{I}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$; I_3 在正极得电子生成 I^- : $\text{I}_3 + 2\text{e}^- = 3\text{I}^-$, 碘离子为催化剂。

【解析】由反应 $\text{MnO}_2 + 3\text{I}^- + 4\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + \text{I}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ 可知, MnO_2 的氧化性强于 I_3 , A 正确; 充电时阳极反应式有 $3\text{I}^- - 2\text{e}^- = \text{I}_3$ 、 $\text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- = \text{MnO}_2 + 4\text{H}^+$, 电路中每通过 2 mol e^- , 则生成 MnO_2 的物质的量小于 1 mol , 同时有 1 mol Zn^{2+} 迁移至阴极区, 故阳极区溶液减少的质量无法计算, B 错误; Zn 电极为负极, 发生氧化反应: $\text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$, MnO_2 电极为正极, 发生还原反应: $\text{MnO}_2 + 2\text{e}^- + 4\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$, 放电时的总反应为 $\text{MnO}_2 + \text{Zn} + 4\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$, C 正确; PBS 膜能够防止剥落的二氧化锰与锌接触构成微电池, 能有效抑制电池的自放电, D 正确。

4. BD 考查点 ▶ 电解原理的应用及相关计算

要点图解



【解析】由要点图解可知, a 为直流电源的正极, 电极 c 反应为 $\text{H}_2\text{O} - \text{e}^- = \cdot\text{OH} + \text{H}^+$, 则 X 为 H^+ , A 错误; 电极 d 为阴极, 电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$, B 正确; 电解池中阳离子向阴极移动, 故电解过程中, H^+ 由左侧向右侧迁移, C 错误; $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2$ 被 $\cdot\text{OH}$ 氧化生成 CO_2 和 H_2O : $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2 + 40 \cdot\text{OH} \longrightarrow 8\text{CO}_2 + 24\text{H}_2\text{O}$, 处理含 0.1 mol 苯乙烯的废水, 消耗 $4 \text{ mol} \cdot\text{OH}$, 结合电极 c 反应可知, 理论上有 4 mol 电子通过电路, D 正确。

5. CD 考查点 ▶ 电化学相关计算, 有机物的电解

信息梳理

由题图可知,电极 M 上 NHP^+ 得电子,为阴极,电极反应: $\text{NHP}^+ + 2\text{e}^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NHP}-\text{H}$; 电极 N 上 OH^- 失电子,为阳极,电极反应: $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ 。

【解析】工作时,电极 M 为阴极,与外接电源的负极相连,A 正确;由图可知,生成 H_2 的反应为 $\text{NHP}-\text{H} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NHP}^+ + \text{H}_2 \uparrow$,结合思路分析可知, $\text{NHP}-\text{H}$ 又在电极 M 上生成,则 $\text{NHP}-\text{H}$ 起催化作用,故加入催化用量的 $\text{NHP}-\text{H}$ 就能制得大量 H_2 ,B 正确;电极反应中的氢离子与氢氧根离子由双极膜中的水解离为 H^+ 和 OH^- 分别向两极室提供,为了持续工作,只需要定期补充水,C 错误;标准状况下,13.44 L 气体为氢气与氧气的混合物,物质的量为 $\frac{13.44 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.6 \text{ mol}$,由电解水的总反应知,生成 0.2 mol 氧气、0.4 mol 氢气,转移电子数为 $0.8N_A$,因此理论上有 0.8 mol OH^- 透过膜 b,D 错误。

6. C 考点▶ 交换膜在电化学装置中的应用

思路分析

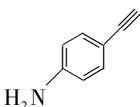
图中为放电过程,放电时 Zn 电极失电子,而惰性电极上 MnO_2 得到电子转化为 Mn^{2+} ,可知放电时,Zn 电极为负极,惰性电极为正极,交换膜 M 为阳离子交换膜,交换膜 N 为阴离子交换膜;充电时,Zn 电极连接外接电源负极,作为电解池的阴极,惰性电极连接外接电源正极,作为电解池的阳极。

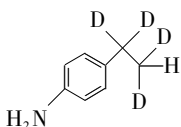
【解析】放电时,Zn 电极为负极,A 正确;放电时,溶液中的钾离子通过阳离子交换膜 M 向右移动,硫酸根离子通过阴离子交换膜 N 向左移动,则当消耗 6.5 g (即 0.1 mol) 锌时,负极电极反应式为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$,转移的电子为 0.2 mol,因此有 0.2 mol K^+ 、0.1 mol SO_4^{2-} 通过交换膜,可知中间硫酸钾溶液中溶质增加 $0.2 \text{ mol} \times 39 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 0.1 \text{ mol} \times 96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 17.4 \text{ g}$,B 正确;充电时 I 区中 $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ 得到电子生成 Zn,电极反应式为 $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn} + 4\text{OH}^-$,因此溶液 pH 逐渐增大,C 错误;充电时,II 区中 Mn^{2+} 转化为 MnO_2 ,电极反应式为 $\text{Mn}^{2+} - 2\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 4\text{H}^+$,D 正确。

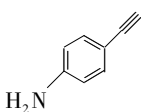
7. CD 突破点▶ 电解原理的应用、电极反应式、电化学相关计算

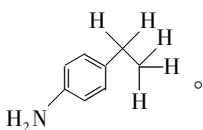
思路分析

由题图可知,M 电极是阴极, D_2O 得电子生成

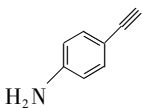
D 和 OD^- ,  与 D 反应生成

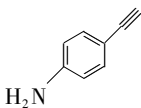
 ;N 电极是阳极, HCHO 失电子与 OH^- 反

应生成 HCOO^- 、H 和 H_2O ,  与 H 反应生成

。

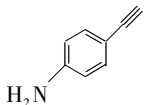
【解析】M 电极是阴极,发生反应 $\text{D}_2\text{O} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{D} + \text{OD}^-$,反应生成 OD^- ,故溶液的碱性增强,A 正确;N 电极处 HCHO 失电子与 OH^- 反应生成 HCOO^- 、H 和 H_2O ,电极反应式为 $\text{HCHO} + 2\text{OH}^- - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{HCOO}^- + \text{H} + \text{H}_2\text{O}$,B 正确;阴极上消耗 1 mol

 需要 4 mol D,阳极上消耗 1 mol



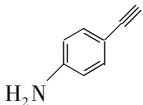
需要 4 mol H, 当转移 1 mol 电子时, 两极分别产生 1 mol D 和

1 mol H, 故共消耗

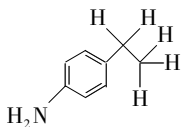


的物质的量为 0.5 mol, C 错

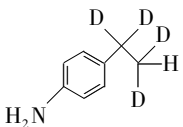
误; M 电极产生的 OD^- 通过阴离子交换膜向 N 电极区迁移, 并在 N 电极上与 HCHO 反应生成 HCOO^- 、 D_2O 和 H , H 与



反应仅生成



, 不可能生成



, D 错误。

8. (1) $\text{CO}_2 + 2\text{HCO}_3^- + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CO} + 2\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ (2) 0.05

考查点 ▶ 电解池电极反应式的书写、电极反应的相关计算

【解析】(1) ISA-Ni 催化剂上 CO_2 得电子生成 CO , 电解质为 KHCO_3 , 发生的电极反应是 $\text{CO}_2 + 2\text{HCO}_3^- + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CO} + 2\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 该环境下, 测得 $\eta(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{n(\text{生成 C}_2\text{H}_4 \text{ 所用的电子})}{n(\text{通过电极的电子})} \times$

$100\% = 50\%$, 则电路中通过 1.2 mol 电子时, 生成 C_2H_4 所用的电子的物质的量为 $1.2 \text{ mol} \times 50\% = 0.6 \text{ mol}$, NP-Cu 催化剂上发生的电极反应是 $2\text{CO} + 8\text{HCO}_3^- + 8\text{e}^- \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4 + 8\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$, ISA-Ni 催化剂上发生的电极反应是 $2\text{CO}_2 + 4\text{HCO}_3^- + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{CO} + 4\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$, 则转移 12 mol 电子时生成 1 mol 乙烯, 故产生乙烯的物质的量是 $\frac{0.6 \text{ mol}}{12} = 0.05 \text{ mol}$ 。

9. (1) $\text{Pb} - 4\text{e}^- + 4\text{CH}_3\text{CH}_2^- \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_4$

(2) 电解时阴极反应为 $\text{MgCl}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg} + \text{Cl}^-$, 为使 Mg 参与循环利用, 加入 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$ 发生反应: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl} + \text{Mg} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CH}_2\text{MgCl}$

(3) $2\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons (\text{CH}_3\text{O})_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ 0.5

命题点 ▶ 电解装置分析

【解析】(1) 活泼金属 Pb 作为阳极, 失去电子, 发生氧化反应, 生成 $\text{Pb}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_4$, 故电极反应式为 $\text{Pb} - 4\text{e}^- + 4\text{CH}_3\text{CH}_2^- \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_4$ 。

(3) 电极 A 上 CO_2 得电子, 发生还原反应, 生成 CO , 电极反应式为 $2\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{CH}_3\text{O}^- + \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$, CO 、 CH_3O^- 再与 $\text{Pt}(\text{II})$ 反应生成 $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{CO}$ 和 $\text{Pt}(0)$, 电极 B 上 Br^- 失电子转化为 Br_2 : $2\text{Br}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Br}_2$, Br_2 将生成的 $\text{Pt}(0)$ 再转化为 $\text{Pt}(\text{II})$, 则总反应为 $2\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons (\text{CH}_3\text{O})_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ 。根据得失电子守恒可知, 反应中存在关系式: $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{CO} \sim 2\text{e}^-$, 则外电路转移 1 mol 电子时, 理论上可生成 $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{CO}$ 的物质的量为 0.5 mol。

突破 4 新型电池的工作原理及应用

刷 难关

1. B 考查点 ▶ 纤维状钠离子电池分析

信息梳理

电池放电的总反应为 $\text{Na}_{0.44}\text{MnO}_2 + \text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3 \rightleftharpoons \text{Na}_{0.44-x}\text{MnO}_2 + \text{Na}_{1+x}\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$, $\text{Na}_{0.44}\text{MnO}_2$ 失电子变为 $\text{Na}_{0.44-x}\text{MnO}_2$, Mn 元素化合价升高, 因此甲电极为负极, 乙电极为正极。

【解析】放电时, 甲电极为负极、乙电极为正极, Na^+ 向乙电极移动, A 错误; 放电时, 乙电极为正极, 得到电子, 电极反应式为 $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3 + x\text{Na}^+ + xe^- \rightleftharpoons \text{Na}_{1+x}\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$, B 正确; 放电时, Mn 元素化合价升高, 则充电过程中 Mn 元素的化合价降低, C 错误; 根据电池的放电总反应, 工作一段时间后溶液中的 Na^+ 浓度

几乎不变,D 错误。

2. B 考查点 ▶ 二次电池的充、放电原理及分析

信息梳理

钠离子电池工作时,硬碳作负极材料,钠离子在正、负极之间嵌入和脱出实现电荷转移,由题图知,放电时右侧为负极,右侧脱出钠离子;左侧嵌入钠离子,左侧为正极。

【解析】由题图可知,导线与铝箔相连,铝箔与两极材料相连,可起到收集和传输电子的作用,A 正确;放电时负极反应式为 $\text{Na}_x\text{C} - xe^- = x\text{Na}^+ + \text{C}$,正极反应式为 $\text{Na}_{1-x}\text{VPO}_4\text{F} + x\text{Na}^+ + xe^- = \text{NaVPO}_4\text{F}$,正极区离子导体中 Na^+ 的物质的量不变,B 错误,C 正确;充电时,阴极嵌入钠离子,由得失电子守恒和电荷守恒知,导线中通过 1 mol 电子,理论上阴极质量增加 23 g (1 mol Na^+),D 正确。

3. D 考查点 ▶ 二次电池及分析

思路分析

(1) 由题图可知,放电时溴元素化合价降低,发生还原反应,即电极甲为正极,正极电极反应式为 $\text{Br}_2 + 2e^- = 2\text{Br}^-$;

(2) 电极乙为负极,负极电极反应式为 $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}(\text{CHO}) + \text{H}_2\text{O} - 2e^- \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_4\text{O}(\text{COOH}) + 2\text{H}^+$ 。

【解析】放电时,电极乙为负极,发生氧化反应,M 中醛基氧化为羧基,负极电极反应式为 $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}(\text{CHO}) + \text{H}_2\text{O} - 2e^- \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_4\text{O}(\text{COOH}) + 2\text{H}^+$,A 正确;充电时,电极乙为阴极, H^+ 通过质子交换膜向阴极移动,即向电极乙移动,B 正确;充电时,电极甲为阳极,与直流电源的正极直接相连,发生氧化反应,C 正确;以此电源电解硫酸铜溶液时,若加 98 g (1 mol) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 可使溶液复原,说明电解时的总反应为 $\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2 \uparrow + \text{H}_2 \uparrow$,生成 1 mol Cu 时转移 2 mol 电子,生成 1 mol H_2 时转移 2 mol 电子,由得失电子守恒可知,理论上转移 4 mol 电子时消耗 2 mol Br_2 , $m(\text{Br}_2) = 320 \text{ g}$,D 错误。

4. D 考查点 ▶ 原电池正、负极判断,电极反应式书写,电池有关计算

思路分析

N_2 在光催化剂表面转化为 NH_3 ,碱性条件下,X 极上 NH_3 转化为 N_2 ,发生氧化反应,则电极 X 为负极,电极反应式为 $2\text{NH}_3 + 6\text{OH}^- - 6e^- = \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$;Y 极上 O_2 和 H_2O 转化为 OH^- ,发生还原反应,则电极 Y 为正极,电极反应式为 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- = 4\text{OH}^-$ 。

【解析】电极 X 为负极,电极 Y 为正极,则 X 极电势低于 Y 极电势,A 正确;光催化剂表面 H_2O 转化为 H^+ 和 O_2 ,发生的反应为 $2\text{H}_2\text{O} + 4h^+ = 4\text{H}^+ + \text{O}_2$,B 正确;由思路分析可知,C 正确;每 1 mol N_2 在光催化剂表面转化为 2 mol NH_3 时,转移 6 mol e^- ,则每产生标准状况下 5.6 L (0.25 mol) NH_3 ,转移 0.75 mol 电子,光催化装置生成 0.75 mol h^+ ,D 错误。

5. B 考查点 ▶ 二次电池的原理及分析

思路分析

定位:二次电池(弱酸性环境)

| 类型 | 电极 | 电极反应式 | 反应类型 | 电极判断 |
|--------------|--------|--|------|------|
| 原电池 (放电时) | Te 基材料 | $\text{TeO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{Zn}^{2+} + 6\text{e}^- \rightleftharpoons \text{ZnTe} + 2\text{H}_2\text{O}$ | 还原反应 | 正极 |
| 电解池 (充电时) | Te 基材料 | $\text{ZnTe} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Zn}^{2+} - 6\text{e}^- \rightleftharpoons \text{TeO}_2 + 4\text{H}^+$ | 氧化反应 | 阳极 |

【解析】由思路分析可知,放电时,Te 基材料上 TeO_2 发生还原反应,则 Te 基材料作正极,A 正确;放电时,Te 基材料上 TeO_2 转化为 Te,Te 与 Zn^{2+} 生成 ZnTe ,整个过程消耗 1 mol TeO_2 时转移 6 mol 电子,若电路转移 4 mol e^- ,则正极上消耗 $\frac{2}{3}$ mol TeO_2 ,B 错误;由题图可知,充、放电过程中均涉及共价键的断裂与形成,C 正确;由思路分析可知,充电时,阳极上 Te 转化为 TeO_2 ,电极反应式为 $\text{Te} + 2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{TeO}_2 + 4\text{H}^+$,D 正确。

6. BC 考查点 ▶ 电极电势比较、离子移动、电极反应式的书写

思路分析

题给电池属于二次电池,放电过程,N 极上钠失电子产生钠离子,发生氧化反应,N 极为负极;M 极上 $\text{NaV}_2(\text{PO}_4)_3$ 转化为 $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$,发生得电子的还原反应,M 电极为正极。充电时为电解池,M 电极为阳极,N 电极为阴极。

【解析】根据思路分析可知,放电时,M 电极为正极,N 极为负极,电极电势 M 极高于 N 极,A 错误;充电时,阳离子(Na^+)由阳极(M 极)迁移至阴极(N 极),B 正确;充电时,阳极(M 极)电极上 $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ 转化为 $\text{NaV}_2(\text{PO}_4)_3$,电极反应式为 $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3 - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{NaV}_2(\text{PO}_4)_3 + 2\text{Na}^+$,C 正确;钠与水能反应,故不能将固态聚合物电解质换为 Na_3PO_4 溶液,D 错误。

7. A 考查点 ▶ 液流电池的原理及分析

思路分析

碱性锌铁液流电池放电时,右侧 N 电极为负极,Zn 发生失电子的氧化反应生成 $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$,负极反应式为 $\text{Zn} + 4\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ 。左侧 M 电极为正极,发生得电子的还原反应,正极反应式为 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 。充电时右侧 N 电极作阴极,左侧 M 电极作阳极。

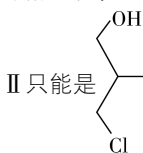
【解析】由思路分析可知,放电时,右侧 N 电极为负极,左侧 M 电极为正极,N 电极电势低于 M 电极,A 错误。充电时,右侧为阴极,电极反应式为 $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn} + 4\text{OH}^-$,则 $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ 浓度降低,B 正确。放电时,M 电极为正极,发生的反应为 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$;当左侧 M 电极有 1 mol $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 反应时,左侧负电荷会增加 1 mol,根据电荷守恒,则有 1 mol OH^- 通过离子交换膜移向负极(N 电极),C 正确。放电时 N 电极为原电池的负极,电极反应式为 $\text{Zn} + 4\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$,D 正确。

8. B 考查点 ▶ 电极判断、催化过程分析、电极反应式

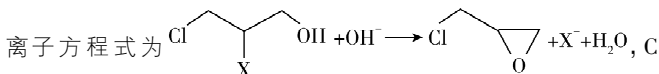
信息梳理

题图右侧电极上 H_2O 被还原生成 H_2 ,即右侧电极作阴极,则左侧电极作阳极,阳极上 X^- 和 OH^- 同时且等量放电: $\text{X}^- - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{X} \cdot$ 、 $\text{OH}^- - \text{e}^- \rightleftharpoons \cdot \text{OH}$ 。

【解析】根据思路分析可知,左侧电极 a 为阳极,所以电极 a 接电源的正极,A 正确;根据题图可知,I 与 $\cdot \text{OH}$ 结合生成 II,所以



X,B 错误;根据题图可知,由 II 生成环氧氯丙烷的



正确;当合成 1 mol 环氧氯丙烷时,阳极上 X^- 和 OH^- 各失去 1 mol 电子,共转移 2 mol 电子,根据 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$ 可知,转移 2 mol 电子时,生成 1 mol H_2 ,即生成 22.4 L H_2 (标准状况),D 正确。

9. B 考查点 ▶ 二次电池的原理及分析

【解析】放电时,多孔泡沫铁作负极,电极反应式为 $\text{Fe} - 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}$,纳米泡沫碳作正极,电极反应式为 $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}$,正极电势高于负极电势,故放电时,M 电极的电极电势高于 N 电极,A 错误;充电时,多孔泡沫铁作阴极,电极反应式为 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}$,B 正确;充电时,转移 2 mol e^- 时,阳极上有 2 mol Fe^{2+} 参与反应,阴极上有 1 mol Fe^{2+} 参加反应,故参与反应的铁元素总质量为 $3 \text{ mol} \times 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 168 \text{ g}$,C 错误; NH_4Cl 的作用是增强溶液的导电性,离子浓度越大,导电能力越强,若用同浓度的 KCl 溶液代替 NH_4Cl 溶液,不能提高电池效率,D 错误。

10. D 考查点 ▶ 新型化学电源的工作原理及分析

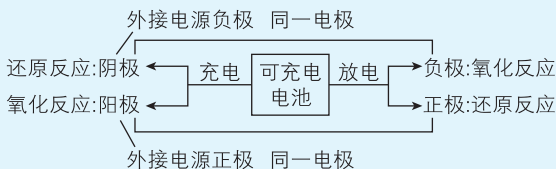
【解析】在“常温”与“非常温”电池中,由 Li^+ 的移动方向,可以确定 b 极为负极,a 极为正极。观察图示,在“常温”与“非常温”电池中,b 极为负极,a 极为正极,正极(a)的电势高于负极(b),A 错误; $\frac{1}{3}$ 的 CO_2 发生还原反应, $\frac{2}{3}$ 的 CO_2 化合价没有变化,而酞菁钴只与发生还原反应的 CO_2 形成化合物,从题示信息看,电池电势提高了,电池电势等于正、负极电势之差,说明加入酞菁钴提高了正极电势,B 错误;3 mol CO_2 被还原成 3 mol C 时, CO_2 得到了 12 mol e^- ,向 a 极迁移 12 mol Li^+ ,C 错误;根据“非常温”电池图可知,a 极上发生还原反应,脱去 RM,RM 参与循环,D 正确。

11. CD 考查点 ▶ 二次电池的充、放电原理,电极反应式,隔膜

【解析】由放电时总反应可知, Li_xC_6 失去电子被氧化,则铜箔作电池的负极,A 错误;放电时该装置是原电池,阳离子向正极移动,故 Li^+ 通过隔膜移向正极,B 错误;充电时,阴极反应式为 $\text{C}_6 + x\text{Li}^+ + x\text{e}^- \longrightarrow \text{Li}_x\text{C}_6$,故阴极质量增加,C 正确;结合总反应可得,放电时正极反应式为 $\text{Li}_{1-x}\text{FePO}_4 + x\text{Li}^+ + x\text{e}^- \longrightarrow \text{LiFePO}_4$,充电时阳极反应与放电时正极反应过程相反,故阳极反应式为 $\text{LiFePO}_4 - x\text{e}^- \longrightarrow \text{Li}_{1-x}\text{FePO}_4 + x\text{Li}^+$,D 正确。

考点拓展

二次电池的充、放电原理及分析



12. CD 突破点 ▶ 原电池、电解池串联装置分析、电极反应式的书写

思路分析

左侧为原电池,泡沫铜为负极发生氧化反应,电极反应式为 $\text{Cu} - \text{e}^- + 4\text{CH}_3\text{CN} \longrightarrow [\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CN})_4]^+$;石墨毡为正极,铜离子得电子发生还原反应,电极反应式为 $\text{Cu}^{2+} + \text{e}^- + 4\text{CH}_3\text{CN} \longrightarrow [\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CN})_4]^+$ 。右侧为电解装置,右侧石墨电极上二氧化碳得电子发生还原反应产生一氧化碳,为阴极,电极反应式为 $3\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{HCO}_3^- + \text{CO}$;左侧石墨电极为阳极,电极反应式为 $4\text{HCO}_3^- - 4\text{e}^- \longrightarrow 4\text{CO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$,电解池总反应为 $2\text{CO}_2 \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{CO} + \text{O}_2$ 。

【解析】气体 X 是 O_2 和二氧化碳的混合气体,A 错误;电解时,阴离子移向阳极,阳离子移向阴极,由于阴极反应生成 HCO_3^- ,

阳极反应消耗 HCO_3^- , 则离子交换膜为阴离子交换膜, 使 HCO_3^- 从右侧向左侧移动, B 错误; 泡沫铜为负极, 电极反应: $\text{Cu} - \text{e}^- + 4\text{CH}_3\text{CN} = [\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CN})_4]^+$, C 正确; 阴极的电极反应: $3\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = 2\text{HCO}_3^- + \text{CO}$, D 正确。

13. C 突破点 ▶ 二次电池的充、放电原理及相关计算

思路分析

放电时为原电池, 由题图可知 a 极上的反应涉及 $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{Cu}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}$, 发生还原反应, 则 a 极为正极, b 极为负极; 充电时 a 极为阳极, b 极为阴极。

【解析】放电时为原电池, a 极为正极, 则 b 极为负极, 电解质溶液中的 Na^+ 向正极移动, 即由 b 极区向 a 极区转移, A 正确; 充电时, 电极 b 作阴极, 发生还原反应, B 正确; 放电时, a 极的电极反应涉及 $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{Cu}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}$, 若 a 极得到 3.2 g Cu 和 2.88 g Cu_2O , $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{Cu}_2\text{O}$ 时转移的电子的物质的量为

$$\frac{2.88 \text{ g}}{144 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2 = 0.04 \text{ mol}, \text{ 由 } \text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{Cu} \text{ 时转移的电子的}$$

$$\text{物质的量为 } \frac{3.2 \text{ g}}{64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2 = 0.1 \text{ mol}, \text{ 即共转移电子 } 0.1 \text{ mol} +$$

0.04 mol = 0.14 mol, 但是由于 a 极还有 H_2O 放电, 故电路中转

关键点

移电子的物质的量大于 0.14 mol, C 错误; 放电时, 铜元素化合价降低, 发生还原反应, 第 1 次放电时, a 极的电极反应式为 $2\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{e}^- + 6\text{OH}^- = 3\text{Cu}_2\text{O} + 4\text{PO}_4^{3-} + 3\text{H}_2\text{O}$, D 正确。

14. AB 突破点 ▶ 电解池电极反应式书写、电解原理的理解及判断

思路分析

通入氢气的电极为阳极, 氢气在阳极失去电子发生氧化反应生成氢离子, 氢离子与 CH_3O^- 反应生成 CH_3OH , CH_3OH 解离出氢离子和 CH_3O^- ; 通入氮气的电极为阴极, 锂离子在阴极得到电子生成锂, 锂与氮气反应生成 Li_3N , Li_3N 与氢离子反应生成 Li^+ 和氨气, 则阴极区的反应为 $\text{Li}^+ + \text{e}^- = \text{Li}$, $\text{N}_2 + 6\text{Li} = 2\text{Li}_3\text{N}$, $\text{Li}_3\text{N} + 3\text{H}^+ = 3\text{Li}^+ + \text{NH}_3$, 电解总反应为 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{NH}_3$ 。

【解析】通入氢气的电极为阳极, 氢气在阳极失去电子发生氧化反应生成氢离子, 氢离子与 CH_3O^- 反应生成 CH_3OH , 阳极区反应式为 $\text{H}_2 + 2\text{CH}_3\text{O}^- - 2\text{e}^- = 2\text{CH}_3\text{OH}$, A 正确; 由思路分析可知, 此装置降低合成氨能耗的主要原因是锂能高效解离氮气形成相应的氮化物, B 正确; 电解总反应为 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{NH}_3$, Li^+ 参与反应后又生成, 反应过程不消耗 Li^+ , C 错误; 由于水能与 Li 直接反应, 故向电解质溶液中加水不会使该装置生产效率提高, D 错误。

全章真题训练

刷真题

刷本源

1. BC 命题点 ▶ 全铁液流电池的工作原理分析

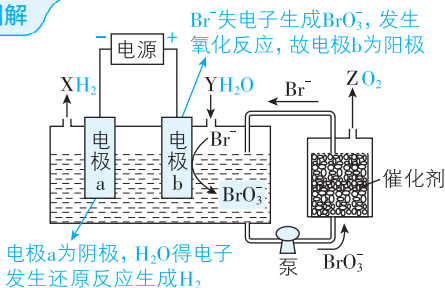
信息梳理

全铁液流电池反应是利用 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 间的转化来实现化学能与电能相互转化的装置。两电极分别为石墨电极(正极)和负载铁的石墨电极(负极)。放电时, 负极发生铁的溶解, 正极发生 Fe^{3+} 的还原; 充电时则相反。

【解析】放电时, 负极区发生 $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$, 正电荷增加, 为维持溶液电中性, 需阴离子从正极区向负极区迁移, 因此隔膜应为阴离子交换膜, A 错误; 放电时负极发生铁的溶解, 则 a 极为负极, B 正确; 充电时, 阴极区: $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}$, 阳极区: $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$, 均消耗 Fe^{2+} , 故隔膜两侧溶液 Fe^{2+} 浓度均减小, C 正确; 由原电池总反应 $\text{Fe} + 2\text{Fe}^{3+} = 3\text{Fe}^{2+}$ 可知, Fe^{3+} 每减少 1 mol, Fe^{2+} 增加 1.5 mol, D 错误。

2. B 命题点 ▶ 电解原理应用, 涉及电极判断、总反应等

要点图解



【解析】根据要点图解可知电极 a 为阴极, 连接电源负极, A 正确; Br⁻在电解阶段被消耗, 在催化阶段又重新生成, 不需要补充, 加入物质 Y 的目的是补充 H₂O, B 错误; 阴极生成 H₂, 阳极生成 BrO₃⁻, 电池总反应为 $\text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{BrO}_3^- + 3\text{H}_2 \uparrow$, C 正确; 催化阶段反应为 $2\text{BrO}_3^- \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{Br}^- + 3\text{O}_2 \uparrow$, 故 $n(\text{O}_2) : n(\text{Br}^-) = 3:2$, D 正确。

3. CD 命题点 ▶ 原电池原理, 涉及电极判断、电池总反应书写、离子交换膜等

思路分析

甲室加入足量氨水后, 降低了溶液中 Cu²⁺ 浓度, 从而构成浓差电池, 甲室 Cu²⁺ 浓度低于乙室, 则甲室 Cu 电极电势低于乙室 Cu 电极电势, 甲室 Cu 电极为负极, 乙室 Cu 电极为正极。

【解析】根据思路分析可知, 甲室 Cu 电极为负极, A 错误; 甲室 Cu 电极反应为 $\text{Cu} - 2\text{e}^- + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, 为防止 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 扩散至乙室, 应选用阴离子交换膜, B 错误; 乙室 Cu 电极反应为 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$, 则总反应为 $\text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, C 正确; 若 NH₃ 扩散到乙室, 将导致乙室 Cu²⁺ 浓度降低, 电池电动势降低, D 正确。

4. BD 命题点 ▶ 原电池和电解池的串联问题

信息梳理

| 左侧(电解池) | | 右侧(原电池) | |
|---------|--|---------|--|
| 阳极 | $\text{CH}_3\text{COO}^- - 8\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 \uparrow + 7\text{H}^+$ | 正极 | $\text{LiCoO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}^+ + \text{Co}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ |
| 阴极 | $\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Co}$ | 负极 | $\text{CH}_3\text{COO}^- - 8\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 \uparrow + 7\text{H}^+$ |

【解析】装置工作时, 电解池中细菌上 CH₃COO⁻ 失去电子被氧化为 CO₂, Co²⁺ 在另一个电极上得到电子, 被还原产生 Co 单质, CH₃COO⁻ 失去电子后, 阳离子(包括 H⁺)通过阳膜进入甲室, 甲室溶液 pH 减小, A 错误; 结合原电池正、负极反应式可知, 转移等量电子时, 正极消耗的 H⁺ 的量大于负极生成的及通过阳膜

关键点

转移的, 故电池工作一段时间后, 乙室应该补充盐酸, B 正确; 电解质溶液为酸性, 不可能大量存在 OH⁻, 乙室电极反应式为 $\text{LiCoO}_2 + \text{e}^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Li}^+ + \text{Co}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$, C 错误; 若未进行溶液转移, 甲室 Co²⁺ 减少 200 mg, 转移电子的物质的量为 $\frac{0.2 \text{ g}}{59 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2 \approx 0.0068 \text{ mol}$, 乙室 Co²⁺ 增加 300 mg, 转移电子的物质的量为 $\frac{0.3 \text{ g}}{59 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 1 \approx 0.0051 \text{ mol}$, 转移电子的物质的量不相等, 说明此时已进行过溶液转移, D 正确。

5. C 命题点 ▶ 燃料电池

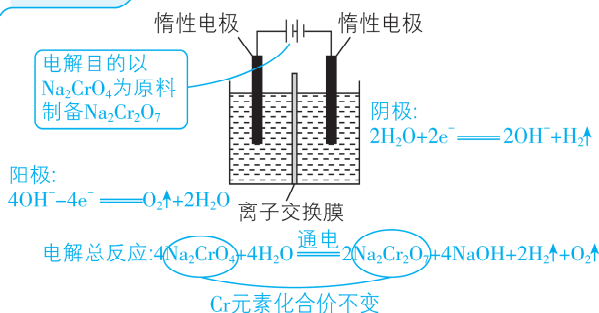
【解析】原电池中, 阳离子向正极移动, A 项错误。CH₃OH-O₂ 燃料电池中, 加入 CH₃OH 的电极为负极, 负极上 CH₃OH 失电子和

KOH 反应生成碳酸钾和水, 负极反应式为 $\text{CH}_3\text{OH} + 8\text{OH}^- - 6\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + 6\text{H}_2\text{O}$, 正极反应式为 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$, 根据得失电子守恒, 可知消耗的 OH^- 多于生成的, 故 KOH 的物质的量减小; N_2H_4 作燃料时, N_2H_4 失电子被氧化生成 N_2 , 负极反应式为 $\text{N}_2\text{H}_4 + 4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$, 正极反应式为 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$, 根据得失电子守恒, 可知消耗的 OH^- 等于生成的, KOH 的物质的量不变, B 项错误。1 mol CH_3OH 的质量是 32 g, 发生氧化反应时, 氧化产物是 1 mol K_2CO_3 , 转移电子数为 $[(+4) - (-2)]N_A = 6N_A$, 1 mol N_2H_4 的质量是 32 g, 发生氧化反应时, 氧化产物是 1 mol N_2 , 转移电子数为 $4N_A$, 1 mol $(\text{CH}_3)_2\text{NNH}_2$ 的质量是 60 g, 发生氧化反应时, 氧化产物是 2 mol CO_2 和 1 mol N_2 , 转移电子数为 $(2 \times 6 + 4)N_A = 16N_A$, 消耗 32 g $(\text{CH}_3)_2\text{NNH}_2$, 转移电子数为 $\frac{128}{15}N_A$, 则消耗等质量燃料, $(\text{CH}_3)_2\text{NNH}_2 - \text{O}_2$ 燃料电池理论放电量最大, C 项正确。根据上述分析可知消耗 1 mol O_2 时, $\text{N}_2\text{H}_4 - \text{O}_2$ 燃料电池产生 1 mol N_2 , 则标准状况下气体产物体积为 22.4 L, D 项错误。

6. 阳 Na^+

命题点 ▶ 电极判断、电解原理的应用

要点图解



【解析】从反应方程式看, 电解的本质是电解水, 阳极放出 O_2 , 溶液呈酸性; 阴极放出 H_2 , 溶液呈碱性。结合题目信息可知 CrO_4^{2-} 与 H^+ 作用转化为 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, 故 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 在阳极室生成。 Na^+ 通过离子交换膜进入阴极室, 平衡阴极室的电荷。

刷借鉴

7. C **命题点** ▶ 电化学原理, 涉及电池总反应书写、离子迁移方向、电解质溶液变化分析等

思路分析

充电时为电解池, 惰性电极上 Li^+ 得电子生成 Li 并沉积在惰性电极上, 储氢容器内的 H_2 在气体扩散电极上失电子转化为 H^+ , 进一步结合电解质溶液中的 H_2PO_4^- 生成 H_3PO_4 , Li^+ 通过固体电解质向惰性电极 (阴极) 移动 (C 正确); 放电时为原电池, 惰性电极为负极, Li 失电子生成 Li^+ 并通过固体电解质向左侧迁移, 正极 (气体扩散电极) H_3PO_4 中 H^+ 得电子生成 H_2 , 据此分析。

| 定位 | 电极 | 电极反应式 |
|--|-------------|--|
| 充电 (电解池) | 惰性电极 (阴极) | $\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}$ |
| | 气体扩散电极 (阳极) | $\text{H}_2 - 2\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons 2\text{H}_3\text{PO}_4$ |
| 放电 (原电池) | 惰性电极 (负极) | $\text{Li} - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}^+$ |
| | 气体扩散电极 (正极) | $2\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2 \uparrow$ |
| 总反应: $2\text{Li} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} 2\text{LiH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$ (B 错误) | | |

【解析】放电时，电解质溶液中 H_3PO_4 转化为 H_2PO_4^- 并结合迁移过来的 Li^+ 生成 LiH_2PO_4 ，由得失电子守恒知，失去的 $n(\text{H}^+) =$ 得到的 $n(\text{Li}^+)$ ，则电解质溶液质量增加，A 错误；充电时每转移 1 mol 电子生成 1 mol H^+ ，但溶液体积未知，无法计算浓度变化，D 错误。

8. D **命题点** ▶ 新型电池工作原理分析，涉及离子移向、电极反应、电池评价等

思路分析

该装置为原电池。由放电过程中两极均增重可知 a 极上 Cu_2O 失去电子发生氧化反应生成 $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ ，则 a 极为负极；b 极上 $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ 得到电子发生还原反应生成 $\text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$ ，则 b 极为正极。

| 定位 | 电极及反应类型 | 电极反应式 |
|-------------|--------------|--|
| 原 电 池 | a 极(负极)，氧化反应 | $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl} + \text{H}^+$ (C 正确) |
| | b 极(正极)，还原反应 | $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3 + 2\text{e}^- + 2\text{Na}^+ \rightleftharpoons \text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$ |

【解析】放电时阳离子 (Na^+) 向正极 (b 极) 迁移，A 正确；该电池负极消耗 Cl^- 、正极消耗 Na^+ ，所以可用于海水脱盐，B 正确；由原电池电极反应可知还原性： $\text{Cu}_2\text{O} > \text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$ ，而将 b 极换为

关键点

Ag/AgCl 电极后 b 极仍增重，则此时 b 极电极反应式为 $\text{Ag} - \text{e}^- + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl}$ ，所以该电极作为负极，则还原性： $\text{Ag} > \text{Cu}_2\text{O}$ ，综合可知还原性： $\text{Ag} > \text{Cu}_2\text{O} > \text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$ ，若以 Ag/AgCl 电极代替 a 极，则 a 极电极反应式为 $\text{Ag} - \text{e}^- + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl}$ 、b 极电极反应式为 $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3 + 2\text{e}^- + 2\text{Na}^+ \rightleftharpoons \text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$ ，电池不会失去储氯能力，D 错误。

9. B **命题点** ▶ 电解原理，涉及电极反应式及相关计算、离子迁移、溶液 pH 变化

思路分析

该装置中有直流电源，为电解池， $x < 1$ ，则 Li_xCoO_2 转化为 LiCoO_2 过程中，Co 元素化合价由 $+(4-x)$ 降为 +3， Li_xCoO_2 得电子发生还原反应，为阴极，Pt 电极为阳极。

| 电极及反应类型 | 电极反应式 |
|---------------------------------------|---|
| Li_xCoO_2 电极(阴极)，还原反应 | $\text{Li}_x\text{CoO}_2 + (1-x)\text{e}^- + (1-x)\text{Li}^+ \rightleftharpoons \text{LiCoO}_2$ (A 错误) |
| Pt 电极(阳极)，氧化反应 | $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ |

【解析】由电极反应式可知，产生标准状况下 5.6 L (即 0.25 mol) O_2 时转移 1 mol 电子，理论上转化 $\frac{1}{1-x}$ mol 的 Li_xCoO_2 ，B 正确； SO_4^{2-} 为阴离子，向阳极移动，即向 Pt 电极迁移，C 错误；由阳极电极反应式可知，电解过程中，阳极产生 H^+ 、消耗 H_2O ，则阳极附近 pH 降低，D 错误。